



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

**Skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų namų  
visuotinio atšilimo lyginamoji analizė**

Magistro baigiamasis projektas

---

**Akvilė Ulevičė**

Projekto autorė

**Doc. Rėda Bistrickaitė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2024**



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

# **Skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų namų visuotinio atšilimo potencialo lyginamoji analizė**

Magistro baigiamasis projektas  
Statybos valdymas (6211EX007)

---

**Akvilė Ulevičė**  
Projekto autorė

**doc. Rėda Bistrickaitė**  
Vadovė

**doc. Ernestas Ivanauskas**  
Recenzentas

---

**Kaunas, 2024**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

Akvilė Ulevičė

## **Skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų namų visuotinio atšilimo potencialo lyginamoji analizė**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Akvilė Ulevičė

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

**Magistro baigiamojo projekto užduotis**

Studijų programa: STATYBOS VALDYMAS

Baigiamojo projekto tematika (lietuvių k.):  
Skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų namų visuotinio atšilimo potencialo lyginamoji analizė

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: 2023 M. LAPKRIČIO 30 D. NR. V25-09-28.

(lietuvių k.): Skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų namų visuotinio atšilimo potencialo lyginamoji analizė

(anglų k.):  
Comparative Analysis of Global Warming Potential of High-Rise Residential Buildings of Different Materials

**1. Pradiniai duomenys darbui:**

**IFC failas ir kiti su projektu susiję duomenys, objektas – Brastos g. 22 C, Kaunas**

<b>Baigiamojo projekto dalys:</b>	<b>Atlikti</b>
Įvadas	<b>x</b>
Literatūros apžvalga	<b>x</b>
Metodologija	<b>x</b>
Eksperimentiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Analitiniai tyrimai	<b>x</b>
Skaitiniai tyrimai	<b>x</b>
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	<b>x</b>

**Kita informacija (pagal poreikį):**

**Vadovas:** Doc. Rėda Bistrickaitė  
*vardas, pavardė*  
*Patvirtinta elektroniniu būdu*

**Studentas:** Akvilė Ulevičė  
*vardas, pavardė*  
*Patvirtinta elektroniniu būdu*

Akvilė Ulevičė. Skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų namų visuotinio atšilimo potencialo lyginamoji analizė. Magistro studijų baigiamasis projektas vadovė doc. Rėda Bistrickaitė; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptių grupė: inžinerijos mokslai, Statybos inžinerija (E05).

Reikšminiai žodžiai: CLT, CO<sub>2</sub>, visuotinis atšilimas, visuotinio atšilimo potencialas, mediena.

Kaunas, 2024. 62 p. (puslapių skaičius)

## **Santrauka**

Statybos sektorius sudaro didžiąją dalį išskiriamo CO<sub>2</sub> t.y. apie 40 proc., kuris skatina visuotinį atšilimą. Siekiant sumažinti statybų daromą žalą aplinkai Lietuvoje nuo 2024 m. sausio 1 d. įsigalios įstatymas, kuris sako, kad statomus visuomeninės paskirties pastatus privalės sudaryti ne mažiau kaip 50 proc. organinių ir medienos statybos medžiagos. Taip skatinant aktyvų antrinių žaliavų naudojimą ir mažinant statybinių atliekų susidarymą.

Magistro baigiamajame projekte analizuojama, kaip kinta statybos metu susidarantis visuotinio atšilimo potencialas, kuomet tam pačiam gyvenamajam daugiaaukščiui pastatyti naudojamos skirtingos vyraujančios medžiagos. Tyrimui atlikti naudojami daugiaaukščio gyvenamojo pastato Brastos g. 22 C, Kaune, duomenys. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad medinių daugiaaukščių statyba gali prisidėti ne tik prie globalinio atšilimo stabdymo, papildomų darbo vietų, bet ir sumažinti nekilnojamo turto kainą o pasirinkus modulinę statybą ir patį statybos laiką bei susitarančių statybinių atliekų kiekius. Atlikta apklausa, kurios metu vertinama žmonių požiūris į medieną, kaip vyraujančią statybinių medžiagą ir indėlis į aplinkosaugą. Taip pat buvo atliktas ir analitinis skaitinis vertinimas, kurio metu programinės įrangos „One Click LCA“ pagalba apskaičiuoti susidarantys visuotinio atšilimo potencialo kiekiai statybinių medžiagų gamybos, transportavimo ir surinkimo/statybos metu, kuomet vyraujanti medžiaga įrengiant išorines sienas, perdangas ir stogą. Visi skaičiavimai atlikti su vyraujančiomis šiomis medžiagomis: mūru (išorinės sienos), monolitas, gelžbetonis, mediena. Analitinis vertinimas atliktas vertinant rezultatus tarpusavyje esant skirtingoms medžiagoms.

Darbo apimtis – 50 p. teksto be priedų, 12 iliustr., 18 lentel., 47 biografinių šaltinių. Atskirai pridedami darbo priedai.

Akvilė Ulevičė. Comparative analysis of the universal warming potential of high-rise residential buildings with different materiality. Master's Final Degree / supervisor Assoc. Prof. Rėda Bistrickaitė; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field group: Engineering Sciences, Civil Engineering (E05).

Keywords: CLT, CO2, global warming, universal warming potential, timber.

Kaunas, 2024. 62 pages.

### **Summary**

The construction sector accounts for a significant portion of CO2 emissions, around 40%, which contributes to global warming. In order to reduce the environmental impact of construction in Lithuania, a law will come into effect on January 1, 2024, stating that at least 50% of organic and wood-based construction materials must be used in the construction of public buildings. This aims to promote the active use of secondary raw materials and reduce construction waste.

This master's thesis analyzes how the universal warming potential generated during construction changes when different prevailing materials are used for the construction of the same high-rise residential building. The study uses data from a multi-story residential building located at Brastos g. 22 C, Kaunas. Based on the literature analysis, it was determined that the construction of high-rise buildings using timber can contribute not only to mitigating global warming, creating additional jobs, but also to reducing real estate prices by choosing modular construction and minimizing construction time and waste generation. A survey was conducted to assess people's attitudes towards timber as the prevailing construction material and its contribution to the environment. An analytical numerical evaluation was also performed using the software "One Click LCA" to calculate the universal warming potential quantities generated during the production, transportation, and collection/construction of construction materials when the prevailing material is used for exterior walls, floors, and roofs. All calculations were performed using the following prevailing materials: brick (for exterior walls), reinforced concrete, timber. The analytical evaluation was conducted by comparing the results among different materials.

Thesis is comprised of: 50 p. of text without appendixes, 12 pictures, 18 tables, 47 bibliographical entries. In addition, the appendixes are included.

## Turinys

<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>10</b>
<b>Santrumpų ir terminų sąrašas .....</b>	<b>11</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Literatūros analizė.....</b>	<b>14</b>
1.1. Mediena statyboje.....	14
1.1.1. Skydinių daugiaaukščių pastatų statybos technologijos.....	16
1.1.2. Medinių skydų atsparumas ugniai .....	16
1.2. Ekonominis poveikis naudojant medienos skydus statyboje.....	17
1.3. Moduliniai pastatai .....	17
1.3.1. Mediniai moduliniai pastatai .....	18
1.3.2. Modulinių daugiaaukščių gyvenamųjų statinių statyba pasaulyje .....	19
1.3.3. Modulinių pastatų gaisrinės sauga.....	20
1.3.4. Iššūkiai su kuriais susiduria mediniai moduliniai daugiaaukščiai statiniai .....	20
1.3.5. Modulinių statinių neigiama dalis .....	20
1.4. Reglamentavimas .....	21
1.5. Aplinkosauga.....	21
<b>2. Tyrimo metodika .....</b>	<b>26</b>
2.1. Apklausa .....	27
2.1.1. Rezultatai ir jų vertinimas .....	28
2.2. Įvairaus medžiagiškumo sienų energetinio naudingumo skaičiavimai .....	30
2.2.1. Mūro siena .....	31
2.2.2. Gelžbetoninė siena.....	32
2.2.3. Kryžmai laminuotos medienos siena.....	32
2.2. Įvairaus medžiagiškumo perdangų tarp aukštų energetinio naudingumo skaičiavimai .....	33
2.2.4. Grindys ant surenkamų gelžbetoninių tarpaukštinių perdangų .....	33
2.2.5. Grindys ant monolitinės tarpaukštinės perdangos .....	33
2.2.6. Medinės konstrukcijos perdangos grindys .....	33
2.3. Įvairaus medžiagiškumo sutapdinto stogo energetinio naudingumo skaičiavimai .....	34
2.3.1. Sutapdintas stogas ant kiaurymėtos gelžbetoninės perdangos .....	34
2.3.2. Sutapdintas stogas ant monolitinės gelžbetoninės perdangos .....	34
2.3.3. Sutapdintas stogas ant CLT plokštės .....	34
2.4. Visuotinio atšilimo lyginamoji analizė.....	35
2.5. Visuotinio atšilimo potencialo lyginamosios analizės rezultatai.....	36
2.5.1. Sienos .....	36
2.5.2. Perdangos (grindys).....	38
2.5.3. Perdanga (stogas).....	40
2.6. Rezultatai .....	42
<b>Išvados .....</b>	<b>49</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>51</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>57</b>
1 Priedas. Sertifikatas už dalyvavimą konferencijoje „Smart Built Environment“.....	57
2 Priedas. Sutartis su įmone, dėl duomenų panaudojimo .....	58

3 Priedas. Sunkiasvorio krovininio automobilio išskiriamas CO2 skirtingoms medžiagos atgabenti .....	60
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----



## Paveikslų sąrašas

2 pav. skenuojamo elektroninio mikroskopo vaizdas, rodantis medžio, naudojamo medinio karkaso konstrukcijoje, mikrostruktūrą padidintą 100000 kartų [24].....	23
3 pav. Paroc. Mūro sienos tinkuojama sistema detalė.....	31
4 pav. Mūro sienos visuotinio atšilimo analizės rezultatai.....	37
5 pav. Gelžbetonio sienos visuotinio atšilimo analizės rezultatai.....	37
6 pav. CLT sienos visuotinio atšilimo analizės rezultatai.....	38
7 pav. Monolitinė gelžbetoninė perdanga.....	39
8 pav. Kiaurymėta gelžbetoninė perdanga.....	39
9 pav. Medinės perdangos visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas.....	40
10 pav. Monolitinės perdangos (stogo) visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas.....	41
11 pav. Gelžbetoninės surenkamos perdangos (stogo) visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas.....	41
12 pav. Medinės (CLT) perdangos (stogo) visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas.....	42

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Respondentų amžiaus pasiskirstymas.....	28
<b>2 lentelė.</b> Apklaustųjų atsakymų pasiskirstymo grafikas į klausimą „kaip prisidedate prie visuotinio atšilimo stabdymo?“ .....	28
<b>3 lentelė.</b> Mūro sienos medžiagų žiniaraštis .....	36
<b>4 lentelė.</b> Gelžbetoninės surenkamos sienos medžiagų kiekių žiniaraštis .....	37
<b>5 lentelė.</b> Medienos masyvo surenkamos sienos medžiagų kiekių žiniaraštis .....	37
<b>6 lentelė.</b> Grindys ant gelžbetoninės monolitinės ir gelžbetoninės kiaurymėtos perdangų. ....	38
<b>7 lentelė.</b> Medinė perdanga .....	39
<b>8 lentelė.</b> Monolitinė perdanga.....	40
<b>9 lentelė.</b> Visuotinio atšilimo potencialas ( A1-A3 fazėje) skirtingo medžiagiškumo konstrukciniuose elementuose. ....	42
<b>10 lentelė.</b> Suminis visuotinio atšilimo potencialas skirtingo medžiagiškumo grupių konstrukciniuose elementuose. ....	43
<b>11 lentelė.</b> Visuotinio atšilimo potencialo lyginamasis grafikas.....	43
<b>12 lentelė.</b> Visuotinio atšilimo potencialas ( A4-A5 fazėje) skirtingo medžiagiškumo konstrukciniuose elementuose.....	44
<b>13 lentelė.</b> Suminė visuotinio atšilimo A1-A5 skirtingo medžiagiškumo konstrukciniuose elementuose. ....	44
<b>14 lentelė.</b> Sunkiasvorio krovinio automobilio išskiriamas anglies dvideginis (kgCO <sub>2</sub> ). ....	46
<b>15 lentelė.</b> Transportavimo metu išskiriamas visuotinis atšilimo potencialas .....	46
<b>16 lentelė.</b> Visuotinio atšilimo potencialas skirtinguose statybos etapuose. Vyraujanti medžiaga – mediena.....	47
<b>17 lentelė.</b> Visuotinio atšilimo potencialas skirtinguose statybos etapuose. Vyraujanti medžiaga – surenkamas gelžbetonis. ....	47
<b>18 lentelė.</b> Visuotinio atšilimo potencialas skirtinguose statybos etapuose. Vyraujanti medžiaga – monolitas. ....	47

## Santrumpų ir terminų sąrašas

### Santrumpos:

CO<sub>2</sub> – anglies dvideginis;

ES – Europos sąjunga;

LR – Lietuvos Respublika;

CLT – kryžminio laminavimo mediena;

LVL – laminuoto lukšto mediena;

PPVC – iš anksto surenkamos tūrinės konstrukcijos metodas;

GWP – visuotinio atšilimo potencialas;

A1-A3 fazė - žaliavų tiekimas; jų transportavimas į gamybos vietą; produkto gamyba;

A4-A5 - transportavimas į statybvieta; pastato statybos

EDP - Aplinkosauginė produkto deklaracija, angl. Environmental product declaration

### Terminai:

**Žalioji kursas** - Europos žalioji kursas yra politikos iniciatyvų rinkinys, kuriuo siekiama padėti ES vykdyti žaliąją pertvarką, o galutinis tikslas – iki 2050 m. užtikrinti poveikio klimatui neutralumą.

**Žiedinė ekonomika** – tai atsinaujinanti ekonominė sistema, kurioje išteklių ir atliekų sąnaudos, emisijos ir energijos praradimai yra sumažinami juos teisingai valdant ir sujungiant į uždara energijos ir medžiagų grandinę. Skirtingai nuo „imk – gamink – išmesk“ modelio, žiedinė ekonomika siekia kiek įmanoma sumažinti atliekų kiekį ir išteklių naudojimą pažangiu produktų projektavimu, pakartotiniu produktų naudojimu ir taisymu, perdirbimu, darniu vartojimu ir naujoviškais verslo modeliais, kurie, pavyzdžiui, kaip alternatyvą gaminių įsigijimui siūlo jo nuomos, skolinimo ar dalijimosi juo paslaugą.

## Įvadas

Galime džiaugtis, kad gyvenimo kokybė nuolatos tik gerėja, dėl sparčiai besivystančios medicinos vos per keletą metų įveikėme pasaulinę pandemiją, kuriam laikui sustabdžiusią dalies mūsų gyvenimus. Medicinos pasiekimai ir jos prieinamumas vis labiau pratęsia vidutinę gyvenimo trukmę, todėl gyventojų skaičius, nuolatos auga, o amžiaus vidurkis – kyla. Prognozuojama, kad po mažiau kaip 30 metų pasaulyje gyvens apie 9 milijardus žmonių [1]. Ilgėjanti gyvenimo trukmė ir gimstamumas lemia ne tik užterštumą, kuris lemia daugybę kitų veiksnių, bet ir gyvenamosios vietos trūkumą.

Dėl neatsakingo visuomenės vartojimo ir švaistymo, didėja ir užterštumas – išmetamo į aplinką anglies dvideginio (CO<sub>2</sub>) kiekis. CO<sub>2</sub> augimą lemia ne tik automobilių išmetama tarša, namų šildymas anglimi, gamyklų tarša, bet ir visas statybos procesas.

Šiuo metu statyboje itin populiarūs, tačiau taršūs, gelžbetonio gaminiai, kurie projektuotojų yra pamėgti ne tik dėl nesudėtingų montavimo ar įrengimo darbų, bet ir dėl jiems keliamų priešgaisrinių reikalavimų. Nors mediena yra viena iš degiausių medžiagų ir jai keliami itin aukšti reikalavimai, tačiau vis dažniau mūro, gelžbetonio ar plieno elementus statyboje keičia mediena. Buvo pranešta, kad statybos procesai sukelia 32 % energijos suvartojimo, 30 % anglies dvideginio išmetimo ir 30–40 % atliekų [1]. Betonai sukelia nuo 4% iki 8% pasaulio CO<sub>2</sub> emisijų. Plieno pramonė generuoja nuo 7 % iki 9 % tiesioginių išmetamųjų teršalų dėl pasaulinio iškastinio kuro naudojimo [2].

Lietuva, kaip Europos Sąjungos (ES) narė, drauge su kitomis ES šalimis, įsipareigojo sistemingai siekti ir įgyvendinti tikslus, kurių dalį apibrėžia ES ekologiškai tvaraus vystymosi programa – „Žalioji kursas“. „Siekdama neutralizuoti poveikį klimatui, ES jau pradėjo modernizuoti ir pertvarkyti ekonomiką. Išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ES 1990–2018 m. sumažino 23 proc., o ekonomika išaugo 61 proc. Tačiau, vykdant dabartinę politiką, iki 2050 m. išmetamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis sumažėtų tik 60 proc. Reikia dar daug nuveikti, pirmiausia – ateinančią dešimtmetį klimato kaitos srityje veikti ryžtingai“ [2]. Ribojant į aplinką išskiriamo CO<sub>2</sub> kiekį Lietuvoje vyriausybė priėmė nutarimą, kuriame numatyta „pasiekti, kad iki 2024 m. visi visuomeninės paskirties pastatai būtų statomi ne mažiau kaip iš 50 proc. organinių ir medienos statybos medžiagų, aktyviau naudojant antrines žaliavas ir mažinant statybinių atliekų susidarymą“ [3].

Iki šiol statybos rinkoje plačiai naudojami gelžbetonio gaminiai, o tai lemia siaurą ir ribotą žaliųjų pastatų rinką. Todėl yra matomas poreikis sparčiai plėsti tvarių medžiagų, tarp jų ir medienos gaminių, kūrimą ekologiškiems pastatams kurti [3]. Nors medienos naudojimas statyboje vis dažniau reglamentuojamas ir naudojamas, tačiau reikia nepamiršti ir modulinį pastatų, kurie vis populiariausiais tampa dėl itin greito montavimo ir susidarančių sąlyginai mažų atliekų kiekių statybvietėje. Būtina paminėti, kad modulinė statyba prisideda ir prie žiedinės ekonomikos, kuomet moduliai gali būti panaudoti dar kartą.

Projekto tikslas – atlikti lyginamąją visuotinio atšilimo analizę skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščiuose gyvenamuosiuose pastatuose.

#### Uždaviniai:

1. pateikti literatūros analizę;
2. atlikti apklausą, siekiant išsiaiškinti visuomenės nuomonę apie statybos sektoriaus daromą įtaką globaliniam atšilimui ir atlikti analitinę apklausos vertinimą;
3. atlikti skirtingo medžiagiškumo daugiaaukščių gyvenamųjų pastatų, pagrindinių pastato elementų, visuotinio atšilimo potencialo, kintant elementų medžiagiškumui, skaičiavimus;
4. pateikti visuotinio atšilimo vertinimus fazėse nuo produkto gamybos iki statybos proceso (A1-A5);
5. atlikti gautų rezultatų vertinimą.

Praktinė darbo reikšmė: nuo 2024 m. sausio 1 d. statomus visuomeninės paskirties pastatus privalės sudaryti ne mažiau kaip 50 proc. organinių ir medienos statybos medžiagos. Taip skatinant aktyvų antrinių žaliavų naudojimą ir mažinant statybinių atliekų susidarymą. Tačiau šalyje vis dar vyrauja nežinia – trūksta reglamentuojančių dokumentų ir aiškių gairių. Neapibrėžtumas yra priežastis, dėl kurios modulinė statyba bei medinės konstrukcijos nėra plačiai naudojamos Lietuvoje.

Darbe taikyti metodai: mokslinės literatūros analizė, apklausos duomenų analitinis vertinimas, skaitinė lyginamoji duomenų analizė.

#### Darbo struktūra:

1. mokslinių straipsnių ir tyrimų analizė;
2. tyrimo metodologija;
3. apklausos vykdymas ir jos rezultatų vertinimas;
4. pastato šiluminio naudingumo skaičiavimai;
5. atliekamas daugiabučio gyvenamojo namo skirtingo medžiagiškumo elementų CO<sub>2</sub> skaičiavimai ir duomenų vertinimas;
6. vertinami tyrimo ir analizės metu gauti rezultatai.

Tyrimas buvo pristatytas 2023 m. lapkričio 28 d. konferencijoje „Smart Built Environment“, pranešio tema „Comparative Analysis of Global Warming Emission of High-rise Residential Buildings of Different Materials“.

## 1. Literatūros analizė

### 1.1. Mediena statyboje

Siekiant sumažinti anglies dvideginio išsiskyrimą yra skatinamas ne tik tvaresnis vartojimas, aplinkai draugiškesnių – elektrinių ar hibridinių automobilių naudojimas, skatinama rinktis mažiau į aplinką toksiškų medžiagų išskiriančius namų šildymo, šaltuoju sezonu būdus, bet ir mažinti CO<sub>2</sub> patekimą į aplinką statybos metu. Todėl reaguodami į ES „Žaliąjį kursą“ LR vyriausybė priėmė ir nuo 2024 metų pradės vykdyti sprendimą, kad visi naujai statomų pramoniniai statiniai turi būti sudaryti iš ne mažiau kaip 50 proc. organinių ir medinių medžiagų, tai skatina ne tik pramoninių bet ir komercinių ar gyvenamųjų pastatų statytojus atsigręžti į tvarumą.

Ne tik Lietuvoje ar Europoje, bet ir visame pasaulyje sparčiai auga susidomėjimas tvariais pastatais, kurių dedamoji – mediena. Įprasta manyti, kad didžioji dalis medienos produktų sudaro vienalyčiai medienos gaminiai, kurie gali būti įvairiai apdirbti ar apdoroti, taip pat fanera iš medienos drožlių ar lukšto sluoksnių, bei klijuotos medienos tašelių gaminiai, kurie klijuojami norint išgauti tam tikrą stiprumą bei norimus matmenis. Iš tiesų yra gausu įvairių medienos produktų, kurie leidžia turėti tą patį rezultatą statyboje, kaip ir kitos statybinės medžiagos.

- Klijuota mediena: apibrėžiama kaip konstrukcinis medinis elementas, sudarytas iš bent dviejų iš esmės lygiagrečių sluoksnių, kuriuos gali sudaryti viena arba dvi viena šalia kitos esančios plokštės, kurių baigtas storis yra nuo 6 mm iki 45 mm [43]. Paprastai jie naudojami gaminant išlenktas ir ilgas sijas, kurias riboja tik transportavimo būdai. Klijuotoji medžiaga priskiriama konkrečioms stiprumo klasėms, apibrėžtoms BS EN 14080:2013[43].
- Laminuota lukšto mediena (LVL): atkurta mediena, kuri paprastai yra dvigubai stipresnė už tos pačios rūšies medieną, pagamintą iš 3 mm storio rotaciniu būdu nulukštentos eglės, pušies arba Douglas eglės.
- Struktūrinė lukšto mediena (SVL): sudaryta iš išorinių LVL sluoksnių, laminuotų kartu, kad sudarytų linijinius konstrukcinius komponentus. Įprastos 2,5 mm storio Douglas eglės faneros, laminuotos grūdėtumo kryptimi lygiagrečiai lentos ar sijos išilginei kryptimi.
- Kryžminė laminuota mediena (CLT): medienos plokštės, pagamintos iš mažiausiai trijų pjautinės spygliuočių medienos sluoksnių, sukrautų vienas ant kito stačiu kampu ir suklijuotos taip, kad būtų 50–500 mm storio, tinkamos grindims, sienoms ir stogo elementai iki 13,5 m ilgio.
- I formos sijos: nors šios sijos yra brangesnės ir gilesnės nei medžio masyvo sijos, užtikrinančios lygiavertį stiprumą ir standumą, sudėtinės I formos sijos yra stabilesnės dėl savo vienalytės OSB juostos ir santykinai mažo masyvios medienos arba LVL flanšų matmenų.
- Struktūrinės izoliacinės plokštės (SIP): konstrukcinės surenkamos daugiasluoksnės plokštės, sudarytos iš izoliacinio sluoksnio, uždengto tarp dviejų pluošto arba orientuotų drožlių plokščių sluoksnių .
- *Brettstapel*: šios masyvo plokštės, taip pat žinomos kaip „kaišteliai“, gaminamos iš spygliuočių lentų, sujungtų kietmedžio kaiščiais. Kietmedžio kaiščiai įkalami į plokštes esant

8% drėgnumui. Kai spygliuočių lentų drėgnis yra 12–15 %, kietmedžio kaištis išsipučia, kad pasiektų pusiausvyrą, tvirtai pritvirtindamas plokštes be klijų.

- Daugelis sukonstruotų plokščių gaminių taip pat yra derinami su matmenų medinėmis karkaso konstrukcijomis, kad būtų padidintas tvirtinimas ir šlyties stiprumas, įskaitant fanerą, orientuotą pluošto plokštę (OSB, vidutinio tankio pluošto plokštę (MDF) ir medienos plaušų plokštę .

Medienos gaminiai, įskaitant kryžminio laminavimo medieną (CLT) ir klijuotos medienos sijas (LVL), yra struktūriškai patikima, estetiška ir potencialiai anglies dioksidą mažinanti alternatyva tradiciniams plieniniams ar betoniniams karkasams [22]. Be CLT norint sumažinti būdingą žaliavinės medienos kintamumą homogenizuojant, sukonstruoti medienos gaminiai, tokie kaip klijuota laminuota mediena (GLT), laminuota lukšto mediena (LVL) ir anksčiau minėta kryžminė CLT, šių žaliavų gaminiai yra alternatyvūs betono ar plieno konstrukciniams elementams, dėl savo fizinių savybių [23].

Nors mediena ir pasižymi didesniu tvarumu, lengvesniu transportavimu ir apdirbimu nei betonas ar plienas, tačiau medienai būdinga ir medžio masyvo kintamumas (dėl anizotropijos, ląstelių išsidėstymo) ir kitų fizinių charakteristikų. Todėl norint užtikrinti tvarią statybą būtina užtikrinti tinkamas inžinerinių medienos gaminių (CLT, LVL, GLT) naudojimo ir laikymo sąlygas statybos proceso metu [3], saugoti ją nuo drėgmės pertekliaus, todėl statybvietėje turi būti užtikrintas tinkamos medžiagų laikymo sąlygos arba konstrukcijos turi būti sumontuotos vos atkeliavusios į statybvietę.

Drėgmė - išlieka pagrindine medinių konstrukcijų patvarumo problemų priežastimi, o drėgmės pašalinimas arba kontrolė gali padėti medinių konstrukcijų pagrindu pagamintiems pastatams išlikti patvariems per visą numatomą tarnavimo laiką [3]. Nesvarbu kokią statybinę medžiagą be naudosime, visuomet stengiamės atkreipti dėmesį į jos kokybę – taip ir su mediena, mediena turi būti išdžiovinta iki galutinio drėgmės lygio, o jos atsparumas lenkiant turi būti ne mažesnis, kaip 27 MPa. Norvegijos įstatymuose numatyta, kad staibinėj medienoj drėgmė negali viršyti 12 proc. [24].

Yra įvairių metodų, kaip pagerinti konstrukcijų būklę ir padidinti jų patvarumą, tačiau visų šių metodų pagrindas yra drėgmės išvengimas arba pašalinimas. „Konstrukcijų projektavimas taip, kad elementai būtų apsaugoti nuo vyraujančio vėjo, stogo perdangų naudojimas elementams apsaugoti nuo drėgmės, stogo drenažo sistemų įrengimas ir tinkamas pastatų architektūrinis detalizavimas yra tinkami metodai, siekiant sumažinti drėgmės įsiskverbimą į medines konstrukcijas. Garų barjerai ir izoliacijos taip pat gali sumažinti plokščių drėgmę, tačiau jas reikia naudoti atsargiai, nes jos lėtina džiūvimą, o tai gali inicijuoti irimą, jei plokštėje susikaupia drėgmė. Veiksmingesnis būdas atsikratyti drėgmės būtų drenuotų ir kryžminių ertmių naudojimas. Šios sistemos sukuria kelius vandeniui išeiti iš medinių konstrukcijų mazgo, kol juos sugeria plokštės. Vietose, kur mediniai elementai liečiasi su vandens šaltiniais, tokiais kaip betonas ar dirvožemis, taip pat kyla didelė drėgmės įsiskverbimo rizika“ [3]. Zelinkos ir kt. tyrime, buvo nustatyta, kad CLT plokštės ant betoninių pamatų statybos metu turėjo didžiausią drėgmės įgėrį. Nors autorius teigė, kad šios plokštės vėliau išdžiūvo iki patenkinamo drėgmės lygio, svarbu užtikrinti, kad medinės konstrukcijos būtų suprojektuotos taip, kad būtų išvengta plokščių ir drėgmės šaltinių sąlyčio [3].

Nors inžineriniai medienos gaminiai pasižymi geresnėmis struktūrinėmis savybėmis, lyginant su kita mediena, klijų naudojimo būtinybė, neigiamai veikia medienos produktų energetinį efektyvumą ir poveikį aplinkai [25].

### **1.1.1. Skydinių daugiaaukščių pastatų statybos technologijos**

Mediniai daugiaaukščiai gyvenamieji pastatai lyginant su mediniais karkasiniais, vienos šeimos, būstais daro mažesnę poveikį aplinkai, vienas tokių pavyzdžių – devynių aukštų gyvenamasis pastatas, kurio vyraujanti medžiaga LVL plokštės, šis pastatas buvo pastatytas Švedijoje [5]. Tai lemia, kad daugiaaukščiai mediniai pastatai yra perspektyvus statybos segmentas tenkinantis dabartines aplinkos ir klimato ambicijas [26]. Taip pat reikėtų nepamiršti ir augančio gyventojų skaičiaus ir to, kad jūros lygis nenumaldomai kyla, o tai lemia, kad individualūs namai bus vis sunkiau prieinami, dėl kainos, kurios augimui didžiausią įtaką turės trūkumas laisvų plotų jiems statyti.

Net jei mediena yra pagrindinė apkrovą laikanti medžiaga, pastato pirmas aukštas, įskaitant konstrukcinius elementus, pavyzdžiui, sienas, plokštę ant žemės ir pirmas tarpinis aukštas, daugiausia dėl ekonominių priežasčių ir stabilumo, yra betonuojamas vietoje. Visos kitos perdangos įrengtos iš surenkamų medinių elementų, įskaitant lifto šachtą ir laiptinę.

### **1.1.2. Medinių skydų atsparumas ugniai**

Mediena – viena iš degiausių statybinių medžiagų naudojamų pastato karkasui. Tačiau jos gaminiai tokie kaip CLT plokštė – priešprieša.

Šiuo metu Europoje populiarėja CLT plokštės, dar žinomos kaip X-LAM. Jei CLT plokštės sudarytos iš kelių plokščių sluoksnių, galima teigti, kad jie turi tam tikrą pranašumą, nes išdegus lentos paviršiniam sluoksniui ir išdžiūvus požeminiam sluoksniui, deguonis nepritraukiamas į nesudegusią medieną tolimesniam degimui ir taip degimo procesas nutrūksta. CLT plokščių nereikia specialiai modifikuoti ar dengti ugniai atspariomis medžiagomis, nors dažniausiai jos yra išklotos ugniai atspariomis gipso pluošto plokštėmis dėl atitinkamuose standartuose nustatytų gairių [5].

„CLT plokštės bandymų metu, naudojant standartinę ugnies kreivę 30 min. ir įvertinus po paros gaisro, buvo pastebėta:

- CLT plokštėse nebuvo pastebėta įtrūkimų, išilgai skerspjūvio. Įtrūkių nebuvimas itin svarbus konstrukcijų saugumui gaisro metu, nes atskyrimas tarp aukštų yra viena iš pagrindinių pasyviųjų apsaugos priemonių.
- per 24 valandų bandymą, kuris apima natūralų mėginio aušinimo fazę, neveikiamo paviršiaus temperatūra neviršijo 50 °C. Todėl CLT plokštės atliko savo funkciją, neleisdamos temperatūrai pakilti iki vidutiniškai 140 °C, o piko metu – iki 180 °C.
- po 30 minučių trukusio bandymo buvo išmatuota didžiausia 1,09 cm vertė (L/367), o tai reiškia mažesnę vertę nei didžiausias leistinas poslinkis (L/30). Nepaisant to, kad po 24 valandų ji prarado stiprumą ir standumą (antrojo bandymo etapo deformacija siekė 1,63 cm, t.y. maždaug 50 proc. daugiau, palyginti su pirmąja faze), CLT plokštė nesugriuvo, kai buvo apkrova. kreipėsi iš naujo.“ [27].



### **1.1.2.1. Medienos atsparumas ugniai iš anksto ją apdeginus**

Medienos naudojimas ją padeginus skaičiuoja daugybę metų. Išankstinis apdeginimas – būdas, medines statybines medžiagas apsaugoti nuo biocheminio poveikio, bet jos efektyvumas ugniai vis dar menkai ištirtas ir išaiškintas [28].

Atlikti tyrimai rodo, kad apdeginta mediena, kuri paruošiama naudojimui apanglėjusį paviršių apšvitinant  $20 \text{ kw/m}^2$ , minimalus efektyvios anglies sluoksnis  $6+-1 \text{ mm}$ . Lyginant su neapdorota – neapdeginta mediena, efektyvus anglies sluoksnis gali žymiai padidinti iš anksto sudegintos medienos šiluminę inerciją. Iš anksto sudegintos medienos uždegimo sunkumai žymiai padidėja dėl užsidegimo delsos laiko ir užsidegimo temperatūros. Didėjant iš anksto apanglėjusio sluoksnio storiui, liepsna palaiptai tampa silpna, plona, plokščia, mėlyna ir atskira, todėl atrodo, kad ji plūduriuoja virš karštai sudegusio paviršiaus, kitaip nei įprastai intensyvi geltona liepsna, randama virš neapdorotos medienos. Iš anksto sudegintos medienos didžiausias šilumos išsiskyrimo greitis taip pat sumažėja iki dviejų kartų, lyginant su neapdorota mediena [28].

### **1.1.2.2. Inovatyvūs medinių konstrukcijų elementai atsparūs ugniai**

Japonijoje beveik neįmanoma pamatyti didelių medinių konstrukcijų pastatų, dėl valdžios nustatytų priešgaisrinių reikalavimų, kuriuos tenkinti medinėms konstrukcijoms beveik neįmanoma. Šie reikalavimai paskatino mokslininkus sukurti inovatyvią medžiagą, medienos pagrindu.

„Šie mediniai konstrukciniai elementai, pagaminti iš klijuotos sluoksniuotos medienos su savaiminio apanglėjimo stabdikliu, turi pakankamą atsparumą ugniai gaisro metu ir po jo bei atitinka griežtą Japonijos medinių konstrukcijų elementų standartą, kuris numato, kad tokie elementai turi atlaikyti visas esančias apkrovas po gaisro“ [29].

Šie mediniai konstrukciniai elementai, pagaminti iš klijuotos sluoksniuotos medienos su savaiminio apanglėjimo stabdikliu, turi pakankamą atsparumą ugniai gaisro metu. Visi bandymai įrodė, kad elementai turi pakankamą atsparumą ugniai. Elementų laikančiojoje dalyje pažeidimų po bandymo nenustatyta [29].

## **1.2. Ekonominis poveikis naudojant medienos skydus statyboje**

Tyrimai parodė, kad Jungtinėse Amerikos Valstijose, Oregone statant 12 aukštų pastatą, kuris daugiausiai buvo sudarytas iš medienos plokščių, kurios gaminamos iš vietinės, regioninės tvariai augančios, Duglaso eglės, lyginant su gelžbetonio karkaso, tokiu pat statiniu, padarė didesnę ekonominę poveikį nei tradicinė [32]. Galime daryti prielaidą, kad gaminant skydus šalies viduje, o ne juos importuojant, galime sukurti ne tik papildomas darbo vietas, prisidėti prie bendro vidaus produkto augimo. Medienos naudojimas statyboje turėtų paskatinti miškininkystės, kaip verslo šakos augimą ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje, tikėtina, kad neprižiūrimi laukai taps pramoniniais miškais.

### **1.3. Moduliniai pastatai**

Modulinė statyba – statybos metodas, apjungiantis statybą ir gamybą, kai atskiri elementai, skydinės sistemos arba tūriniai mazgai yra transportuojami ir surenkami vietoje, dažnu atveju moduliai yra patalpos dydžio [4]. Moduliniai pastatai yra nuolatinės urbanizacijos priešakyje. Urbanizacija, tarša aplinkoje, infrastruktūros poreikis ir energijos sunaudojimo augimas skatina tradicinę statybą vis

dažniau keisti moduline. Moduliniai statiniai yra itin populiarūs Skandinavijos šalyse (Suomijoje, Švedijoje), Jungtinėje Karalystėje, Jungtinėse Amerikos Valstijose, taip pat sparčiai populiarėja ir Azijoje, bei intensyviai besivystančiose ir didelį gyventojų tankį turinčiose šalyse, pavyzdžiui Vokietijoje, Šveicarijoje ir t.t. Pagrindinis aspektas, dėl kurio yra renkamosi moduliniai statiniai – tai noras, kuo greičiau turėti nuosavą būstą, kurio įrengimas ir statyba, šių dienų kontekste, užtrunka kur kas ilgiau nei norėtume, o tai reikalauja ir didesnių finansinių išlaidų.

Modulinė statyba sparčiai populiarėja ne tik dėl mažų kaštų, trumpo statybos laikotarpio (Melburne, Australijoje 9 aukštų modulinis daugiabutis „One9“ iškilo vos per penkias dienas [1]). Moduliniai statiniai taip pat pasižymi efektyvumu, medžiagų optimizavimu, greičiu, saugumu, aukštu kokybės kontrolės lygiu, taip pat lyginant su kitomis statybos technologijomis mažesniu poveikiu aplinkai [5], bei susidarančių statybinių atliekų kiekiu (statistinių duomenų analizė rodo, kad modulių pastatų surinkimo metu susidaro iki 90 proc. mažiau atliekų) [6]. Šios priežastys lemia, kodėl šis statybos būdas išgyvena atgimimą.

### **1.3.1. Mediniai moduliniai pastatai**

Modulinė medinė statyba suteikia pranašumų, įskaitant sumažintą atliekų kiekį, mažesnes išlaidas ir trumpesnes montavimo programas [7], o medienos panaudojimas padeda dar labiau sumažinti taršą, kurią išskiri (30 proc.) visa statybų pramonė.

Kitaip nei kitose pramonės šakose, statybų našumas gerokai vėluoja. Šiame kontekste mediena turi svarbių lyginamųjų pranašumų, pvz., pramoninės statybos (už objekto ribų) ir pagreitinto surinkimo vietoje (vietoje), kurios gali žymiai pagerinti našumą. Taikant „bendradarbiaujančio projektavimo“ metodiką ir naudojant seisminius modeliavimus bei laboratorinius tyrimus, buvo galima įdiegti naujovių. Modulinis tipologija (3D) iš medienos šviesos rėmo sistemos konstrukcija. Siūloma konstrukcija pagerina sistemos veikimą modulinis paviršių sistemos blokas. Todėl penkių aukštų medinio karkaso pilno masto eksperimentinis pastatas buvo suprojektuotas, pastatytas ir surinktas naudojant surenkamus modulius, turinčius tik 4 paviršius. Taikant šiuos variantus buvo galima optimizuoti medžiagų naudojimą ir padidinti laisvą architektūrinį paviršiaus plotą nepadidinant bendro pastatas aukščio be reikalo. Šiuo tikslu buvo sukurtos naujos sienų ir grindų jungtys, įtraukta ATS tvirtinimo sistema, skirta įtempimo jėgoms nustatyti, ir buvo sukurta montavimo sistema, leidžianti montuoti jungtis iš vidaus. pastatas nereikalaujant išorinių pastolių. Rezultatai buvo reikšmingas produktyvumo pagerėjimas montuojant ir montuojant lauke [10].

Buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo vertinami gelžbetonio ir kryžminės klijuotos medienos (CLT) plokščių konstruktyvų daugiaaukščiai gyvenamieji pastatai, kurių gyvavimo ciklo trukmė vienoda. Taigi, buvo taikomi du vertinimo scenarijai: Bazinis scenarijus, neatsižvelgiant į biogeninę anglį, ir Biogeninės anglies scenarijus, apimantis GWP biologinių faktorių, siekiant atsižvelgti į biogeninės anglies naudojimą. CLT pastatas turėjo žemiausią poveikio balą 11 iš 18 poveikio kategorijų, įskaitant visuotinę atšilimą. Eksploatacinės energijos naudojimas buvo pagrindinis bendro poveikio veiksnys, o poveikio balai šiek tiek svyravo, tačiau po to labai sumažėjo medžiagose išreikštas poveikis (įskaitant eksploatavimo pabaigą) [8].

2015 metais, Norvegijoje, buvo pastatytas vienas aukščiausių gyvenamųjų būtų, kurių sudarė 62 butai, 14 aukštų. Pirmame – cokoliniame aukšte vyrauja metalinės ir gelžbetoninės konstrukcijos, kaip pastato pagrindas, likusių aukšto konstrukcijas sudaro CLT ir LVL plokščių konstrukcijos. Struktūros

dizainą galima paaiškinti analogija – stelažą sudaro klijuotos santvaros, o stalčiai – surenkamųjų namų (butų) moduliai [9].

Medinės konstrukcijos dėl savo specifikacinių savybių, gamybos galimybių ir greito surinkimo, esant sausoms surinkimo sąlygoms. Surenkamos medienos sistemos su dideliu surenkamųjų gaminių procentu yra laikoma vienu pigiausių statybos variantų. Didelis produktyvumas, kokybė ir trumpas surinkimo laikas – geriausia statybos valdymo praktika [11].

### **1.3.2. Modulinė daugiaaukščių gyvenamųjų statinių statyba pasaulyje**

Nors moduliniai statiniai vis labiau populiarėja, tačiau daugiaaukščių gyvenamųjų pastatų skaičius yra itin mažas. „Visame pasaulyje moduliniai daugiaaukščiai pastatai sudaro mažiau, kaip 1 proc. visų daugiaaukščių pastatų“ [6] Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje, didžiąją dalį daugiaaukščių pastatų konstruktyvo sudaro gelžbetoniniai elementai. Žinome, kad Skandinavijos šalys didelį dėmesį kreipia į aplinkosaugą, tačiau sudėtingos architektūros statiniams vis dar renkasi surenkamą gelžbetonį.

Nuo 2000 iki 2021 metų didžiąją medinių daugiaaukščių pastatų dalį (44,9 proc.) sudarė 5-7 aukštų pastatai. Žemo, vidutinio ir aukšto lygio projektų pasiskirstymas įvairiose šalyse skiriasi. Dauguma - 80,3%, yra Europoje, 14,9% Šiaurės Amerikoje, 3,7% Australijoje ir Okeanijoje ir tik 1,1% Azijoje [18].

Nors modulinėje statyboje pirmauja Švedija, Norvegija bei Jungtinė Karalystė pastaraisiais metais jas sparčiai vėlyti pradėjo Australija, kurioje ir buvo pastatyti trys iš dešimties aukščiausių pasaulyje modulinė pastatų.

Viso to pasekoje, Australijoje, plačiai buvo pradėtas naudoti *Hickory Building System* (HBS), kuri sukūrė *Hickory group* (modulinės konstrukcijos pradininkė). „HBS yra moderniausia sistema, kuri į konstrukciją integruoja pastato šerdį, šlyties sienas ir fasadus. Novatoriška HBS sistema sudaryta iš įvairių surenkamų skydinių modulių (pvz., laikančiosios sienos, lifto ir laiptų šerdies bei lengvo betono grindų), sujungtų vietoje šlapiomis jungtimis. HBS sistemos naudojimas ne tik sumažina statybos laiką (nuo 30% iki 50%, palyginti su įprastu statybos būdu) ir sumažina medžiagų bei energijos švaistymą, bet ir padidina kokybę bei saugumą“ [6].

Modulinės konstrukcijos taikymas aukštybiniuose pastatuose Kinijoje buvo pradininkas *Broad Sustainable Building* (BSB), *Broad* grupės dukterinė įmonė, per pastarąjį dešimtmetį sukūrusi pažangią 2D baustos statybos techniką plieniniams pastatams. Taikant šią techniką, daugiau nei 90 procentų plieninio pastato komponentų, įskaitant konstrukcines dalis, tokias kaip grindų kasetės ir rėmų sistemos, buvo pagaminta BSB centrinėje gamykloje prieš transportuojant surinkti vietoje naudojant varžtų metodus.

Kaip Australijoje, taip ir Singapūre, siekiant sumažinti išmėtomo anglies dvideginio į aplinką kiekį bei atpiginti būsto kainas. Australijos vyriausybė priėmė įstatymą reglamentuojantį, kad nuo 2014 metų viešuosiuose gyvenamuosiuose pastatuose – privaloma naudoti modulinės konstrukcijas. Singapūro statybos ir statybos administracija taip pat yra išleidusi keletą vadovų apie gamybos ir surinkimo technologijas, kuriuose aprašoma medienos konstrukcijų ir elementų svarba ne tik statybos sektoriui bet ir pramonei (DfMA) [6].

Tuo tarpu, Jungtinėje Karalystėje, kaip Australijoje HBS metodas, statant modulinius daugiabučius pastatus plačiai naudojamas PPVC metodas, kuomet jau surinkti modeliai atkeliauja į statybvieta, taip didinant statybos efektyvumą ir našumą. Jau surinktų modulių transportavimą neretai riboja kėlimo krano galia. Siekiant išvengti šios problemos yra įdiegta plieno ir lengvojo betono kompozitinė sistema sumažinti modulio svorį [19].

### **1.3.3. Modulinių pastatų gaisrinės sauga**

Modulinių pastatų statyba nėra atskirai reglamentuojama, kaip ir tokių statinių priešgaisrinė sauga, galima teigti, kad moduliniai statiniai nėra iki galo išnagrinėta ir reglamentuota statybos sfera.

Viena iš moderniuosiuose statiniuose nerimą dėl priešgaisrinių reikalavimų keliančių dalių yra tuščios erdvės (paslėptos erdvės, ertmės), dažnai naudojamos paslėpti elementų tarpusavio jungtis. [17]. Ertmėmis dūmai, ugnis bei susidariusios pavojingos dujos gali laisvai išplisti po visą statinį.

Siekiant išvengti gaisro plitimo ertmėmis gali būti naudojami priešgaisriniai sandarikliai ir priešgaisrinės medžiagos. Tačiau jie turi būti išbandyti ir patvirtinti konkrečiai numatyti paskirčiai. „Kaip pažymėjo Gerard ir kt., gali tekti pakeisti kai kuriuos priešgaisrinės medžiagos / sandariklio bandymų standartus, kad būtų galima atlikti bandymus su degiomis bazėmis arba substratais. Dabartiniai bandymo standartai yra pagrįsti sienų arba grindų sistemos, kurioje jie turi būti montuojami, atsparumu ugniai (pvz. . ASTM E814-13a, 2017 m.)“ [17].

Taip pat, moduliniuose statiniuose dėmesį į keliamus priešgaisrinius reikalavimus reikėtų atkreipti į degius konstrukcinius elementus, paviršiams naudojamas medžiagas ir izoliacines arba ertmėms užpildyti skirtas medžiagas [17].

### **1.3.4. Iššūkiai su kuriais susiduria mediniai moduliniai daugiaaukščiai statiniai**

Siekiant išgauti panašias ar tokias pat medienos savybes, kaip ir gelžbetonio, daugiaaukščių gyvenamųjų statinių statyboje naudojamos CLT. Sąlyginai lengvos medinės konstrukcijos yra mažiau atsparios seisminėms jėgoms, todėl reikia sukurti aukštos kokybės jungtis CLT šlyties sienų plokštėms arba tūriniais elementams [38]. Žemės drebėjimams atspari konstrukcija reikalauja tam tikrų konstrukcijų komponentų, būtent plieninių dalių jungtyse, elastingumo, nes mediena nėra plastiška medžiaga ir yra linkusi į trapią tempimą, lenkimą ir šlyties gedimus [39].

Siekiant išspręsti šią problemą, buvo pasiūlyta nauja surenkamų jungčių sistema, kuri suteikia naujas CLT modulinės konstrukcijos sujungimo sprendinius blokuojant, taip užtikrinant aukštą CLT modulių kokybę [40].

### **1.3.5. Modulinių statinių neigiama dalis**

Pastebėta, kad vienas reikšmingų veiksnių trukdančių modulinių pastatų plėtrą yra paplitusi visuomenės nuomonė, kad moduliniai ir surenkamieji namai yra panašūs į namelius ant ratų. Tai, kad vartotojai nesuvokia statybos objekto galimybių ir naudos, gali turėti įtakos rinkos paklausai, o vėliau ir plėtrai [33].

## 1.4. Reglamentavimas

Kaip ir statybinės medžiagos taip ir pats statybos procesas ir jo tobulinimas yra labai svarbus tvariai aplinkai. Tvarumo vystymuisi pasaulyje nepakanka žmonių sąmoningumo, reikalingas ir valstybės indėlis – reglamentavimas.

Švedijoje 2022 m. sausio 1 d. įsigaliojo naujas reglamentas, dėl pastatų klimato deklaracijos, reikalaujantis dokumentuoti naujų pastatų anglies pėdsaką. Dokumente reikalaujama įvertinti pastatų anglies pėdsaką kaip pasaulinio atšilimo potencialą gaminio ir statybos etapuose. Galų gale bus nustatytos anglies pėdsako ribos naujiems pastatams ir kiti gyvavimo ciklo etapai, nes žinių bazė apie pastatų poveikį klimatui auga. Panašūs reglamentai yra planuojami ir vykdomi kitose Šiaurės šalyse, įskaitant Daniją, Suomiją ir Norvegiją. Danija įvedė naujų pastatų anglies pėdsako reglamentą 2021 m. kovo mėn., kuris įsigalios 2023 m. Reglamente reikalaujama dokumentuoti anglies pėdsaką naujų pastatų gamybos ir eksploatavimo etapuose, taip pat nustatomi didesnių pastatų gyvavimo ciklo anglies dioksido apribojimai. Tai turėtų paskatinti domėjimąsi mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančiomis statybinėmis medžiagomis ir statybos technikomis ir taip paveikti pastatų projektavimą, statybą ir valdymą per visą jų gyvavimo ciklą [34].

Oficialiai pristatytos naujos Vokietijos pavyzdinės gairės dėl priešgaisrinių reikalavimų, keliamų pastato komponentams ir išorinėms sienų dangoms Vokietijos medinėse konstrukcijose, įtraukiant į Pavyzdinį administracinį reglamentą dėl techninių statybos taisyklių. Gairės yra ne tik leisti naudoti medieną kaip statybinę medžiagą nuo bendro 13 m aukšto aukščio, bet ir leisti naudoti medinių pastato dalių, kurių atsparumo ugniai trukmė viršija 90 minučių, statybos metodą. Tačiau pagal naują direktyvą nėra galimybių naudoti medinių karkasų komponentų pastatuose, kurių aukštis didesnis nei 13 m. Tai reiškia, kad ilgai trokštamos galimybės statyti medinius pastatus, viršijančius aukštybinę ribą, gali būti įgyvendintos tik masyviose medinėse konstrukcijose [24].

## 1.5. Aplinkosauga

Nuolatinis bendro energijos poreikio augimas ir su tuo susijęs poveikis aplinkai vaidina svarbų vaidmenį vykstant dideliame tvarios ir ekologiškos pasaulinės energijos perėjimui. Be to, elektros energijos sektorius yra pagrindinis anglies dioksido išmetimo šaltinis [12]. Statybų metu į aplinką išmetama 30 proc. viso anglies dvideginio. Moksliniais tyrimais buvo įrodyta, kad modulinė statyba, statybai skirtą laiką, gali sutrumpinti 50 – 60 proc., priešingai nei tradicinė statyba [14]. Trumpesnės statybai skirtas laikotarpis taip pat lemia mažesnę taršą ir mažesnę energijos suvartojimą statybos procese, kas prisideda ne tik prie žiedinės ekonomikos, kuomet moduliai gali būti panaudojami antrą kartą, bet ir prie ES „Žaliojo kurso“ keliamų reikalavimų. Nors statyboje naudojama mediena sumažina į aplinką išskiriamą CO<sub>2</sub> kiekį, tačiau jį galima sumažinti dar labiau. Literatas analizėje aptikto tyrimo rezultatai rodo, kad su optimizuotomis medienos konfigūracijomis ir efektyviais CLT tūrinių mazgų tvirtinimo elementais galima sumažinti bendrą visuotinio atšilimo poveikį pastato gaminio stadijoje apie 5% [15].

Nors mediena yra laikoma viena iš draugiškiausių medžiagų, reikia nepamiršti, kad kertami miškai taip pat skatina Šiltnamio efektą. „Nors išsivysčiusiems regionams (Europai, Okeanijai ir Šiaurės Amerika) nuo 1990 iki 2010 metų pavyko išlaikyti stabilų miškų plotą, besivystantys regionai (Azija, Afrika ir Pietų Amerika) prarado 135 Mha miškų ploto [20].

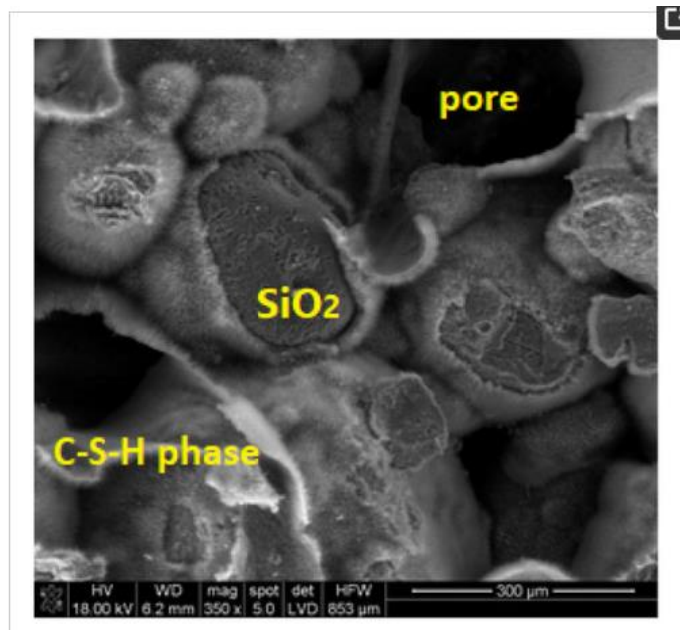
„Mediniai pastatai laikomi mažesnės anglies (mažiau iškastinio kuro) konstrukcijomis nei nemediniai. Įrodyta, kad mediena ir medienos masės produktai gali sumažinti visuotinio atšilimo potencialą tik tuo atveju, jei jie gaunami iš tvariai tvarkomų miškų. Statyba iš medienos prisideda prie kritinės naudos, susijusios su klimato kaitos švelninimu, nes mediena gali būti naudojama ne tik kaip kitų medžiagų pakaitalas, siekiant sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, bet ir atlieka unikalią funkciją – pastato konstrukcijoje kaupia didelius anglies kiekius. nuosavybės kitos medžiagos neturi. Be to, kad mediena tarnauja kaip statybos produktas per visą pastato eksploatavimo laiką, praėjus pastato eksploatavimo trukmei, mediena gali būti pakartotinai naudojama kitose statybose, kaip žaliava kitam medienos gaminiui gaminti arba, kraštutiniu atveju, deginama energijai gauti. iškastinio kuro pakaitalas“ [2].

Būsimą statybinių medžiagų poreikį ir su tuo susijusį išmetamųjų teršalų kiekį galima sumažinti intensyviau naudojant pastatus (sumažinant vienam gyventojui tenkantį grindų plotą), pratęsiant pastatų eksploatavimo laiką, naudojant lengvesnes konstrukcijas ir mažiau anglies dioksido išskiriančias statybines medžiagas (pvz., konstrukciją iš medienos, o ne plieno ir betono). ), arba mažinant statybinių atliekų kiekį ( Hertwich ir kt., 2019 ). Amiri ir kt. (2020) taip pat teigia, kad ilgalaikės anglies saugyklos pasiekiamos ypač miestuose, kuriuose labai reikia naujų pastatų ir gyvenamųjų būstų. Remiantis temine analize, buvo nustatyta, kad tiek materialios, tiek nematerialios vertės kūrimo šaltiniai kyla iš pastatų su medžiu. Visuose projektuose buvo pastebėtas aukštesnis su WMC susijęs surenkamumo lygis, turintis įtakos logistikos reorganizavimui, leidžiantis greičiau pastatų procesai ir liesas medžiagų naudojimas [13].

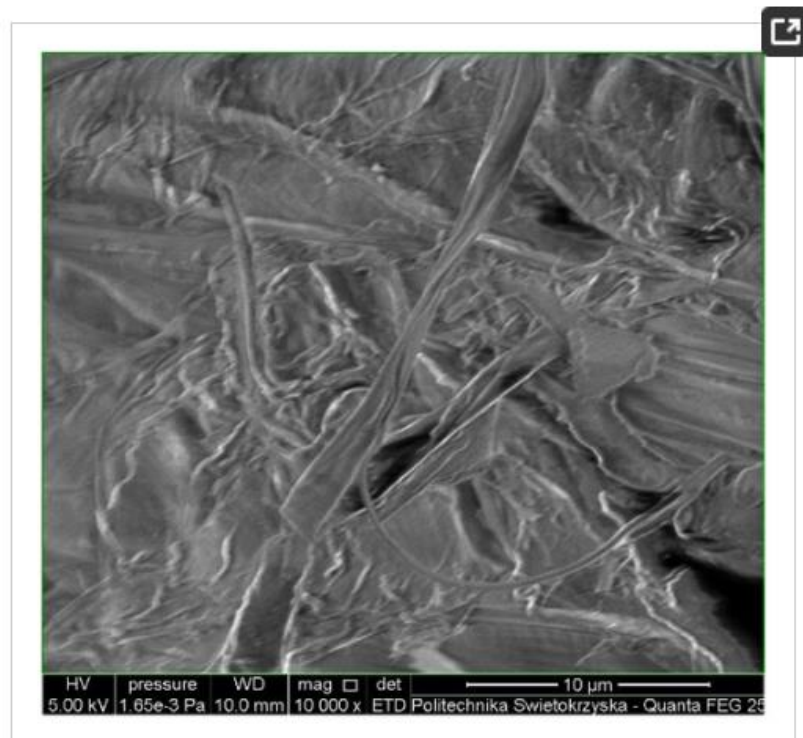
Buvo svarstomi GLT ir CLT kietmedžio ir spygliuočių medienos variantai. Palyginome šių alternatyvų gyvavimo ciklo išlaidas (LCC), kad sužinotume mažiausią kainą. Lyginamieji rezultatai parodė, kad GLT emisija yra didesnė dėl visuotinio atšilimo potencialo (GWP), sausumos ekotoksiškumo (TE), žemės naudojimo (LUP) ir ozono sluoksnio ardymo (OLD), o CLT turi didesnę poveikį žmogaus toksiškumo potencialui (HTP), iškastinio kuro išekvojimo potencialui (FDP). Rezultatai parodė, kad CLT naudojimas žymiai sumažina kūno energiją 40%. Tačiau palyginus kaštus paaiškėjo, kad CLT yra 7% brangesnis už GLT [16].

Lyginant su kitomis dirbtinai sukuriomomis statybinėmis medžiagomis, tokiomis kaip betonas, mediena yra ne tik draugiška aplinkai, bet ir žmogaus sveikatai, nekelia ligų dėl kvėpavimo takų ar mikroelementų poveikio [24].

Klimato kaita lemia ne tik kintančią žmonių gyvenimą pvz.: dėl patvinsusių ar nusekusių vandenviečių pasikeitusius gyvenamuosius plotus, itin šiltas žiemas vidutinėse platumose ir iškritusį sniegą pietietiškosiose šalyse, bet ir pastatų ilgaamžiškumą. Šiuo metu plačiausiai naudojama statybinė medžiaga yra plytos, betonas, kuriose dėl temperatūrinių pokyčių vyksta nuolatiniai struktūriniai pasikeitimai.



**1 pav.** skenuojamo elektroninio mikroskopo vaizdas, rodantis „dirbtinio akmens“ pagaminto iš natūralaus kvarcinio smėlio (90 proc.), kalkių (7 proc.) ir vandens (3 proc.) mikrostruktūrą padidintą 350 kartų [24]



**2 pav.** skenuojamo elektroninio mikroskopo vaizdas, rodantis medžio, naudojamo medinio karkaso konstrukcijoje, mikrostruktūrą padidintą 100000 kartų [24].

Aukščiau esančiuose paveiksluose atvaizduojama plytų ir medžio mikrostruktūriniai skirtumai, kurie lemia drėgmės srauto medžiagose nevienodumą. „Plytos ir betonai (ty dirbtinai pagamintos statybinės medžiagos) periodiškai keičia savo funkcines savybes, nes keičiasi jų mikrostruktūra

(amorfine CSH fazė kristalizuojasi, t.y. mažėja jos paviršiaus plotas, todėl medžiagoje susidaro laisvos erdvės ir taip susidaro poros, į kurias vanduo prasiskverbia). CSH fazės atsiradimas įrodo tinkamą hidratacijos proceso eigą esant SiO<sub>2</sub> smėlis (nuolatinės jungtys silikatinėse medžiagose susidaro mišinį laikant reaktoriuose apie 4 val., o vėliau – autoklavavimo proceso metu (8 val.)). Padidėjusi temperatūra palengvina amorfinių CSH fazių transformaciją į kristalinę tobermoritą. Medienos atveju tokios reakcijos nėra. Medieną taip pat vis dar laikoma viena iš natūraliausių medžiagų statybos istorijoje“ [24].

Lyginant du funkciškai lygiaverčius medinio karkaso ir gelžbetonio karkaso pastatus, teigiama, kad medinio pastato medžiagų gamybai sunaudojama 28 proc. mažiau pirminės energijos ir išskiriama 45% mažiau anglies nei gaminant medžiagas betoniniam pastatui. Medžiagoms apdoroti naudojamos energijos sąnaudos yra mažesnės medinio karkaso pastate, o santykinės energijos sąnaudos mediniame pastate tampa mažesnės, nes su klimatu susiję išoriniai veiksniai labiau atsispindi gamybos sąnaudose [30].

Medienos naudojimo statyboje poveikis aplinkai nors ir prognozuojamas, tačiau leidžia įžvelgti realią naudą ne tik žmogui, gamtai, bet ir visai planetai. .

Atliktų tyrimų metu buvo apskaičiuota, kad jei 90 proc. naujų miesto gyventojų būtų apgyvendinti naujai pastatytuose mediniuose daugiaaukščiuose, iki 2100 m. būtų galima sutaupyti 106 Gt anglies dvideginio. O miško plantacijos turėtų išsiplėsti iki 149 Mha, o neapsaugotų natūralių miškų derlius padidėtų [23].

Nepaisant to medienos apdirbimas reikalauja daug įvairiausių išteklių, tame tarpe ir energijos.

Lyginant trijų medžiagiškumų daugiaaukščius pastatus:

- betoninis pastatas. Baziniu atveju dauguma statybinių komponentų (t.y. kolona ir sijos, konstrukcinės išorės ir vidaus sienos, nekonstrukcinės sienos ir plokštės) buvo gelžbetonio. Gipso kartono plokštės daugiausia buvo naudojamos pirmojo ir antrojo aukštų pertvaroms su tinkavimu ir dažymu. Apšiltintos betoninės išorės sienos ir plokštės, o auditorijai panaudota garso izoliacija .
- optimizuotas betoninis pastatas. Ištyrėme dviejų tipų betoną: vieną su aukštu (C30), o kitą su žemu (C20) stiprumo lygiu. Praktiškai tai gali būti sunkiau valdyti statybos etape, todėl betonui sunaudoti mažiau cemento. Tuo tikslu visos konstrukcinės sienos buvo atskirtos nuo nekonstrukcinių. Be to, visos gipso sienos virš pirmo aukšto pakeistos betoninėmis C20 sienomis.
- betoninis medinis pastatas. Palyginti su OptCon, šiame scenarijuje visos nekonstrukcinės sienos buvo pakeistos medinėmis, kurių plotas 785 m<sup>2</sup> . Panašiai gipso sienos viršutiniuose aukštuose buvo pakeistos medinėmis sienomis. Be to, klientų zonose visų grindų grindų medžiaga pakeista į kietmedį, o privačiose – parketą. Be to, vidiniai langai pakeisti mediniais. Visi alternatyvūs šio scenarijaus komponentai (įskaitant nestruktūrines medines sienas, kietmedžio ir parketo grindis bei medinius langus) turėjo trečiųjų šalių žaliuosius sertifikatus ir aplinkosaugos produktų deklaracijas (EPD).
- medinis pastatas. Išskyrus pamatų ir požeminio grindų detales, pagal šį scenarijų visos medžiagos (ty konstrukcinės ir nekonstrukcinės sienos, vidaus ir išorės langai, grindys ir stogas) buvo pakeistos mediena (2 lentelė ) . Pastatui daugiausia buvo naudojama skersinė



laminuota mediena (CLT). Panašiai kaip ConWood pastate, alternatyvūs šio scenarijaus komponentai turėjo trečiųjų šalių žaliuosius sertifikatus [31].

Remiantis ištirta medžiaga, palyginamos medinių, betoninių ir plieninių pastatų įkūnijamos, eksploatacinės ir griovimo energijos bei pabrėžiama tvaraus medžiagų parinkimo pastatams svarba. Rezultatai rodo, kad medinių pastatų energija yra vidutiniškai 28–47% mažesnė nei betoninių ir plieninių pastatų. Vidutinės ir vidutinės išmetamų teršalų vertės yra 2,92 ir 2,97 medienos, 4,08 ir 3,95 betono ir 5,55 ir 5,53 GJ/m<sup>2</sup> plieniniams pastatams. Be to, duomenys rodo, kad gyvenamųjų pastatų energijos tiekimo sistema atlieka didesnę vaidmenį eksploatacinėje energijos sąnaudoje nei statybinė medžiaga. Be to, klimato sąlygos, izoliacijos detalės, langai ir pastato paviršiai bei pastato kryptis yra kiti energijos naudojimo vaidmenys. Galiausiai buvo nustatyta, kad griovimo energija sudaro tik nedidelę dalį viso gyvavimo ciklo energijos suvartojimo [35].

Buvo ištirtas trijų naujoviškų daugiaaukščių pastatų medinių pastatų sistemų pirminės energijos poveikis, taikant visos sistemos gyvavimo ciklo perspektyvą. Pastatuose yra konstrukcinės sistemos arba komponentai, pagaminti iš masyvios medienos naudojant CLT, sijos ir kolonos naudojant klijuoto plokštę ir LVL bei surenkamus modulius naudojant lengvo karkaso tūrinius elementus. Visi pastatai suprojektuoti taip, kad atitiktų aukštą energetinio efektyvumo lygį. Rezultatai rodo, kad CLT pastatų sistema suteikia mažiau gamybos ir eksploataavimo pirminės energijos ir didesnę naudą pastato sistemoms eksploataavimo pabaigoje. Naudojant CLT pastatų sistemą, medžiagų gamybos pirminės energijos suvartojimas sumažėja atitinkamai 16 % ir 6 %, palyginti su sijų ir kolonų bei modulinėmis pastatų sistemomis. Per 50 metų laikotarpį, pirminės energijos poreikis, palyginti su sijų ir kolonų bei modulinė pastatų sistemomis [36]. Be to, CLT pastatas suteikia 8 % ir 24 % daugiau naudos pasibaigus pirminės energijos naudojimui, palyginti su sijomis ir kolonomis bei modulinėmis pastato sistemomis [37].

Medienos naudojimo nauda aplinkai nėra aiški; nors tai natūralus produktas, galintis kaupti anglies dvideginį išsiskiriantį aplinkoje [20] jam džiovinti ir apdoroti sunaudojama daug energijos [7]. Todėl atsiranda siūlymai skatinti mažai apdirbtų medienos konstrukcijų naudojimą statyboje, vietoj klijuotos medienos plokščių naudojimo, kurių gamybai sunaudojama nemažas kiekis energijos, tad pasirinkus mažai apdirbtos medienos gaminius galima pasiekti kur kas mažesnę poveikį aplinkai [21].

## 2. Tyrimo metodika

Magistro tiriamajam projektui įgyvendinti pasirinkta du tyrimo metodai – analitinis ir skaitinis. Pirmoji tyrimo dalis atliekama vykdant apklausą ir vertinant jos rezultatus. Apklausos tikslas yra sužinoti visuomenės indėlį globalinio atšilimo stabdymo link ir atskleisti požiūrį į tvarią statybą.

Tikslas – naudojant „Google forms“ internetinę programą apklausti daugiau kaip 50 daugiaaukščių gyvenamųjų ir individualių namų gyventojų.

Vykdam šią apklausa siekiama:

- išgryninti daugiaaukščių gyvenamųjų ir individualių namų gyventojus bei kokiai amžiaus grupei yra priskiriami apklausos dalyviai;
- sužinoti kokio tipo namuose (individualiuose ar daugiaaukščiuose, mediniuose, gelžbetoniniuose, mūriniuose ar mišraus medžiagiškumo) gyvena apklausiamieji;
- kokį butą rinkęsi apklausos dalyviai, neatsižvelgiant į finansinę pusę (mūrinį, gelžbetoninį, medinį);
- kodėl nesirinktų medinio pastato, kaip nuolatinio gyvenamojo būsto: dėl baimės, kad ugnies plitimas mediniuose pastatuose gali išplisti kur kas greičiau, nei kituose pastatuose?

Atlikus literatūros analizę buvo atliekamas analitinis tyrimas – apklausa. Anketa sudaryta iš 8 klausimų, į kuriuos atsakė daugiaaukščių gyvenamųjų pastatų – daugiabučių ir individualių namų gyventojai. Respondentų amžiaus grupės sudarytos pagal amžių, atsižvelgiant į tai, kokiame amžiaus tarpsnyje yra studijuojama, išigyjamas pirmasis būstas, kuriama šeima (vyksta jos pagausėjimas), kuomet yra perkamas kitas – didesnis, arba antras būstas.

Antrasis metodas, kuriuo bus vykdomas tolimesnis tyrimas – skaitinis tyrimas ir jo lyginamoji analizė, kurios metu apskaičiuojamas ir lyginamas visuotinio atšilimo išskiriamas kiekis ( $\text{kg} \cdot \text{CO}_2$ ), kuris susidaro kintant pastato išorinių sienų, perdangų ir sutapdinto stogo medžiagiškumui (monolitas, mūras, gelžbetonis, medis (CLT)). Visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimai atliekami naudojantis ypatingos paskirties (6 aukštų) gyvenamojo daugiaaukščio pastato, esančio Brastos g. 22C, Kaune techniniais parametrais.

Pastate vyrauja mūras ir gelžbetonis, o pats pastatas priskiriamas A+ energetinio naudingumo klasei. Todėl siekiant kuo tiksliau apskaičiuoti, kaip kinta  $\text{CO}_2$  kiekis visose elemento alternatyvose, alternatyvos taip pat apskaičiuojamos taip, kad pastatas tenkintų projektinę statinio energetinio naudingumo klasę. Tolimesni skaičiavimai yra atliekami naudojantis „One Click LCA“ programos bandomąja versija, kuri visus skaičiavimus atlieka remiantis EN 15804+A2 standartu. Nors programa atlieka ir platesnius skaičiavimus, vertinami tik A1-A3 (nuo lopšio iki vartų – žaliavų tiekimas, jų transportavimas į gamybos vietą, produkto gamyba) etape susidarančios emisijos kiekiai.

Nors, atlikus literatūros analizę, yra žinoma, kad ne tik mažiausiai dvideginio išskiria, bet ir jį sugeria medienos gaminiai, tačiau nėra žinomi skirtumai įvairiuose pastato elementuose lyginant su kitomis

vyraujančiomis medžiagomis. Tyrimu siekiama įrodyti, kurie visuotinio atšilimo aspektai, lyginant tris skirtingas medžiagas, daro mažiausią įtaką visuotiniam atšilimui.

Atliekant šiluminio naudingumo skaičiavimus nėra vertinami apdailos elementai – plytelės, parketas, dažai ir k.t.

Skaičiavimams naudojami tik antžeminės pastato dalies duomenys.

## 2.1. Apklausa

Apklausa buvo vykdoma platformoje „Google forms“, anonimiškai anketą užpildė 68 respondentai iš kurių, kiek mažiau nei pusė – 30 gyvena butuose. Didžiausią apklaustųjų dalį sudarė 30-45 metų amžiaus grupė. Visiems apklaustiesiems buvo užduodami šie klausimai ir atsakymų variantai:

- Kuriai amžiaus grupei save priskirtumėt?
  - 18-23 metai;
  - 24 – 30 metai;
  - 30 – 45 metai;
  - 46 ir daugiau.
- Ar žinojote, kad statybų sektorius, kurį sudaro tiek naujų pastatų statyba, tiek jau esamų eksploatavimas, kasmet į aplinką išmeta 40 proc. viso pasaulinio anglies dvideginio kiekio?
  - Taip;
  - Ne;
- Kaip prisidedate prie visuotinio atšilimo stabdymo?
  - Esu įsirengęs(-usi) saulės elektrinę;
  - Viruoju elektromobilį/ hibridinį automobilį;
  - Namų šildymui naudoju švarią energiją;
  - Kitais būdais prisidedu prie tvarumo;
- Gyvenate name ar bute?
  - Name;
  - Bute;
- Ar pastatas kuriame gyvenate yra medžio karkaso, gelžbetoninis, mūrinis?
  - Medžio karkaso;
  - Gelžbetoninis;
  - Mūrinis;
  - Nežinau.
- Kokia yra pagrindinė, vyraujanti, medžiaga jūsų namuose?
  - Mūras;
  - Gelžbetonis;
  - Medinis karkasas;
  - Nežinau;
- Jei tektų rinktis kokiam bute norėtumėte gyventi, ką pasirinktumėt?
  - Medinį, nes man rūpi tvarumas;
  - Gelžbetoninį;

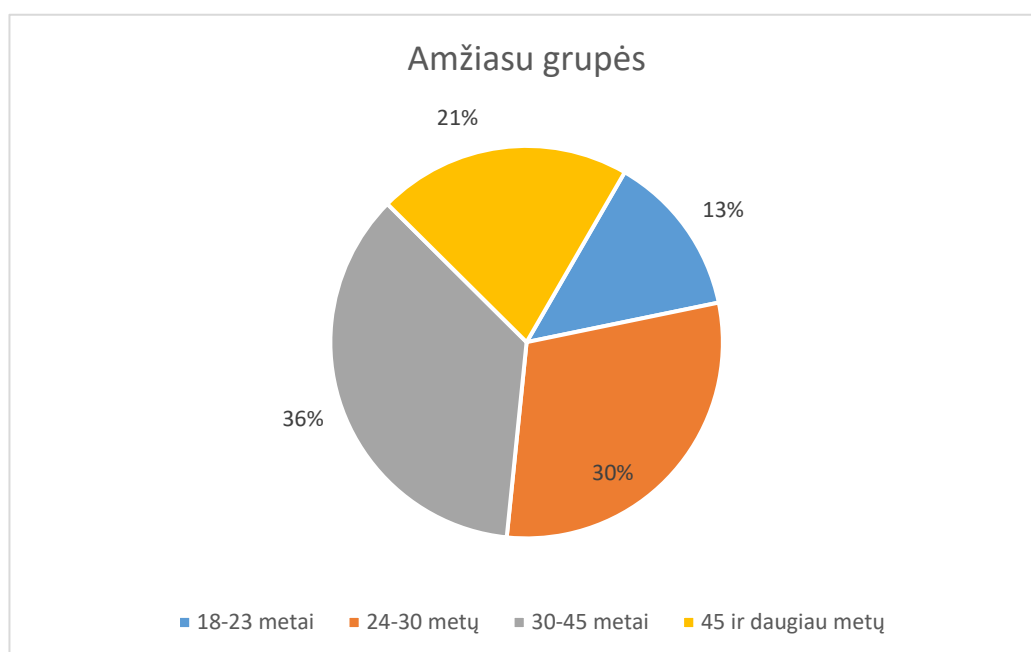
- Mūrinį;
- Ar nebijote, kad ugnies plitimas mediniuose pastatuose gali išplisti kur kas greičiau, lyginant?
  - Apie tai nepagalvojau;
  - Ne, nes žinau, kad nesvarbu koks pastatas jis turi atitikti visus priešgaisrinius reikalavimus;
  - Bijau, todėl nesirinkčiau jame gyventi.

### 2.1.1. Rezultatai ir jų vertinimas

Apklausus daugiau nei pusę šimto – 68 respondentus, iš kurių 30 gyvena butuose, buvo gauti tokie rezultatai:

1. Aktyviausiai apklausoje dalyvavo 30-45 metų žmonės, kurie yra priskiriami prie šeimos būsto savininkų grupei. Tai reiškia, kad tai, dažnu atveju, yra erdvių, neretai nuosavu namų, būstų savininkai.

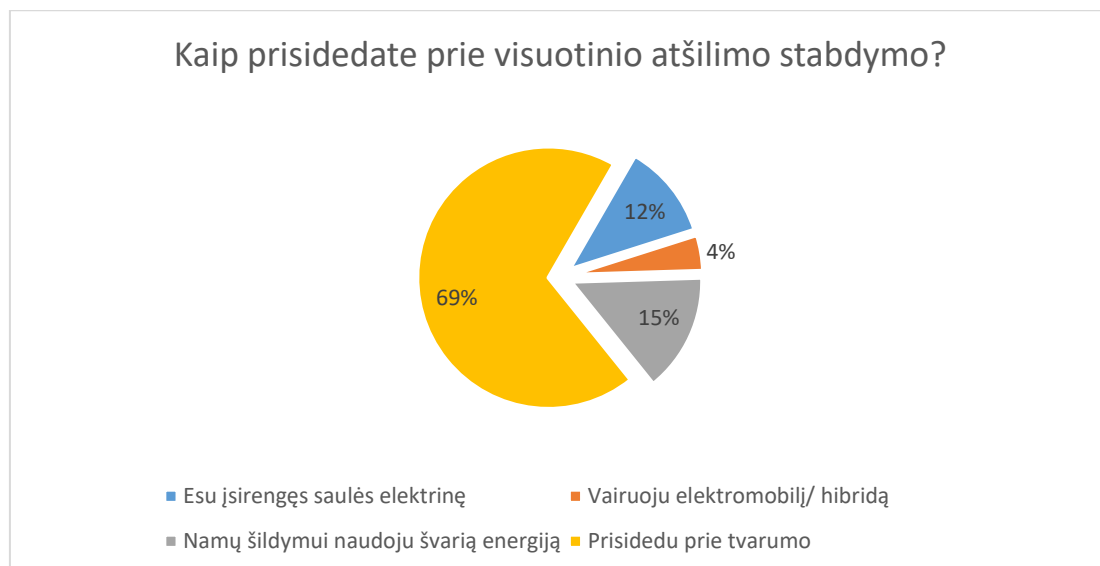
**1 lentelė.** Respondentų amžiaus pasiskirstymas



2. Rezultatai parodė, kad daugiau nei pusė t.y. net 60,3 proc. apklaustųjų nežino, kad statybos sektorius sukuria apie 40 proc. viso pasaulio anglies dvideginio kiekio.
3. Iš apklaustųjų vos 3 respondentai vairuoja elektromobilį/ hibridinį automobilį, o aštuoni yra įsirengę saulės elektrines, tai reiškia, kad didžioji dauguma prie tvarumo prisideda kitais būdais.

**2 lentelė.** Apklaustųjų atsakymų pasiskirstymo grafikas į klausimą „kaip prisidedate prie visuotinio atšilimo stabdymo?“

### Kaip prisidedate prie visuotinio atšilimo stabdymo?



4. Paprašius įsivaizduoti, kad perka butą sau ir savo šeimai, o jų neriboją finansai buvo paklausta iš kokių pagrindinių medžiagų pastatytam butui teiktų pirmumą, daugiau nei pusė 54,4 proc. rinkosi mūrą, 39,7 proc. (27 dalyviai) mediena, pagrįsdami savo pasirinkimą tuo, kad jiems rūpi tvarumas. Vos 4 žmonės atsakė, kad rinktųsi gelžbetonio masyvo butą.

Asmenys, kurie įvardino, kad norėtų gyventi daugiaaukščiame gyvenamajame pastate, kuriame vyraujanti medžiaga yra mediena 92,6 proc. pasitiki ir žino, kad tokiems pastatams yra keliami aukšti priešgaisriniai reikalavimai, todėl rizika nėra nei kiek didesnė nei gyvenant, kito vyraujančio medžiagiškumo pastatuose.

Atsižvelgiant į rezultatus galima daryti prielaidą, kad statybų sektoriaus indėlis į visuotinį atšilimą nėra žinomas didžiajai daliai gyventojų. Žiniasklaidos duomenų bazėje „Station“ įvedus pagrindinius raktinius žodžius „statyba“ ir „CO<sub>2</sub>“ pastebėta, kad iš viso šia tema buvo parengti vos 5 straipsniai, vienas jų – užsakomasis įmonės „YIT Lietuva“. Nors informacijos apie tvarią statybą ir ėjimą jos link gausu, tačiau tai nėra viena iš daugelio aptariamų temų, kurios nesunkiai pasiekia kiekvieną, kuris bent keletą minučių per dieną skiria naujienų apžvalgai.

Nepaisant to, dėl įvairių valstybės ribojimų, kintančio žmonių gyvenimo būdo, kinta ir jų įpročiai ir atsiranda sąmoningumas protingam vartojimui, tikriausiai tai lemia ir augančią švarios energijos gamybą bei naudojimą ne tik tarp apklaustųjų bet ir Lietuvos bei užsienio gyventojų. Galima teigti, kad gyventojai tam tikrais atvejais prie mažesnio poveikio aplinkai prisideda nesąmoningai – dėl vyriausybės apribojimų. Vienas tokių – reikalavimai naujos statybos A++ energetinės klasės namams, kad daugiau kaip pusė sunaudojamos energijos būtų gaunama iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Tokiu būdu mes į aplinką neišskiriame dar daugiau anglies dvideginio ir taip stabdome globalinį atšilimą.

Nors šiuolaikinėje statyboje mediena, kaip vyraujanti statybinė medžiaga, yra vis dažniau aptinkama, tačiau ji, kaip žinoma iš literatūros analizės dalies, yra nuvertinama. Tai keisis nuo 2024 m. sausio 1 d., kuomet visuomeninių pastatų statyboje bus privaloma naudoti ne mažiau kaip 50 proc. medienos ir kitų organinių statybinių medžiagų. Nors portalo *staybunaujienos.lt* duomenimis, net 98 proc. medinių skydų ir modulių yra eksportuojami, daugiausiai (apie 90 proc.) į Skandinavijos šalis [47].

## 2.2. Įvairaus medžiagiškumo sienų energetinio naudingumo skaičiavimai

Pasitelkus *Auto desk* šeimos *Revit* programą buvo išanalizuotas *ifc* faile esantys vieno iš projekto „Piliamiestis“ pastato adresu Brastos g. 22, Kaunas duomenys. Išskaidyta ir susistemintas pastato antžeminių elementų medžiagiškumas, plotai ir medžiagų kiekiai. Armatūros ir mūro skiedinio kiekiai buvo apskaičiuojami pasitelkiant internetines skaičiavimo programas. Kaip ir projekte, taip ir visuose skaičiavimuose buvo naudojamas EPS 100 polistireno putplastis.

Požeminė pastato dalis, kurioje įrengta automobilių stovėjimo aikštelė nebuvo analizuojama ir vertinamas susidarantis anglies dvideginio kiekis skatinantis visuotinį atšilimą.

Pagrindinės analizuojama daugiaaukščio gyvenamojo pastato charakteristikos:

- 6 aukštų gyvenamosios paskirties statinys;
- pastato aukštis – 18,77 m. pastato stogas įrengtas virš 4 (12,74 m.) ir 6 aukštų.
- pastato plotis – 16,9 m.
- ilgia 51,9 m.
- bendras pastato grindų plotas – 3650,59 m<sup>2</sup>, neįskaitant automobilių stovėjimo aikštelių.

Programoje „One Click LCA“ skaičiavimai atliekami remiantis EN 15804+A2 standarte patekta informacija ir pakeitimais, tokiais kaip biogeninės anglies atsekamumas ir kita [47]. Programa suteikia galimybę pasirinkti įvairios šiluminės varžos medžiagas, bei kitus parametrus, tame tarpe ir gamintoją, todėl visuose elementuose buvo rinktasi to pačio gamintojo ir tas pačias charakteristikas atitinkančios statybinės medžiagos, naudojamos analizuojamiems pastato elementams įrengti.

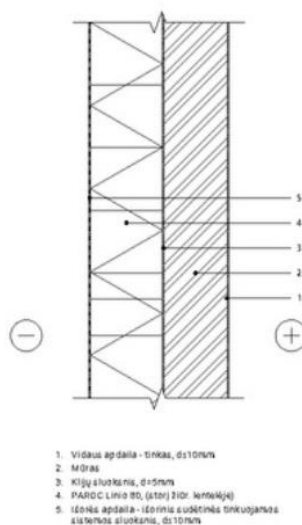
Remiantis projekto duomenimis – pastatas turi atitikti A+ klasę, o perdangos ir sienos neviršyti numatytos šilumos perdavimo koeficiento vertės: perdangos ir stogai 0,12 W/(m<sup>2</sup> \* K), o sienos 0,13W/(m<sup>2</sup> \* K). Visos šios vertės reglamentuotos STR 2.01.02:2016 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [44].

$\lambda$  – šilumos laidumo koeficientas yra naudojamas iš gamintojo pateiktų medžiagos techninių charakteristikų.

## 2.2.1. Mūro siena

MŪRO SIENOS ŠILTIMO TINKUOJAMA SISTEMA DETALĖ

M 1:1



3 pav. Paroc. Mūro sienos tinkuojama sistema detalė

Vidaus apdaila – tinkas

Mūras

Klijų sluoksnis

Paroc 100

Išorinė apdaila – tinkas

Apskaičiuojama visų sienos elementų šiluminė varža

$$R = \frac{d}{\lambda}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_{1-4} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.04}{0.95} = 0.042 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.25}{1.03} = 0.242 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.25}{0.034} = 7.353 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

Apskaičiuavus šiuos duomenis nustatomas šilumos perdavimo koeficientas, kuris turi būti ne mažesnis kaip  $0,11 W/(m^2 * K)$ , kad atitiktų A+ klasę.

$$U = \frac{1}{R_{se} + R_{sum} + R_{si}}; \quad (2.2.1.2)$$

Viršutinio paviršiaus varža  $R_{si}$  ir išorinio paviršiaus varža  $R_{se}$  yra konstanta, kuri nurodyta pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“.

$$U = \frac{1}{(0.04+0.042+0.242+7.353+0.042+0.13)} = 0.127 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}) ; \quad (2.2.1.2)$$

$\lambda$  – šilumos laidumo koeficientas;

$d$  – medžiagos sluoksnio storis, m.

$R$  – šiluminė varža;

$U$  – šilumos perdavimo koeficientas.

### 2.2.2. Gelžbetoninė siena

Sienos sandara:

- Tinkas
- Šilumos izoliacija EPS 100
- Gelžbetonio siena
- Gipsas

$$R_{1-4} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.04}{0.95} = 0.042 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.3}{2.04} = 0.147 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.25}{0.034} = 7.353 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0.04+0.042+0.147+7.353+0.042+0.13)} = 0.129 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}); \quad (2.2.1.2)$$

### 2.2.3. Kryžmai laminuotos medienos siena

Sienos sandara:

- CLT fasadinė dalis
- Akmens vata
- CLT laikančioji dalis

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.03}{0.12} = 0.25 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.02}{0.025} = 0.8 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.25}{0.035} = 7,14 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.08}{0.12} = 0,666 \text{ (m}^2 * \text{K/W)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0.04+0,25+0,8+7,14+0,66+0.13)} = 0.110 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}); \quad (2.2.1.2)$$



## 2.2 Įvairaus medžiagiškumo perdangų tarp aukštų energetinio naudingumo skaičiavimai

### 2.2.4. Grindys ant surenkamų gelžbetoninių tarpaukštinių perdangų

Grindų sandara:

- Išlyginamasis sluoksnis;
- Akmens vata;
- Surenkama kiaurymėta gelžbetoninė perdanga;

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,07}{1,15} = 0,06 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,25}{0,031} = 8,065 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,22}{1,3} = 0,169 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0,10+0,06+8,065+0,169+0,10)} = 0,117 \text{ W/(} m^2 * K \text{)}; \quad (2.2.1.2)$$

### 2.2.5. Grindys ant monolitinės tarpaukštinės perdangos

- Išlyginamasis sluoksnis;
- Akmens vata;
- Monolitinė perdanga;

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,07}{1,15} = 0,06 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,25}{0,031} = 8,065 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,25}{2,04} = 0,123 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0,10+0,06+8,065+0,123+0,10)} = 0,118 \text{ W/(} m^2 * K \text{)}; \quad (2.2.1.2)$$

### 2.2.6. Medinės konstrukcijos perdangos grindys

- Konstrukcinė plokštė OSB;
- Medžio plaušo plokštė akustiniai izoliacijai;
- Konstrukcinė plokštė OSB;
- Dvitėjinės sijos LVL su šilumos ir garso izoliacine vata;
- Mediniai tašeliai;
- Gipso plokštė;

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,22}{0,13} = 1,692 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,15}{0,13} = 1,153 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,3}{0,05} = 6,000 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$R_4 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,025}{0,25} = 0,1 \text{ (} m^2 * K/W \text{)}; \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0,1+1,692+1,153+6,0+0,10)} = 0,109 W/(m^2 * K); \quad (2.2.1.2)$$

### 2.3. Įvairaus medžiagiškumo sutapdinto stogo energetinio naudingumo skaičiavimai

#### 2.3.1. Sutapdintas stogas ant kiaurymėtos gelžbetoninės perdangos

- Prilydoma bituminė danga;
- Poliuretano putplastis;
- Garų barjeras;
- Kiaurymėta gelžbetoninė perdanga;

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,03}{0,27} = 0,11 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,30}{0,032} = 9,357 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,22}{1,3} = 0,169 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0,04+0,11+9,357+0,169+0,10)} = 0,102 W/(m^2 * K); \quad (2.2.1.2)$$

#### 2.3.2. Sutapdintas stogas ant monolitinės gelžbetoninės perdangos

- Prilydoma bituminė danga;
- Poliuretano putplastis;
- Garų barjeras;
- Monolitinė gelžbetoninė perdanga;

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,03}{0,27} = 0,11 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,35}{0,032} = 9,357 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,12}{2,04} = 0,059 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0,04+0,11+9,357+0,059+0,10)} = 0,103 W/(m^2 * K); \quad (2.2.1.2)$$

#### 2.3.3. Sutapdintas stogas ant CLT plokštės

- Prilydoma bituminė danga;
- Poliuretano putplastis;
- Garų barjeras;
- CLT

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,03}{0,27} = 0,11 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,25}{0,032} = 7,813 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,19}{0,12} = 1,583 (m^2 * K/W); \quad (2.2.1.1)$$

$$U = \frac{1}{(0,04+0,11+7,813+1,583+0,10)} = 0,104 W/(m^2 * K); \quad (2.2.1.2)$$

Atlikus skaičiavimus visi pastato elementai atitinka daugiabučiui gyvenamajam pastatui keliamus energetinio naudingumo reikalavimus, kad atitiktų A+ klasę pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ nurodytas vertes [44]:

## 2.4. Visuotinio atšilimo lyginamoji analizė

Atlikus energetinio naudingumo skaičiavimus ir parinkus tinkamus išorinių sienų, stogo ir perdangų medžiagų atitiktis ir jų kiekius buvo atliekami CO<sub>2</sub> kiekio skaičiavimai, naudojantis „One Click LCA“ programos bandomąją versiją, kuri visus skaičiavimus atlieka remiantis EN 15804:A2 standartu „Statinių tvarumas. Aplinkosauginės produktų deklaracijos. Pagrindinės taisyklės, taikomos statybos produktų kategorijoms“ (angl. „Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products,,), kuriame nustatytos pagrindinės produktų kategorijų taisyklės, taikomos visiems statybos produktams ir paslaugoms.

Anglies dioksidas išsiskiria natūraliai – kvėpuojant gyvūnams ir skylant biomasei. Jis iš atmosferos yra šalinamas fotosintezės metu, todėl yra svarbus miškų, pievų ir kitos augmenijos išlikimas [47]

EN15804 yra vienas iš svarbiausių tvarumo standartų kuriant aplinkosaugos produktų deklaracijas (EPD) statybos sektoriuje Europos Sąjungoje.

Atliekant skaičiavimus nebuvo atsižvelgiama į energijos ir vandens suvartojimą, statybos aikštelėje vykstančius procesus, priežiūra – remontas, pastato gyvavimo laikotarpis buvo nurodytas 50 metų.

Išskiriamo anglies dvideginio kiekio skaičiavimai A1-A3, A4, bei A5 etapuose, skirtinguose pastato elementuose, buvo apskaičiuoti keturiais skirtingais būdais:

- visuotinis atšilimo potencialas, kurio skaičiuoklės vertės yra sudarytos remiantis EN15804:A2.
- biogeninis visuotinio atšilimo potencialas. Remiantis EN15804:A2 standartu, šis rodiklis atspindi GWP dėl CO<sub>2</sub> pašalinimo į biomasę iš visų šaltinių, išskyrus vietinius miškus, kaip gyvos biomasės surištos anglies perkėlimą iš gamtos į produktų sistemą, paskelbtą GWP-biogeniniu. Šis rodiklis taip pat atspindi GWP dėl bet kokios biogeninės anglies perkėlimo iš ankstesnių produktų sistemų į tiriamą produktų sistemą. Šis rodiklis taip pat apima biogeninį išmetimą į orą iš visų šaltinių, išskyrus vietinius miškus, iš biomasės dėl oksidacijos ar degradacijos (pvz., degimo, kietųjų atliekų šalinimo), taip pat visus biogeninės anglies pernešimus iš biomasės iš visų šaltinių, išskyrus vietinius miškus, į vėlesnes produktų sistemas. biogeninio CO<sub>2</sub> forma. Visi anglies mainai per gyvavimo ciklą (moduliai A–C moduliai), susiję su biogeninės anglies kiekiu vietinių miškų biomasėje, turi būti modeliuojami pagal GWP-luluc pagal naujausią turimą PEF rekomendacinio dokumento versiją. Poveikis deklaruojamas tuose moduluose, kuriuose jie atsiranda. Biogeninio CO<sub>2</sub> pašalinimas į biomasę (išskyrus vietinių miškų biomasę) ir perkėlimas iš ankstesnių produktų sistemų LCIA apibūdinamas kaip -1 kg CO<sub>2</sub> ekv./kg CO<sub>2</sub> patenkant į produktų sistemą. Biogeninio CO<sub>2</sub> išmetimas iš biomasės ir biomasės perkėlimas į paskesnes produktų sistemas (išskyrus vietinių miškų biomasę) apibūdinamas kaip +1 kg CO<sub>2</sub> ekv./kg CO<sub>2</sub> biogeninės anglies, žr. ISO 14067:2018, 6.5.2.
- Visuotinio atšilimo potencialas, LUILUC. Pagal EN15804:A2, šis rodiklis atspindi šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir pašalinimą (CO<sub>2</sub>, CO ir CH<sub>4</sub>), atsirandančius dėl nustatytų anglies atsargų pokyčių, atsiradusių dėl žemės naudojimo ir žemės paskirties

pokyčių, susijusių su deklaruotu / funkciniu vienetu. Šis rodiklis apima biogeninius anglies mainus, atsirandančius, pvz., dėl miškų naikinimo ar kitos dirvožemio veiklos (įskaitant dirvožemio anglies emisiją). GWP-luluc skaičiavimo taisyklės turi atitikti naujausią turimą PEF rekomendacinio dokumento versiją. Kalbant apie vietinius miškus, visi susiję CO<sub>2</sub> išmetimai yra įtraukti ir modeliuojami pagal šią subkategoriją (įskaitant susijusius dirvožemio išmetimus, produktus, gautus iš vietinių miškų, ir likučius). CO<sub>2</sub> įsisavinimas, susijęs su anglies kiekiu biomaseje, patenkančioje į produktų sistemą iš vietinių miškų, yra lygus nuliui. Poveikis deklaruojamas tuose moduluose, kuriuose jie atsiranda. Bet koks grynas anglies atsargų padidėjimas, pagrįstas biomase, įskaitant anglies sunaudojimą dirvožemyje (akumuliaciją), neatsižvelgiama į GWP-luluc ir nustatomas kaip nulis. Kai pateikiami įrodymai, dirvožemio anglies saugojimas gali būti įtrauktas kaip papildoma informacija apie aplinką.

- Visuotinio atšilimo potencialas bendras. Pagal EN15804:A2, bendras visuotinio atšilimo potencialas (GWP-total) yra trijų klimato kaitos subkategorijų, susidedančių iš GWP-iškastinio, GWP-biogeninio ir GWP-luluc, suma.

## 2.5. Visuotinio atšilimo potencialo lyginamosios analizės rezultatai

### 2.5.1. Sienos

Mūro sienos visuotinio atšilimo potencialui skaičiuoti buvo naudojami duomenys, kurie buvo pateikti pastato Brastos g. 22C, Kaunas projekte.

3 lentelė. Mūro sienos medžiagų žiniaraštis

Medžiaga	Kiekis
Silikatinės plytos	3160,42 m <sup>3</sup>
Akmens vata	21,944 m <sup>3</sup>
EPS 100	346,16 m <sup>3</sup>
Medžiaga	Kiekis
Tinkas	2346,43 m <sup>2</sup>
Mūro skiedinys (sausas)	1769,78 kg.
Betonas	99,072 m <sup>3</sup>

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (įsk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e ②
A1-A3 ② Statybinės medžiagos	7,98E+05	0,00E+00	5,29E+02	7,99E+05 <a href="#">Detales</a>
A4 ② Pervežimas į objektą	8,87E+03		3,10E-01	8,87E+03 <a href="#">Detales</a>
A5 ② Statybos/montavimo procesas	4,10E+04		2,67E+01	4,11E+04 <a href="#">Detales</a>
B1 ② Naudojimo fazė	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
B2 Prižiūra				<a href="#">Slepti tuščią</a>
B3 ② Remontas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
B4-B5 ② Medžiagų keitimas ir atnaujinimas				<a href="#">Slepti tuščią</a>
B6 ② Energijos suvartojimas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
B7 ② Vandens naudojimas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
C1-C4 ② Gyvenimo pabaiga	1,41E+04	0,00E+00	4,44E+00	1,41E+04 <a href="#">Detales</a>
D ② Išorinis poveikis (neįskaičiuotas į bendrą sumą)	-6,35E+04		1,12E+01	-6,35E+04 <a href="#">Detales</a>
Iš viso	8,62E+05	0,00E+00	5,60E+02	8,63E+05

#### 4 pav. Mūro sienos visuotinio atšilimo analizės rezultatai

4 lentelė. Gelžbetoninės surenkamos sienos medžiagų kiekių žiniaraštis

Medžiaga	Kiekis
Surenkamas gelžbetonis	2897,058 m <sup>3</sup>
Akmens vata	21,944 m <sup>3</sup>
EPS 100	346,16 m <sup>3</sup>
Tinkas	2346,43 m <sup>2</sup>

Neužbaigtas gyvavimo ciklas pagal Lygio (-iu) apibrėžimus

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (įsk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e ⑦	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e ⑦	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e ⑦	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e ⑦
A1-A3 ⑦ Statybinės medžiagos	9,85E+05	0,00E+00	2,01E-01	9,85E+05 <a href="#">Detales</a>
+ A4 ⑦ Pervežimas į objektą	1,78E+04		6,14E-01	1,78E+04 <a href="#">Detales</a>
+ A5 ⑦ Statybos/montavimo procesas	1,83E+03		5,52E-02	1,83E+03 <a href="#">Detales</a>
+ B1 ⑦ Naudojimo fazė	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
B2 Prižiūra				Slepti tuščią
+ B3 ⑦ Remontas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
+ B4-B5 ⑦ Medžiagų keitimas ir atnaujinimas	2,21E+03		5,98E-03	2,21E+03 <a href="#">Detales</a>
B6 ⑦ Energijos suvartojimas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
B7 ⑦ Vandens naudojimas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00 <a href="#">Detales</a>
+ C1-C4 ⑦ Gyvenimo pabaiga	3,92E+04	0,00E+00	9,67E+00	3,92E+04 <a href="#">Detales</a>
+ D ⑦ Išorinis poveikis (neįskaičiuotas į bendrą sumą)	-3,27E+05		-2,30E+02	-3,27E+05 <a href="#">Detales</a>
Iš viso	1,05E+06	0,00E+00	1,05E+01	1,05E+06
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>				
Bendras vidinis grindų plotas m <sup>2</sup> per metus	3,59E+00	0,00E+00	3,62E-05	3,59E+00
Bendram vidiniams grindų plotui m <sup>2</sup>	1,80E+02	0,00E+00	1,81E-03	1,80E+02

#### 5 pav. Gelžbetonio sienos visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimų rezultatai

5 lentelė. Medienos masyvo surenkamos sienos medžiagų kiekių žiniaraštis

Medžiaga	Kiekis	Komentaras
CLT	1448,529m <sup>3</sup>	CLT kiekis skaičiuojams ir konstrukciniai ir apdailos dalims
EPS 100	346,16 m <sup>3</sup>	
Termo izoliacinis sluoksnis	13168,45 m <sup>2</sup>	
Garų izoliacinis sluoksnis	13168,45 m <sup>2</sup>	

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (įsk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e
A1-A3	5,21E+04	-1,56E+05	1,03E+02	-1,04E+05
A4	8,44E+02		2,95E-02	8,44E+02
A5	6,40E+03		1,72E+01	6,42E+03
B1	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
B2				Slepti tuščia
B3	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
B4-B5				Slepti tuščia
B6	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
B7	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
C1-C4	1,68E+04	1,56E+05	1,49E+00	1,73E+05
D	-2,80E+04		-3,57E+00	-2,80E+04
<b>Iš viso</b>	<b>7,62E+04</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>1,22E+02</b>	<b>7,63E+04</b>
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>				
Bendras vidinis grindų plotas m <sup>2</sup> per metus	2,62E-01	0,00E+00	4,18E-04	2,62E-01
Bendram vidiniams grindų plotui m <sup>2</sup>	1,31E+01	0,00E+00	2,09E-02	1,31E+01

6 pav. CLT sienos visuotinio atšilimo analizės rezultatai

## 2.5.2. Perdangos (grindys)

6 lentelė. Grindys ant gelžbetoninės monolitinės ir gelžbetoninės kiaurymėtos perdangų.

Medžiaga	Kiekis	Komentaras
Išlyginamasis sluoksnis	9,859 m <sup>3</sup>	Išlyginamojo sluoksnio storis 8 mm
EPS 100	3650,593 m <sup>2</sup>	Mineralinės vatos storis 25 mm.
Hidroizoliacija	3650,593 m <sup>2</sup>	
Armatūra	3943,45 kg.	
Monolitinė perdanga	912,648 m <sup>3</sup>	
Surenkama kiaurymėta gelžbetoninė perdanga	3650,593 m <sup>2</sup>	220 mm. storio perdanga. Armatūra įskaičiuota

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (įsk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e
A1-A3	2,43E+05	-1,35E+04	1,74E+02	2,30E+05
A4	1,78E+04		5,59E-01	1,78E+04
A5	1,37E+04		7,48E+00	1,37E+04
B1	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
B2				Slepti tuščia
B3	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
B4-B5	7,03E+04		4,37E+01	7,03E+04
B6	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
B7	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
C1-C4	6,91E+04	1,35E+04	7,47E+00	8,26E+04
D	-7,08E+04		7,61E-01	-7,08E+04
<b>Iš viso</b>	<b>4,14E+05</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>2,33E+02</b>	<b>4,14E+05</b>
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>				
Bendras vidinis grindų plotas m <sup>2</sup> per metus	1,42E+00	0,00E+00	8,00E-04	1,42E+00
Bendram vidiniams grindų plotui m <sup>2</sup>	7,11E+01	0,00E+00	4,00E-02	7,12E+01

## 7 pav. Monolitinė gelžbetoninė perdanga

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (įsk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e	
A1-A3	2,31E+05	-1,35E+04	1,57E+01	2,17E+05	<a href="#">Detalės</a>
A4	3,21E+03		1,12E-01	3,21E+03	<a href="#">Detalės</a>
A5	7,07E+03		1,04E+00	7,07E+03	<a href="#">Detalės</a>
B1	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
B2					<a href="#">Slėpti tuščią</a>
B3	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
B4-B5	7,03E+04		4,37E+01	7,03E+04	<a href="#">Detalės</a>
B6	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
B7	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
C1-C4	6,54E+04	1,35E+04	6,25E+00	7,90E+04	<a href="#">Detalės</a>
D	-6,81E+04		-3,72E+01	-6,82E+04	<a href="#">Detalės</a>
<b>Iš viso</b>	<b>3,77E+05</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>6,67E+01</b>	<b>3,77E+05</b>	
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>					
Bendras vidinis grindų plotas m <sup>2</sup> per metus	1,29E+00	0,00E+00	2,29E-04	1,30E+00	
Bendram vidiniam grindų plotui m <sup>2</sup>	6,47E+01	0,00E+00	1,15E-02	6,48E+01	

## 8 pav. Kiaurymėta gelžbetoninė perdanga

### 7 lentelė. Medinė perdanga

Medžiaga	Kiekis	Komentaras
Konstrukcinė plokštė OSB	3650,593 m <sup>2</sup>	22 mm.
Medžio plaušo plokštė akustinei izoliacijai	3650,593 m <sup>2</sup>	0,012 mm.
Konstrukcinė plokštė OSB	3650,593 m <sup>2</sup>	15 mm.
Dvitėjinės sijos LVL	50 vnt.	16,8 m. ilgio
Medžiaga	Kiekis	Komentaras
Akmens vata	334,71 m <sup>3</sup>	
Mediniai tašeliai	912,648 m <sup>3</sup>	
Gipso kartono plokštė	3650,593 m <sup>2</sup>	

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (isk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e	
A1-A3	5,55E+04	-8,30E+04	1,59E+01	-2,75E+04	<a href="#">Detalės</a>
A4	1,21E+03		4,22E-02	1,21E+03	<a href="#">Detalės</a>
A5	7,56E+03		1,19E+00	7,56E+03	<a href="#">Detalės</a>
B1	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
B2					Slepti tuščia
B3	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
B4-B5	7,03E+04		4,37E+01	7,03E+04	<a href="#">Detalės</a>
B6	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
B7	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>
C1-C4	1,77E+04	8,30E+04	1,54E+00	1,01E+05	<a href="#">Detalės</a>
D	-2,74E+04		-3,55E+00	-2,74E+04	<a href="#">Detalės</a>
<b>Iš viso</b>	<b>1,52E+05</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>6,24E+01</b>	<b>1,52E+05</b>	
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>					
Bendras vidinis grindų plotas m <sup>2</sup> per metus	5,23E-01	0,00E+00	2,14E-04	5,23E-01	
Bendram vidiniams grindų plotui m <sup>2</sup>	2,81E+01	0,00E+00	1,07E-02	2,62E+01	

9 pav. Medinės perdangos visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas

### 2.5.3. Perdanga (stogas)

Pastato stogas įrengtas virs ketvirto ir šešto aukštų. Delis ketvirto aukšto stogo yra eksploatuojama įrengta terasa. Bendras stogo plotas – apie 760 m<sup>2</sup>. Stogas apylygiai yra padalintas į dvi dalis.

8 lentelė. Monolitinė perdanga

Medžiaga	Kiekis	Komentaras
Prilydoma bituminė danga	778,728 m <sup>2</sup>	
EPS 100	194,682 m <sup>3</sup>	
Garų barjeras	778,728 m <sup>2</sup>	
Gelžbetoninės kiaurymėtos perdangos	778,728 m <sup>2</sup>	220 mm. storis
Monolitas	171,32 m <sup>3</sup>	
CLT	147,958 m <sup>3</sup>	



Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (isk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e ②			
A1-A3 ②	Statybinės medžiagos	3,68E+04	0,00E+00	1,64E+01	3,68E+04	<a href="#">Detalės</a>	
+	A4 ②	Pervežimas į objektą	1,76E+03	5,56E-02	1,76E+03	<a href="#">Detalės</a>	
+	A5 ②	Statybos/montavimo procesas	2,12E+03	7,82E-01	2,12E+03	<a href="#">Detalės</a>	
+	B1 ②	Naudojimo fazė	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
B2	Priežiūra					Slepti tuščia	
+	B3 ②	Remontas	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
+	B4-B5 ②	Medžiagų keitimas ir atnaujinimas	1,75E+02	2,32E+00	1,78E+02	<a href="#">Detalės</a>	
B6 ②	Energijos suvartojimas	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
B7 ②	Vandens naudojimas	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
+	C1-C4 ②	Gyvenimo pabaiga	1,43E+04	0,00E+00	1,33E+00	1,43E+04	<a href="#">Detalės</a>
+	D ②	Išorinis poveikis (neįskaičiuotas į bendrą sumą)	-7,01E+03	7,28E-02	-7,01E+03	<a href="#">Detalės</a>	
<b>Iš viso</b>		<b>5,51E+04</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>2,09E+01</b>	<b>5,51E+04</b>		
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>							
Bendras vidinis grindų plotas m2 per metus		1,89E-01	0,00E+00	7,18E-05	1,89E-01		
Bendram vidiniams grindų plotui m2		9,46E+00	0,00E+00	3,59E-03	9,46E+00		

## 10 pav. Monolitinės perdangos (stogo) visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas

Neužbaigtas gyvavimo ciklas pagal Lygio (-iu) apibrėžimus

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (isk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e ②			
A1-A3 ②	Statybinės medžiagos	4,03E+04	0,00E+00	1,34E+00	4,03E+04	<a href="#">Detalės</a>	
+	A4 ②	Pervežimas į objektą	6,40E+02	2,23E-02	6,40E+02	<a href="#">Detalės</a>	
+	A5 ②	Statybos/montavimo procesas	1,49E+03	1,67E-01	1,49E+03	<a href="#">Detalės</a>	
+	B1 ②	Naudojimo fazė	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
B2	Priežiūra					Slepti tuščia	
+	B3 ②	Remontas	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
+	B4-B5 ②	Medžiagų keitimas ir atnaujinimas	1,75E+02	2,32E+00	1,78E+02	<a href="#">Detalės</a>	
B6 ②	Energijos suvartojimas	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
B7 ②	Vandens naudojimas	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<a href="#">Detalės</a>	
+	C1-C4 ②	Gyvenimo pabaiga	1,43E+04	0,00E+00	1,34E+00	1,43E+04	<a href="#">Detalės</a>
+	D ②	Išorinis poveikis (neįskaičiuotas į bendrą sumą)	-1,14E+04	-6,84E+00	-1,14E+04	<a href="#">Detalės</a>	
<b>Iš viso</b>		<b>5,69E+04</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>5,20E+00</b>	<b>5,69E+04</b>		
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>							
Bendras vidinis grindų plotas m2 per metus		1,96E-01	0,00E+00	1,78E-05	1,96E-01		
Bendram vidiniams grindų plotui m2		9,78E+00	0,00E+00	8,92E-04	9,78E+00		

## 11 pav. Gelžbetoninės surenkamos perdangos (stogo) visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas

Rezultatų kategorija	Visuotinio atšilimo potencialas (įsk. +A2) kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC kg CO <sub>2</sub> e ②	Visuotinio atšilimo potencialas bendras kg CO <sub>2</sub> e ②	
A1-A3 ② Statybinės medžiagos	4,38E+04	-1,21E+05	8,12E+01	-7,74E+04	Detales
+ A4 ② Pervežimas į objektą	6,88E+02		2,40E-02	6,88E+02	Detales
+ A5 ② Statybos/montavimo procesas	5,19E+03		1,35E+01	5,20E+03	Detales
+ B1 ② Naudojimo fazė	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	Detales
B2 Prižiūra					Slepti tuščia
+ B3 ② Remontas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	Detales
+ B4-B5 ② Medžiagų keitimas ir atnaujinimas	1,75E+02		2,32E+00	1,78E+02	Detales
B6 ② Energijos suvartojimas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	Detales
B7 ② Vandens naudojimas	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	Detales
+ C1-C4 ② Gyvenimo pabaiga	1,47E+04	1,21E+05	1,28E+00	1,36E+05	Detales
+ D ② Išorinis poveikis (neįskaičiuotas į bendrą sumą)	-2,20E+04		-2,81E+00	-2,20E+04	Detales
<b>Iš viso</b>	<b>6,48E+04</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>9,84E+01</b>	<b>6,47E+04</b>	
<b>Rezultatai pagal vardiklį</b>					
Bendras vidinis grindų plotas m2 per metus	2,22E-01	0,00E+00	3,38E-04	2,22E-01	
Bendram vidiniams grindų plotui m2	1,11E+01	0,00E+00	1,69E-02	1,11E+01	

12 pav. Medinės (CLT) perdangos (stogo) visuotinio atšilimo potencialo skaičiavimas

## 2.6. Rezultatai

9 lentelė. Visuotinio atšilimo potencialas ( A1-A3 fazėje) skirtingo medžiagiškumo konstrukciniuose elementuose.

		Visuotinio atšilimo potencialas įskaitant ir +A2 (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas, LULUC (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas bendras (kg*CO <sub>2</sub> e)
<b>Sienos</b>	<b>Mūras</b>	639000		195	639000
	<b>Monolitas</b>	998000		0,27	104000
	<b>Surenkamas gelžbetonis</b>	985000		0,201	985000
	<b>Medis</b>	52100	-156000	103	-104000
<b>Grindys</b>	<b>Monolitas</b>	243000	-13500	174	230000
	<b>Surenkamas Gelžbetonis</b>	231000	-13500	15,7	217000
	<b>Medis</b>	55500	-83000	15,9	-27500
<b>Stogas</b>	<b>Monolitas</b>	36800		16,4	36800
	<b>Surenkamas Gelžbetonis</b>	40300		1,34	40300
	<b>Medis</b>	43800	-121000	81,2	-77400

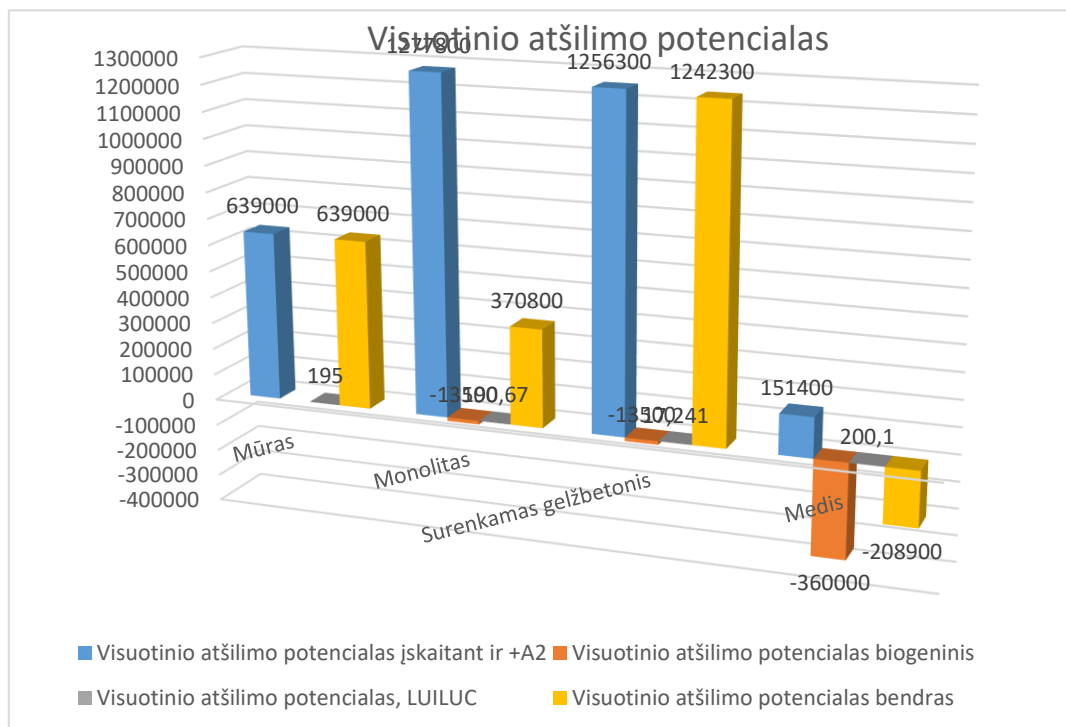
Apibendrinant bendrąjį visuotinio atšilimo potencialą yra akivaizdžiai matomas medinių pastatų pranašumas lyginant su betoniniais ar gelžbetoniniais. Pasirinkus medieną ar jos gaminius, kaip vyraujančią statybinę medžiagą, galime ne tik ženkliai sumažinti procesuose iki kol medžiagos pasiekia stabybų aikštelę išskiriamo anglies dvideginio kiekį, bet pastato gyvevimo laikotarpiu sumažinti aplinkoje esančio CO<sub>2</sub> kiekį, nes kaip anksčiau buvo minėta mediena turi savybę sugerti CO<sub>2</sub>. Remiantis aukščiau pateiktos lentelės duomenimis galime daryti išvadą, kad šiuo atveju įrengiant pastato stogą pasirinkus medieną, kaip vyraujančią medžiagą yra ne tik kompenduojamas išskirto anglies dvideginio kiekis, įrengiant tokio pačio ploto stogą, bet ir dar tiek pat.

Tolimesniuose skaičiavimuose ir jų vertinime nėra analizuojamas mūras, nes jis naudojamas tik išorinių sienų statyboje.

**10 lentelė.** Suminis visuotinio atšilimo potencialas skirtingo medžiagiškumo grupių konstrukciniuose elementuose.

	Visuotinio atšilimo potencialas įskaitant ir +A2 (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas biogeninis (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas, LUILUC (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas bendras (kg*CO <sub>2</sub> e)
<b>Mūras</b>	639000		195	639000
<b>Monolitas</b>	1277800	-13500	190,67	370800
<b>Surenkamas gelžbetonis</b>	1256300	-13500	17,241	1242300
<b>Medis</b>	151400	-360000	200,1	-208900

**11 lentelė.** Visuotinio atšilimo potencialo lyginamasis grafikas.



Vertinant gautus duomenis pastebime, kad visuotinio atšilimo potencialas, kurio vertinimui taikomi nauji (+A2) reikalavimai, pasirinkus surenkamo ir monolitinio gelžbetonio konstrukcijas, lyginant su mediena skiriasi neženkliai. Tačiau LUILUC vertinime skirtumas yra net 11 kartų. Tokį didelį išskiriamą CO<sub>2</sub> kiekio skirtumą lemia tai, kad pasirinkus surenkamo gelžbetonio gaminius į statybų aikštelę jau atkeliauja pagamintas gaminy, kaip tuo tarpu monolitas šioje stadijoje atvyksta dar ne kaip pilnai pagamintas produktas, o kaip atskiri elementai. Panaši situacija ir su biogeniniu potencialu, kuris pasižymi tuo, kad šis potencialas neprideda prie pasaulinio atšilimo, todėl mediena ir išskiria didžiausią kiekį šio CO<sub>2</sub> nes medienos gaminiai, lyginant su kitais, palieka mažiausią pėdsaką tolimesnėse gyvavimo stadijose kintant aplinkai – irstant, degant ir t.t.

**12 lentelė.** Visuotinio atšilimo potencialas ( A4-A5 fazėje) skirtingo medžiagiškumo konstrukciniuose elementuose.

	Visuotinio atšilimo potencialas įskaitant ir +A2 (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas, LUILUC (kg*CO <sub>2</sub> e)	Visuotinio atšilimo potencialas bendras (kg*CO <sub>2</sub> e)
<b>Monolitas</b>	85250	755,28	85350
<b>Surenkamas gelžbetonis</b>	31840	865,34	31840
<b>Medis</b>	21892	988,89	21922

Šiame statybos etape, nėra vertinamas biogeninis CO<sub>2</sub>, kadangi jis išsiskiria nykstant organinėms medžiagoms, kurios nėra naudojamos transportavimui, todėl nėra laikomas šiltnamio efekto sukėlėju.

Vertinant A4-A5 fazėje išskiriamą kg\*CO<sub>2</sub>e kiekį, nors kaip ir A1-A3 fazėse bendras kiekis medienos gaminiuose, lyginant su kitais dviem, yra mažiausias, tačiau LUILUC – didžiausias, nes jis apima biogeninius anglies mainus, kurie atsiranda dėl įvairios ūkinės veiklos, šiuo atveju miškų kirtimo.

**13 lentelė.** Suminė visuotinio atšilimo A1-A5 skirtingo medžiagiškumo konstrukciniuose elementuose.

	Visuotinio atšilimo potencialas įskaitant ir +A2	Visuotinio atšilimo LUILUC potencialas biogeninis	Visuotinio atšilimo potencialas, LUILUC	Visuotinio atšilimo potencialas bendras
<b>Monolitas</b>	1004050	-13500	1140,68	991150
<b>Surenkamas gelžbetonis</b>	1288140	-13500	882,581	1274140
<b>Medis</b>	173292	-360000	1188,99	-186978

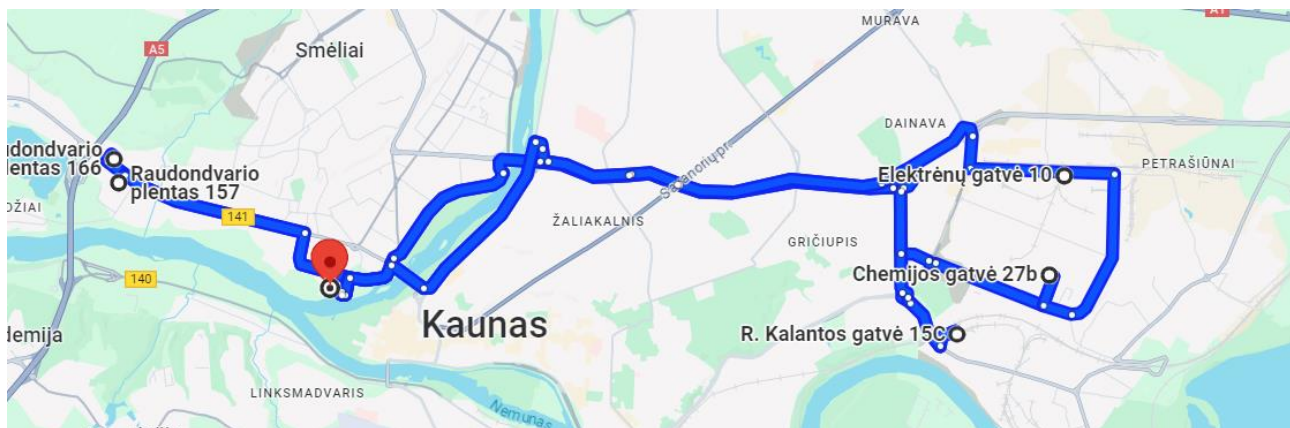
Apibendrinant visų trijų etapų duomenis, bendrasis visuotinio atšilimo potencialas pasirinkus medieną, kaip vyraujančią medžiagą išskirtas antrame ir trečiame etapuose yra kompensuojamas A1-A3 fazėje, kurioje vyraujanti mediena kompensuoja minimalius kitų gretimai naudojamų medžiagų išskiriamus CO<sub>2</sub> kiekius.

Statybos sektorius neapsiriboja tik statybos produktų gamyba ir pačia statyba, dar viena svarbi dedamoji yra logistika, o dar tiksliau krovinių ar medžiagų pervežimas iš gamyklos ar sandėlio į statybviетę. Europos aplinkosaugos biuro 2021 metų duomenimis vidutiniškai sunkiasvoris automobilis į aplinką išskyrė 122,1 gCO<sub>2</sub>\*km. Remiantis šiuo rodikliu buvo apskaičiuota, kiek anglies dvideginio išskiria sunkiasvoris automobilis, kad atvežtų anksčiau tyrime nagrinėtų pastato elementų įrengimui. Įmonės tiekiančios reikiamas medžiagas buvo pasirinktos tos, kurios yra įsikūrusios arčiausiai nagrinėjamo pastato, todėl beveik visos medžiagos buvo gabenamos iš Lemora sandėlio Raudondvario pl., Kaune.

Vertinant suminius duomenis daugiausiai anglies dvideginio į aplinką, transportavimo metu, išskiriama gabenant medines konstrukcijas. Tačiau tam yra konkreti priežastis – CLT gaminiai yra gabenami iš gamyklos įsikūrusios sostinėje.

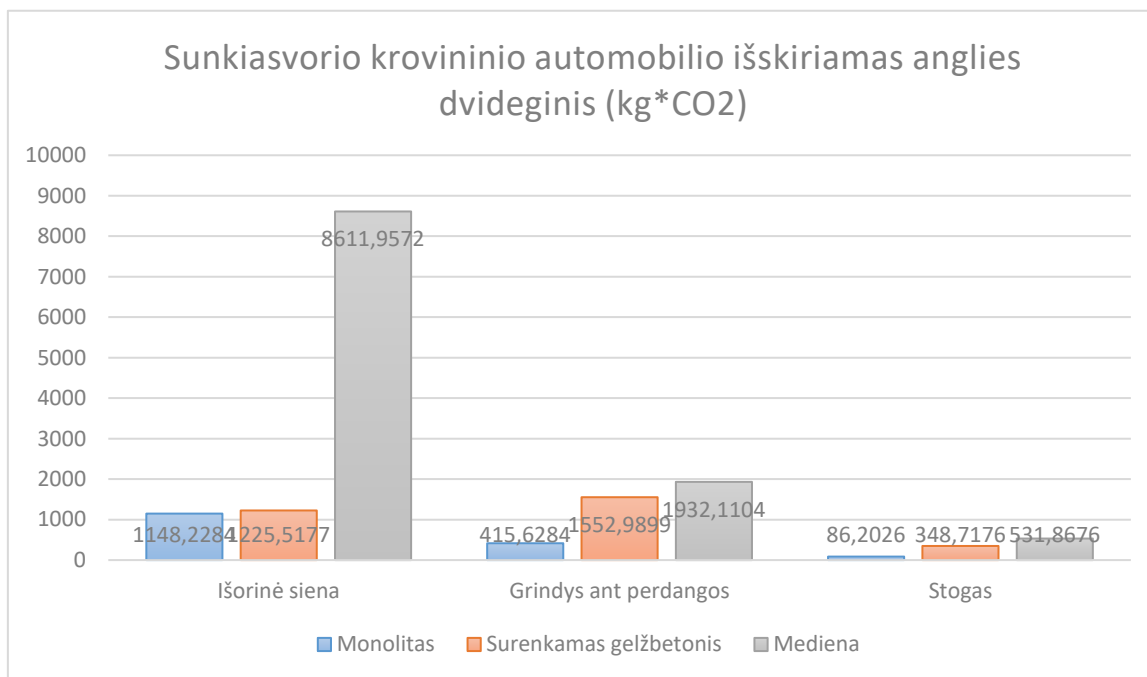


13 pav. Medinės (CLT) transportavimas.



14 pav. Medžiagų transportavimo žemėlapis Kaune.

**14 lentelė.** Sunkiasvorio krovininio automobilio išskiriamas anglies dvideginis (kgCO<sub>2</sub>).

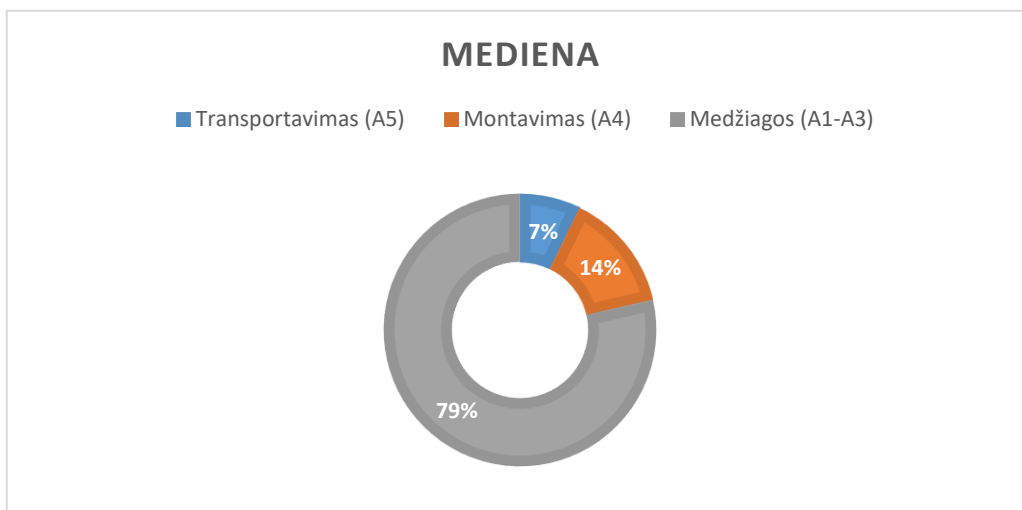


Vertinant bendrąjį visuotinio atšilimo potencialą ir medžiagų transportavimo metu išskiriamus kiekius, gabenant visas medžiagas monolitiniams elementams išskiriama vos 0,16 proc., surenkamiems gelžbetoniniams 0,24 proc., o medienos 5,9 proc. kg\*CO<sub>2</sub>e.

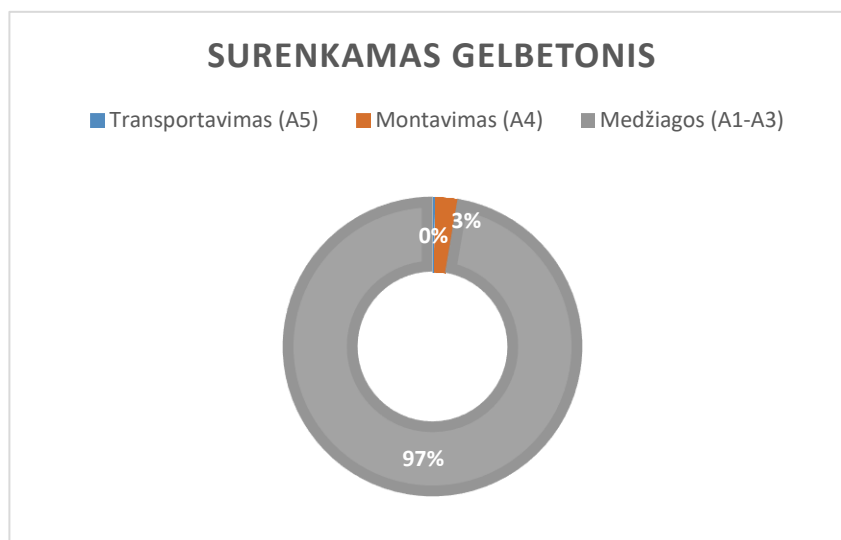
**15 lentelė.** Transportavimo metu išskiriamas visuotinis atšilimo potencialas

	Vyraujanti medžiaga	viso kg*CO <sub>2</sub> e proc.
Siena	Mūras	0,03
	Monolitas	1,1
	Surengamas gelžbetonis	0,12
	Mediena	8,28
Perdanga	Monolitas	0,18
	Surengamas gelžbetonis	0,72
	Mediena	7,03
Stogas	Monolitas	0,23
	Surengamas gelžbetonis	0,87
	Mediena	0,69

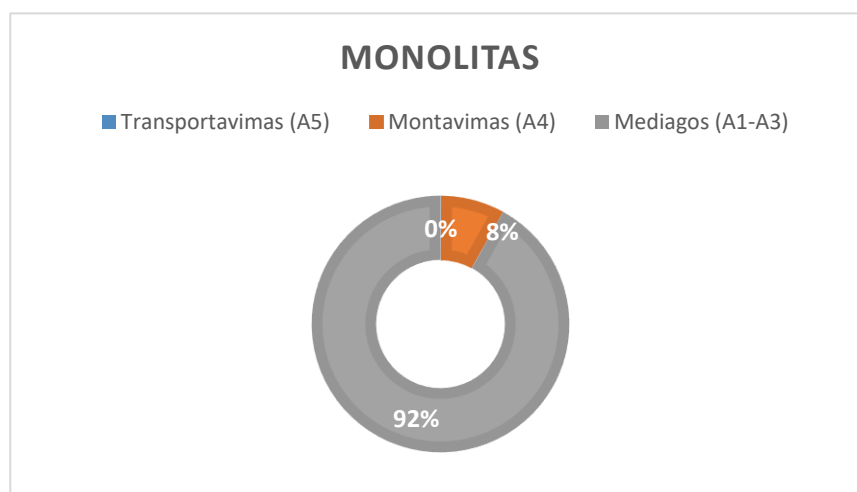
**16 lentelė.** Visuotinio atšilimo potencialas skirtinguose statybos etapuose. Vyraujanti medžiaga – mediena.



**17 lentelė.** Visuotinio atšilimo potencialas skirtinguose statybos etapuose. Vyraujanti medžiaga – surenkamas gelžbetonis.



**18 lentelė.** Visuotinio atšilimo potencialas skirtinguose statybos etapuose. Vyraujanti medžiaga – monolitas.



Išskiriami anglies dvideginio kiekiai, medžiagų transportavimo metu, sąlyginai yra mažai reikšmingi, tačiau taip yra nes didžiąją dalį medžiagų gabename iš vos už kiek daugiau nei 2 km. esančio tiekėjo sandėlio, kuomet yra gabenamos CLT medienos gaminiai iš Vilniaus daroma įtaka globaliniam atšilimui yra kur kas didesnė, taip nebūtų jei objektas būtų statomas Vilniuje ar gamykla būtų įsikūrusi Kaune. Kaip alternatyva, didesnes atstumais, gabenant krovinius yra elektriniai sunkiasvoriai automobiliai, tačiau jie priešingai nei vidaus degimo varikliais varomos transporto priemonės ekonominiu ir ekologiniu požiūriais yra naudingesni miestuose, kuomet eismas yra intensyvus ir automobilis stabdant yra įkraunamas, kaip tuo tarpu greitkelyje jų baterija yra tik iškraunama.



## Išvados

1. Literatūros analizė rodo, kad mediena ir jos gaminiai išgyvena renesansą – mediniai pastatai grįžta į mūsų gyvenimą, tačiau ne tik dėl mažesnių kaštų, bet ir dėl aplinkosauginių veiksnių. Mediniai skydiniai ir moduliniai pastatai galėtų palengvinti nuosavo būsto įsigijimą, dėl greitos ir pigios statybos, tačiau gyvenamiesiems statiniams keliami priešgaisriniai reikalavimai, apriboja tokių statinių statyba arba išaugina jų kainą. Daugumai šalių reikėtų sekti Jungtinės Karalystės, Skandinavijos šalių ir Šiaurės Amerikos bei Australijos pavydžiu, pritaikant jų patirtis pagal savo platumas ir gyvenimo sąlygas. Būtent Europos šalyse (80,3 proc.) ir Šiaurės Amerikoje (14,9 proc.) yra pastatoma daugiausiai 5-7 aukštų medinių daugiaaukščių. Analizėje aptikto tyrimo rezultatai rodo, kad su optimizuotomis medienos konfigūracijomis ir efektyviais CLT tūrinių mazgų tvirtinimo elementais galima sumažinti bendrą visuotinio atšilimo poveikį pastato gaminio stadijoje apie 5% [15], nors tai sąlyginai maža dalis anglies dvideginio, tačiau reikia atkreipti dėmesį, CLT, kaip ir kiti medienos gaminiai turi savybę, pastato gyvavimo laikotarpiu sugerti išskiriamą anglies dvideginį.
2. Atliktus apklausą, siekiant išsiaiškinti visuomenės nuomonę apie statybos sektoriaus daromą įtaką globaliniam atšilimui. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad didelė dalis žmonių – 60,3 proc. apklaustųjų, nežino, kokią didelę įtaką globaliniam atšilimui turi statybos sektorius. Remiantis gautais rezultatais daroma prielaida, kad tai lemia informacijos sklaidos trūkumas, kuri lengvai pasiektų visuomenę. Nepaisant to vis dažniau yra šildymui renkamasi švari energija – įsirengiant oro siurblius oras – vanduo ar k.t., tokią pasirinkimą padarė 14,7 proc. apklaustųjų. Panaši dalis 11,8 proc. nuosavuose namuose yra įsirengę sulės elektrines, kiek rečiau automobiliai su vidaus degimo varikliu keičiami į elektromobilius. Siekiant prisidėti ne tik prie tvarumo, bet ir pasaulinio atšilimo stabdymo vyraujančios medienos būstą daugiaaukščiame pastate rinkęsi jaunesni, 24 – 45 metų, respondentai. O net 13, 30 ir vyresnių, rinkęsi mūro statinį.
3. Visų trijų medžiagų tipų pastato elementai (stogas, perdangos ir išorinės sienos) atitinka A+ klasei keliamus energetinius reikalavimus. Atlikus šiuos skaičiavimus buvo išskaičiuoti tikslūs analizuojamų pastato elementų medžiaga kiekiai ir apskaičiuota keturių tipų visuotinio atšilimo potencialai: visuotinio atšilimo, biogeninis, LUILUC ir bendrasis potencialas. Rezultatai parodė, kad A1-A3 etapuose jei pagrindinė statybinė medžiaga, visame pastate, būtų mediena išsiskirtų beveik 6 kartus mažiau  $\text{kg} \cdot \text{CO}_2\text{e}$  lyginant su surenkamo gelžbetonio ir 2 kartus monolito elementais. Kaip tuo tarpu transportavimo – statybos/montavimo etape išskiriamas dvideginio kiekis medienos ir surenkamo gelžbetonio elementuose buvo sąlyginai panašių reikšmių – LUILUC mediena išskiria 14 proc. daugiau  $\text{CO}_2$ , o bendruoju 45,24 proc. mažiau.
4. Apibendrinant visų trijų etapų duomenis, bendrasis visuotinio atšilimo potencialas pasirinkus medieną, kaip vyraujančią medžiagą išskirtas antrame ir trečiame etapuose yra kompensuojamas A1-A3 fazėje, kurioje vyraujanti mediena kompensuoja minimalius kitų gretimai naudojamų medžiagų išskiriamus  $\text{CO}_2$  kiekius. Tačiau pastatų statyboje yra neatskiriama dedamoji logistika, o dar tiksliau pervežimo paslaugos, vidutiniškai krovininiai automobiliai išskiri 122,2  $\text{gCO}_2 \cdot \text{km}$ , todėl analizuojant šio daugiaaukščio gyvenamojo pastato esančio Brastos g. 22C, Kaune atvejį ir parinkus vyraujančią statybinę medžiagą medieną, bus išskirta beveik 9 kartus daugiau anglies dvideginio išorinių sienų medžiagoms

transportuoti, ketvirtadaliu perdangų ir stogo. Transportavimo metu į aplinką išskiriamos emisijos kiekis yra minimalus, tačiau tai dėl greta esančio statybinio medžiagų sandėlio todėl monolito ir surenkamo gelžbetonio konstrukcijoms įrengti reikalingų medžiagų transportavimas išskiria mažai anglies dvideginio: monolito gaminiams – 0,17 proc. surenkamo gelžbetonio – 0,24 proc. Tačiau dėl pasirinkto medienos gaminių gamintojo iš Vilniaus medienos gaminių gabenimas daro didžiausią poveikį aplinkai ir išskiria 5,9 proc. teršalų.

5. Apibendrinant rezultatus, kad į statybos sektorių mediena, grįžtanti ne kaip apdailos elementas, o kaip konstrukcinė medžiaga, įvedus papildomus įstatyminius saugiklius, kuriais siekiama kiek įmanoma labiau pristabdyti visuotinį atšilimą, dėl savo fizinių savybių ir žemų kaštų taps plačiai naudojama statybinė medžiaga. Jau yra pavyzdžių, kaip mediena galime panaudoti ne tik modulinių namų statyboje, bet ir daugiaaukščiuose pastatuose. Remiantis apklausos duomenimis, aiškiai matomas gyventojų susirūpinimas aplinka kurioje gyvename, gyvenantys senos statybos individualiuose namuose renkasi švarią energiją namų šildymui ir ne tik. Beveik du penktadaliai – 39,7 proc. apklaustųjų rinktųsi gyventi bute, kuriame, kaip konstrukcinė medžiaga vyrauja mediena, nors apie statybos sektoriaus daromą žalą (nuo 30-40 proc. viso CO<sub>2</sub>) nėra plačiai kalbama ir žinoma. Tyrimo metu GWP buvo apskaičiuotas ir patikrintas praktikoje, lyginant skirtingas vyraujančias statybines medžiagas, tame pačiame projekte. Rezultatai parodė kiek kartų mediena išskiria CO<sub>2</sub> mažiau lyginant su kitomis, bet taip pat buvo apskaičiuoti skirtingų medžiagų išskiriamo biogeninio CO<sub>2</sub> kiekiai, kuris neprideda prie atšilimo.

## Literatūros sąrašas

1. „Pasaulio gyventojų skaičiaus kaita“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga: [https://smp2014ge.ugdome.lt/mo/9kl\\_visuomenine\\_geografija/GE\\_DE\\_33/teorine\\_medziaga\\_1.htm](https://smp2014ge.ugdome.lt/mo/9kl_visuomenine_geografija/GE_DE_33/teorine_medziaga_1.htm) | Literatūros šaltinis
2. ABED, J., RAYBURG, S., RODWELL, J. and NEAVE, M., 2022. A Review of the Performance and Benefits of Mass Timber as an Alternative to Concrete and Steel for Improving the Sustainability of Structures. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 9. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85130639746&doi=10.3390%2fsu14095570&partnerID=40&md5=bdfc93f1d7ca35dad3d8453500018949> SCOPUS. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su14095570.
3. AKINER, M.E., AKINER, İ, AKINER, N. and PANCOVSKA, V.Z., 2022. Using Wood as a New Generation Building Material in the Context of Sustainable Development. *Materials Protection*, vol. 63, no. 1. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-7], pp. 68-78. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127148350&doi=10.5937%2fzasm2201068A&partnerID=40&md5=c0282e57f4b625840f8afbad6b8647a2> SCOPUS. ISSN 0351-9465. DOI 10.5937/zasm2201068A.
4. ANGELUCCI, G., MOLLAIOLI, F., MOLLE, M. and PARIS, S., 2022. Performance Assessment of Timber High-Rise Buildings: Structural and Technological Considerations. *Open Construction and Building Technology Journal*, vol. 16. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137308825&doi=10.2174%2f18748368-v16-e2206270&partnerID=40&md5=60a17338ca42f1e4cdac2c160ac034f2> SCOPUS. ISSN 1874-8368. DOI 10.2174/18748368-v16-e2206270.
5. Anon., 1997. *Survey of the Problem with Wood Rot in Coated Exterior Wood Panels in Scandinavia*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-7]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0031332660&partnerID=40&md5=bca0d49a81196d8596e42c8818bf0544> SCOPUS. ISBN 0346-718X.
6. BHANDARI, S., et al, 2023. A Review of Modular Cross Laminated Timber Construction: Implications for Temporary Housing in Seismic Areas. *Journal of Building Engineering*, vol. 63. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141229614&doi=10.1016%2fj.job.2022.105485&partnerID=40&md5=37f6e2c750e7287784a252d5f19a39f7> SCOPUS. ISSN 2352-7102. DOI 10.1016/j.job.2022.105485.
7. CHEN, Z., GU, H., BERGMAN, R.D. and LIANG, S., 2020. Comparative Life-Cycle Assessment of a High-Rise Mass Timber Building with an Equivalent Reinforced Concrete Alternative using the Athena Impact Estimator for Buildings. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 11. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086414015&doi=10.3390%2fsu12114708&partnerID=40&md5=292be6ee9b38ff206829b8e744e959f1> SCOPUS. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su12114708.
8. CHOURASIA, A., SINGHAL, S. and Manivannan, 2023. Prefabricated Volumetric Modular Construction: A Review on Current Systems, Challenges, and Future Prospects. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, vol. 28, no. 1. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85144127616&doi=10.1061%2fPPSCFX.SCENG-1185&partnerID=40&md5=a9ffb3dad127f7e727501820325efd19> SCOPUS. ISSN 1084-0680. DOI 10.1061/PPSCFX.SCENG-1185.

9. DING, C., et al, 2022. A Focused Review of Modular Construction for Medical and Quarantine Facilities. *Journal of Architectural Engineering*, vol. 28, no. 4 . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85139839686&doi=10.1061%2f%28ASCE%29AE.1943-5568.0000565&partnerID=40&md5=ded668db52ef3ba760398cc9b7b4069b> SCOPUS. ISSN 1076-0431. DOI 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000565.
10. FERDOUS, W., et al, 2019. [1]. *Engineering Structures*, vol. 183, pp. 883-893. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-19]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029618334175> ISSN 0141-0296. DOI 10.1016/j.engstruct.2019.01.061.
11. FLACH, M., 2014. *Smart Cities made of Wood, Strategies and Recommendations to Prepare the Timber Industry*. , 10 August 2014 through 14 August 2014. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84925012760&partnerID=40&md5=1db1f84904bcadaa31f38445c874158d> SCOPUS.
12. FRISCHKNECHT, R., et al, 2019. Environmental Benchmarks for Buildings: Needs, Challenges and solutions—71st LCA Forum, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 18 June 2019. *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 24, no. 12 . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]., pp. 2272-2280. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074632907&doi=10.1007%2fs11367-019-01690-y&partnerID=40&md5=f091820c57ece35834cafabaa60b6915> SCOPUS. ISSN 0948-3349. DOI 10.1007/s11367-019-01690-y.
13. GAN, X., LIU, L., WEN, T. and WEBBER, R., 2022. Modelling Interrelationships between Barriers to Adopting Green Building Technologies in China's Rural Housing Via Grey-DEMATEL. *Technology in Society*, vol. 70 . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85132533641&doi=10.1016%2fj.techsoc.2022.102042&partnerID=40&md5=6766213077f2356bb4412edbaec260c4> SCOPUS. ISSN 0160-791X. DOI 10.1016/j.techsoc.2022.102042.
14. GREENE, J.M., HOSANNA, H.R., WILLSON, B. and QUINN, J.C., 2023. Whole Life Embodied Emissions and Net-Zero Emissions Potential for a Mid-Rise Office Building Constructed with Mass Timber. *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 35. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85143497048&doi=10.1016%2fj.susmat.2022.e00528&partnerID=40&md5=28e27eff348071ddcb4e9856d0bead1c1> SCOPUS. ISSN 2214-9937. DOI 10.1016/j.susmat.2022.e00528.
15. HWANG, K.-. and KIM, I., 2022. Post-COVID-19 Modular Building Review on Problem-Seeking Framework: Function, Form, Economy, and Time. *Journal of Computational Design and Engineering*, vol. 9, no. 4 . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. pp. 1369-1387. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85136165558&doi=10.1093%2fjcde%2fqwac057&partnerID=40&md5=1f1dc4afc4215e119c5314cb3f1cfaa7> SCOPUS. ISSN 2288-4300. DOI 10.1093/jcde/qwac057.
16. LIU, S., LIU, Q. and ZHANG, M., 2022. *Research on Modularization of Prefabricated Affordable Housing in Zhengzhou Based on the Concept of Sustainable Development*. , 29 June 2022, . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140089535&doi=10.3233%2fATDE220379&partnerID=40&md5=acb65db10773f83763e27808da3aaddf> SCOPUS. ISBN 9781-643683126(ISBN). DOI 10.3233/ATDE220379.

17. PAN, W., YANG, Y. and YANG, L., 2018. *High-Rise Modular Building: Ten-Year Journey and Future Development*. , 2 April 2018 through 4 April 2018, [. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048642350&doi=10.1061%2F9780784481301.052&partnerID=40&md5=d077c6a8c93abe4520d62795b02f0329> SCOPUS. ISBN 9780-784481301 (ISBN). DOI 10.1061/9780784481301.052.
18. PEI, W., 2022. The Applications of the Green Building Design Concept in Medical Building Design. *Res Militaris*, vol. 12, no. 1 . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. pp. 173-187. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141184017&partnerID=40&md5=beca2277511005b0ae8dabf1559a233d> SCOPUS. ISSN 2265-6294.
19. SMAJLOVIĆ ORMAN, N., MRKONJA, I. and DŽAFO, H., 2023. *Construction of Green Buildings – A Conceptual Framework for Sustainability Implementation*. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-07]. Prieiga per: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141692832&doi=10.1007%2F978-3-031-17767-5\\_20&partnerID=40&md5=16bd6b105957b0ca093a9e2e15ed55f1](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141692832&doi=10.1007%2F978-3-031-17767-5_20&partnerID=40&md5=16bd6b105957b0ca093a9e2e15ed55f1) SCOPUS. DOI 10.1007/978-3-031-17767-5\_20.
20. VANOVA, R., STOMPF, P., STEFKO, J. and STEFKOVA, J., 2021. Environmental Impact of a Mass Timber Building—a Case Study. *Forests*, vol. 12, no. 11 . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119600281&doi=10.3390%2Ff12111571&partnerID=40&md5=43e30143bf90ef117085a92ec0687235> SCOPUS. ISSN 1999-4907. DOI 10.3390/f12111571.
21. 1. KOPPELHUBER, J., HINTERSTEININGER, K. ir HECK, D. *Industrialized Timber Construction: Construction Management Aspects and Influences in Modular Timber Building Systems*. , 2016 m. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85014534337&doi=10.14455%2FISEC.res.2016.101&partnerID=40&md5=3c9d359cffb7529d549fffb7> . DOI 10.14455/ISEC.res.2016.101.
22. 2. ERIKSSON, P.-. Medienos ir kitų statybos metodų lyginamieji LCA . *Pasaulinės medienos inžinerijos konferencijos medžiaga* , 2004 m. 6 psl. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-12]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84903753049&partnerID=40&md5=dd1eaa2605aaaa26cbad68aaa26>
23. 3. DODOO, A., GUSTAVSSON, L. ir SATHRE, R. Mažos energijos naudojančių medinių pastatų sistemų, skirtų daugiaaukščiams gyvenamiesiems namams, gyvavimo ciklo pirminės energijos analizė . *Energija ir pastatai* , 2014, t. 81. 84-97 p. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-12]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814004848> ISSN 0378-7788. DOI 10.1016/j.enbuild.2014.06.003.
24. 4. UGARTE, JJ ir kt. *Medinio lengvo karkaso vidutinio aukščio pastato surinkimas ir montavimo našumas*. , 2021 m. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-10]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85120734478&partnerID=40&md5=e975003b827ddd7bf05047b0b5bd2364> Scopus.
25. 5. TOPPINEN, A. ir kt. „Viskas priklauso nuo projekto“ – verslo ekosistema daugiaaukštėje gyvenamojoje medinėje statyboje Suomijoje . „*Frontiers in Built Environment*“ , 2022, t. 8. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-10]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85143444744&doi=10.3389%2Ffbuil.2022.1046954&partnerID=40&md5=bfa0dbpus74bdec7519b8eedc751> DOI 10.3389/fbuil.2022.1046954.

26. 6. LI, Z. ir TSAVDARIDIS, KD Seisminės atsparios kryžminės laminuotos medienos (CLT) konstrukcijų dizainas: tyrimų apžvalga, nauji ryšiai, iššūkiai ir galimybės . *Pastatai* , 2023, t. 13, Nr. 2. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-10]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85149657517&doi=10.3390%2fbuildings13020505&partnerID=40&md5=82832babd3af6c> DOI 10.3390/pastatai13020505.
27. 7. JORISSEN, A. ir FRAGIACOMO, M. Bendrosios pastabos dėl medinių konstrukcijų plastiškumo . *Inžinerinės konstrukcijos* , 2011, t. 33, Nr. 11. 2987-2997 p. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029611002951> ISSN 0141-0296. DOI 10.1016/j.engstruct.2011.07.024.
28. 8. ZHANG, X., POPOVSKI, M. ir TANNERT, T. Didelės talpos sulaikymas masiniams mediniams pastatams . *Statybos ir statybinės medžiagos* , 2018, t. 164. 688-703 p. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818300199> ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.019.
29. 9. ALAUX, N. ir kt. Medžiagų gamybos, skirtos mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančių statybinių medžiagų atsargoms, ateities tendencijos: perspektyvi makroekonominio masto analizė provincijos lygmeniu . *Švaresnės gamybos žurnalas* , 2023, t. 382. p. 135278. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-04-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622048521> ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2022.135278.
30. 10. AL-SHETWI, A. Tvari atsinaujinančios energijos integruoto energijos sektoriaus plėtra: tendencijos, poveikis aplinkai ir naujais iššūkiais . *Mokslas apie bendrą aplinką* , 2022, t. 8.2. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-03-18]. Prieiga per: [Scopus](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127358404&doi=10.1080%2f17480272.2022.2053204&partnerID=40&md5=abbd197673c444bbc36c44b) . DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.153645.
31. 11. ANGELUCCI, G., MOLLAIOLI, F., MOLLE, M. ir PARIS, S. Medinių aukštybinių pastatų eksploatacinių savybių vertinimas: struktūriniai ir technologiniai aspektai . *Atvira statyba & Statybos technologijų žurnalas* , 2022 m. rugsėjo 15 d., t. 16, Nr. 1. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-06]. CrossRef. ISSN 1874-8368. DOI 10.2174/18748368-v16-e2206270.
32. 12. RAMAGE, MH ir kt. Mediena iš medžių: medienos naudojimas statybose . *Atsinaujinančios ir tvarios energijos apžvalgos* , 2017, t. 68. 333-359 p. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-06]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116306050> ISSN 1364-0321. DOI 10.1016/j.rser.2016.09.107.
33. 13. RAMAGE, MH ir kt. Mediena iš medžių: medienos naudojimas statybose . *Atsinaujinančios ir tvarios energijos apžvalgos* , 2017, t. 68. 333-359 p. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-06]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116306050> ISSN 1364-0321. DOI 10.1016/j.rser.2016.09.107.
34. 14. AL-NAJJAR, A. ir DODOO, A. Modulinė daugiaaukštė konstrukcija su skersine laminuota mediena: gyvavimo ciklo pasekmės aplinkai . *Medienos medžiagų mokslas ir inžinerija* , 2023, t. 18, Nr. 2. 525-539 p. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-06]. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127358404&doi=10.1080%2f17480272.2022.2053204&partnerID=40&md5=abbd197673c444bbc36c44b> DOI 10.1080/17480272.2022.2053204.



43. Medinės konstrukcijos – Klijuota sluoksninė mediena ir klijuota masyvo – Reikalavimai. *Standartas EN 14080*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-11]. Prieiga per: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/35872/74f623c619704c158636b59de91065d9/SIST-EN-14080-2013.pdf>
44. STR 2.01.02:2016 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“. [interaktyvus]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185/asr>
45. „EN 15804+A2 Update and What it Means for EPDs“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-11]. Prieiga per: <https://circularecology.com/en-15804-a2-epd-update.html>
46. „Klimato kaita. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų įtaka visuotiniam atšilimui“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-11]. Prieiga per: <https://www.europarl.europa.eu/news/lt/headlines/society/20230316STO77629/klimato-kaita-siltnamio-efekta-sukeliantiu-duju-itaka-visuotiniam-atsilimui>
47. „Visuomeniniai pastatai: nuo 2024 m. siūlo naudoti ne mažiau kaip 50 proc. medienos ir kitų organinių statybos medžiagų“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-11]. Prieiga per: <https://www.statybunaujienos.lt/naujiena/Visuomeniniai-pastatai-nuo-2024-m-siulo-naudoti-ne-maziau-kaip-50-proc-medienos-ir-kitu-organiniu-statybos-medziagu/19647>



## Priedai

### 1 Priedas. Sertifrikatas už dalyvavimą konferencijoje „Smart Built Environment“

**STUDENT SCIENTIFIC CONFERENCE**

**ktu** faculty of civil engineering and architecture  
1922

# CERTIFICATE


**Akvilė Ulevičė**

Has participated in Student scientific conference  
„SMART BUILT ENVIRONMENT“  
on 24 November 2023

Delivered the presentation:  
Comparative Analysis of Global Warming Emission of High-rise  
Residential Buildings of Different Materials

Dean of the Faculty of Civil  
Engineering and Architecture

Prof. Dr. Andrius Jurelionis



## 2 Priedas. Sutartis su įmone, dėl duomenų panaudojimo

UAB „YIT Lietuva“ | 1

### SUSITARIMAS NR. 1

2023 m. rugsėjo 6 d.  
Kaunas

UAB „YIT Lietuva“, įmonės kodas 133556411, buveinė Karaliaus Mindaugo pr. 35, LT-44307 Kaunas, atstovaujama BIM vadovo Audriaus Leonavičiaus, veikiančio pagal bendrovės išduotą įgaliojimą, toliau vadinama „Bendrove“,

ir

Akvilė Ulevičė, gim. 1999-03-03, gyv. vietos adresas Prienų raj. Skriaudžių k. P. Puskunigio 5., toliau vadinamas „Gavėju“,

toliau kartu vadinami „Šalimis“, o bet kuri iš jų atskirai – „Šalimi“,

sudarė šį susitarimą dėl Bendrovės Gavėjui perduodamos informacijos, toliau vadinama „Susitarimu“ ir susitarė:

#### Kadangi

- Bendrovė disponuoja žiniomis, įgūdžiais, patyrimu (*know-how*) bei informacija (toliau bendrai vadinama – „Informacija“), susijusia su bendrovės strategija, ateities planais, ūkine, finansine, veiklos, technine, valdymo sritimis;
- Gavėjas, būdamas Kauno technologijos universiteto studentas mokslinio darbo rengimo tikslu siekia gauti atitinkamą informaciją iš Bendrovės;

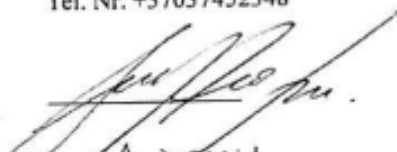
#### Šalys susitaria:

1. Bendrovė ne vėliau kaip per 5 k. d. po šio Susitarimo pasirašymo sutinka neatlygintinai suteikti Gavėjui šią informaciją: Pastato konstrukcinės dalies *ifc* (*angl. Industry Foundation Classes*) modelį bei kitą susijusią informaciją, reikalingą Gavėjui rengiant mokslinį tiriamąjį darbą (toliau – Informacija). Bendrovė suteikia Gavėjui Informaciją elektroniniu paštu, nurodytu šiame Susitarime.
2. Informacijos Gavėjui žinoma, kad iš Bendrovės gauta Informacija yra konfidenciali ir Gavėjas įsipareigoja ją griežtai saugoti bei naudoti tik Gavėjo mokslinio darbo rengimo tikslu. Gavėjas neturi teisės dalintis, viešinti ir/ar atskleisti šios Informacijos tretiesiems asmenims be išankstinio raštiško Bendrovės sutikimo.
3. Apribojimai dėl Informacijos naudojimo ir atskleidimo netaikomi Informacijai, kurią privaloma atskleisti pagal galiojančius įstatymus ar teismo sprendimą, su sąlyga, kad prieš atskleisdamas tokią Informaciją Gavėjas konsultuosis su Bendrove dėl siūlomos atskleidimo formos bei pobūdžio.
4. Gavėjas privalo nedelsiant pranešti Bendrovei, jei jam tapo žinoma ar jis įtarė, kad Informacija buvo atskleista asmenims, neturintiems teisės jos gauti.
5. Gavėjas, parengęs mokslinį darbą, kuriame rėmėsi Bendrovės šio Susitarimo pagrindu pateikta Informacija, įsipareigoja neatlygintinai supažindinti Bendrovę su galutiniu mokslinio darbo turiniu/ rezultatu.
6. Šis Susitarimas neįpareigoja Gavėjo ir Bendrovės sudaryti bet kokių kitų sutarčių.
7. Šis Susitarimas įsigalioja nuo pasirašymo momento.

8. Šis Susitarimas sudarytas, reglamentuojamas ir aiškinamas pagal Lietuvos Respublikos teisę.
9. Bet koks ginčas, nesutarimas ar pretenzija, kylantys iš ar ryšium su šiuo Susitarimu bus sprendžiami abipusėmis Šalių derybomis. Jei nepavyktų susitarti, toks ginčas ar nesutarimas bus sprendžiamas kompetentingame Lietuvos Respublikos teisme.
10. Šis Susitarimas gali būti keičiamas tik raštišku šalių susitarimu. Visi šio Susitarimo papildymai ir priedai galioja tik pasirašius juos abiejų šalių atstovams.
11. Šalis, pažeidusi šį Susitarimą, atsako už tokį šio Susitarimo nuostatų pažeidimą, ir įsipareigoja atlyginti nukentėjusiosios šalies patirtus tiesioginius nuostolius.
12. Bet koks pranešimas ryšium su šiuo Susitarimu privalo būti rašytinis ir privalo būti siunčiamas elektroniniu paštu, nurodytu šiame Susitarime.
13. Šis Susitarimas sudarytas dviem vienodos teisinės galios egzemplioriais, po vieną kiekvienai šaliai.
14. Už Susitarimo vykdymą Bendrovės vardu atsakingu asmeniu skiriama/-as: Audrius Leonavičius, el. paštas: audrius.leonavicius@yit.lt, Tel. Nr. +37061425765.
15. Šiuo Susitarimu Bendrovė ir Gavėjas susitaria dėl asmens duomenų (Gavėjo vardas, pavardė, telefono numeris, elektroninio pašto adresas, kompiuterio IP adresas, gyvenamosios vietos adresas), tvarkymo. Gavėjas sutinka, kad Bendrovė, šio Susitarimo vykdymo tikslais rinktų ir tvarkytų Gavėjo šiame Susitarime nurodytus asmens duomenis, o Bendrovė įsipareigoja gautus Gavėjo asmens duomenis tvarkyti ir saugoti Bendrojo duomenų apsaugos reglamento ir asmens duomenų apsaugą užtikrinančių teisės aktų nustatyta tvarka.
15. Šalių adresai:

**Bendrovė:**

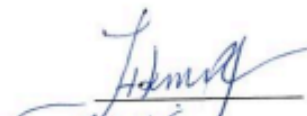
UAB „YIT Lietuva“  
 Įmonės kodas 133556411  
 PVM kodas LT335564113  
 Buveinės adresas: Karaliaus Mindaugo pr. 35,  
 LT-44307 Kaunas,  
 A.s. Nr. LT042140030000013446  
 El. paštas: info@yit.lt  
 Tel. Nr. +37037452348



Audrius  
LEONAVIČIUS

**Gavėjas:**

Akvilė Ulevičė  
 1999-03-03  
 Prienų raj. Skriaudžių k. P. Puskunigio 5.  
 Tel. Nr.: +37064522883  
 El. paštas: akvile.ulevice@ktu.lt



AKVILĖ  
ULEVICĖ

### 3 Priedas. Sunkiasvorio krovininio automobilio išskiriamas CO2 skirtingoms medžiagoms atgabenti

Medžiaga	Kiekis	Matavimo vienetas	Reisų skaičius	Adresas	Atstumas	kgCO2
<b>Mūro siena</b>						
Silikatinės plytos	3160,42	m <sup>3</sup>	41	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	130,1586
Akmens vata	21,944	m <sup>3</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
EPS 100	346,16	m <sup>3</sup>	5	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	15,873
Tinkas	2346,43	m <sup>2</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
Mūro skiedinys (sausas)	1769,78	kg	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
Betonas	99,072	m <sup>3</sup>	15	Raudondvario pl. 157, Kaunas	2,2	40,293
<b>Monolitinės gelžbetoninės sienos</b>						
Betonas C30/37	2897,058	m <sup>3</sup>	414	Raudondvario pl. 157, Kaunas	2,2	1112,087
Armatūra (d=8 mm)	3017,421	kg	1	Chemijos g. 27 B, Kaunas	11,4	13,9194
Akmens vata	21,944	m <sup>3</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
EPS 100	346,16	m <sup>3</sup>	5	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	15,873
Tinkas	2346,43	m <sup>2</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
<b>Gelžbetoninės surenkamos sienos</b>						
Surenkamas gelžbetonis	2897,058	m <sup>3</sup>	73	Elektrėnų g. 10, Kaunas	13,5	1203,296
Akmens vata	21,944	m <sup>3</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
EPS 100	346,16	m <sup>3</sup>	5	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	15,873
Tinkas	2346,43	m <sup>2</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
<b>Medinė siena</b>						
Medžiaga	Kiekis	Matavimo vienetas	Reisų skaičius	Adresas	Atstumas	kgCO2

CLT	1448,529	m <sup>3</sup>	67	Agrastų g. 2, LT-02243 Vilnius	105	8589,735
EPS 100	346,16	m <sup>3</sup>	5	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	15,873
Termo izoliacinis sluoksnis	13168,45	m <sup>2</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
Garų izoliacinis sluoksnis	13168,45	m <sup>2</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
Grindys ant gelžbetoninės surenkamos ir monolitinės perdangų						
Išlyginamasis sluoksnis	9,859	m <sup>3</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
EPS 100	3650,593	m <sup>3</sup>	5	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	15,873
Hidroizoliacija	3650,593	m <sup>3</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
Armatūra	3943,45 kg.	kg	1	Chemijops g. 27 B, Kaunas	11,7	14,2857
Monolitinė perdanga	912,648	m <sup>3</sup>	23	Elektrėnų g. 10, Kaunas	13,5	379,1205
Surenkama kiaurymėta gelžbetoninė perdanga	3650,593	m <sup>2</sup>	92	Elektrėnų g. 10, Kaunas	13,5	1516,482
Medinė perdanga						
Konstruktinė plokštė OSB	3650,593	m <sup>2</sup>	2	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	6,3492
Medžio plaušo plokštė akustinei izoliacijai	3650,593	m <sup>2</sup>	2	Agrastų g. 2, LT-02243 Vilnius	105	256,41
Konstruktinė plokštė OSB	3650,593	m <sup>2</sup>	2	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	6,3492
Dvitėjinės sijos LVL	50	Vnt.	5	Agrastų g. 2, LT-02243 Vilnius	105	641,025
Akmens vata	334,71	m <sup>3</sup>	5	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	15,873
Mediniai tašeliai	912,648	m <sup>3</sup>	1	R. Kalantos g. 15C, Kaunas	10,2	12,4542
Gipso kartono plokštė	3650,593	m <sup>2</sup>	47	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	149,2062
Perdanga						
<b>Medžiaga</b>	<b>Kiekis</b>	<b>Matavimo vienetas</b>	<b>Reisų skaičius</b>	<b>Adresas</b>	<b>Atstumas</b>	<b>kgCO2</b>

Prilydoma bituminė danga	778,728	m <sup>2</sup>	2	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	6,3492
EPS 100	194,682	m <sup>3</sup>	3	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	9,5238
Garų barjeras	778,728	m <sup>2</sup>	1	Raudondvario pl. 166, Kaunas	2,6	3,1746
Gelžbetoninės kiaurymėtos perdangos	778,728	m <sup>2</sup>	20	Elektrėnų g. 10, Kaunas	13,5	329,67
Monolitas	171,32	m <sup>3</sup>	25	Raudondvario pl. 157, Kaunas	2,2	67,155
CLT	147,958	m <sup>2</sup>	4	Agrastų g. 2, LT-02243 Vilnius	105	512,82