



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

**Guoda Jonaitytė**

**ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO GALIMYBĖS  
INDIVIDUALIUOSE NAMUOSE IR JŲ ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Irina Kliopova

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

**ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO GALIMYBĖS**  
**INDIVIDUALIUOSE NAMUOSE IR JŲ ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas  
**Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba**

**(kodas 621H17002)**

**Vadovas**

Doc. dr. Irina Kliopova

**Recenzentas**

Doc. dr. Jolanta Dvarionienė

**Projektą atliko**

Guoda Jonaitytė

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Guoda Jonaitytė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Energijos intensyvumo mažinimo galimybės individualiuose namuose ir jų įvykdomumo analizė“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 \_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Guodos Jonaitytės**, baigiamasis projektas tema „Energijos intensyvumo mažinimo galimybės individualiuose namuose ir jų įvykdomumo analizė“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardas ir pavardė)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

## TURINYS

TURINYS .....	4
LENTELIŲ SĄRAŠAS .....	6
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS .....	8
SANTRUMPŲ SĄRAŠAS .....	9
SANTRAUKA .....	10
SUMMARY .....	12
ĮVADAS.....	14
1. ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO GALIMYBĖS GYVENAMOSIOS PASKIRTIES PASTATUOSE .....	16
1.1 Pirminės ir galutinės energijos sunaudojimo namų ūkyje statistiniai duomenys.....	16
1.2 Gyvenamiesiems pastatams taikomi STR ir HN reikalavimai.....	20
1.3 Teisiniai įrankiai ir priemonės, skatinantys mažinti energijos intensyvumą .....	22
1.4 Energijos intensyvumo mažinimo galimybės gyvenamuosiuose namuose .....	25
1.5 Atsinaujinančių išteklių panaudojimas energijos gamyboje .....	28
1.5.1 Saulės energijos panaudojimas karštam vandeniui ruošti individualiuose namuose.....	30
1.5.2 Biokuro panaudojimas šilumos gamybai individualiuose namuose.....	31
2. ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMUI INDIVIDUALIAME NAME GALIMYBIŲ ĮVERTINIMUI TAIKOMI METODAI .....	34
3. INDIVIDUALAUS NAMO ENERGIJOS INTENSYVUMO ANALIZĖ IR PROBLEMATIKA ..	41
3.1. Individualaus namo pradinis energijos intensyvumo įvertinimas ir poveikio aplinkos orui analizė (pastato pirminis įvertinimas).....	41
3.2. Pastato energetinis vertinimas: pagrindinių energijos vartojimo intensyvumo problemų nustatymas .....	45
4. ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO GALIMYBĖS INDIVIDUALIAME GYVENAMAJE PASTATE IR JŲ ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ .....	52
4.1. Apšvietimo sistemos modernizavimo individualiame name įvykdomumo analizė .....	52
4.2. Pastato grindų virš nešildomo pogrindžio energetinės būklės gerinimas .....	56
4.3. Šiluminės energijos gamybos modernizavimo įvykdomumo analizė .....	60
4.4. Karšto vandens paruošimo, naudojant saulės kolektorių sistemą, įvykdomumo analizė.....	65

5	ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO ALTERNATYVŲ ĮDIEGIMO INDIVIDUALIAME NAME ENERGETINIO, APLINKOSAUGINIO IR EKONOMINIO VEIKSMINGUMO ĮVERTINIMAS .....	71
---	---	----

IŠVADOS .....	77
---------------	----

PRIEDAI .....	86
---------------	----

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 LENTELĖ. SUNAUDOTOS GALUTINĖS ENERGIJOS KIEKIS PAGAL ŪKIO SEKTORIUS, LIETUVOJE, TŪKST. TNE....	18
2 LENTELĖ. NAMŲ ŪKIUOSE SUNAUDOJAMAS ENERGIJOS KIEKIS IR SUNAUDOJAMAS ENERGIJOS KIEKIS VIENAM GYVENTOJUI, LIETUVOJE, TNE/GYV.....	19
3 LENTELĖ. GALUTINĖS ENERGIJOS INTENSIVUMAS, TNE/MLN. EUR SUKURTO BVP.....	20
4 LENTELĖ. VIENO IR DVIEJŲ BUTŲ GYVENAMŲJŲ NAMŲ GYVAVIMO TRUKMĖ PRIKLAUSOMAI NUO MEDŽIAGŲ, IŠ KURIŲ JISAI YRA PASTATYTAS.....	21
5 LENTELĖ. GYVENAMŲJŲ PATALPŲ IR LANKYTOJAMS SKIRTŲ VISUOMENINIŲ PATALPŲ MIKROKLIMATO PARAMETRŲ RIBINĖS VERTĖS.....	21
6 LENTELĖ. GYVENAMŲJŲ PASTATŲ (JŲ DALIŲ) ATITVARŲ LEISTINIOSIOS ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTŲ $U_1$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ ) VERTĖS IR NORMINĖS C IR B KLASĖS PASTATŲ (JŲ DALIŲ) VERTĖS.....	22
7 LENTELĖ. PLONŲ SLUOKSNIŲ (PLĖVELIŲ, KARTONO IR KT.) ŠILUMINĖ VARŽA $R_0$ :.....	37
8 LENTELĖ. VIDINIO IR IŠORINIO PAVIRŠIŲ ŠILUMINĖS VARŽOS $R_{si}$ IR $R_{se}$ ( $m^2 \cdot K/W$ ).....	37
9 LENTELĖ. AKMENS ANGLIŲ IR MEDIENOS GRANULIŲ CHARAKTERISTIKOS, NAUDOJAMOS SKAIČIAVIMAMS....	39
10 LENTELĖ. ELEKTROS ENERGIJOS SĄNAUDOS INDIVIDUALIAME NAME.....	46
11 LENTELĖ. INDIVIDUALAUS PASTATO SIENŲ, COKOLIO, STOGO, GRINDŲ, LAUKO DURŲ IR LANGŲ ŠILUMINĖS VARŽOS $R$ , $m^2 \cdot K/W$ , ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTAS $U$ , $W/(m^2 \cdot K)$ IR ŠILUMOS NUOSTOLIŲ ĮVERTINIMAS $MWh/M$ . ....	47
12 LENTELĖ. INDIVIDUALAUS NAMO ATITVARŲ PLOTAI IR ŠILUMINĖS TECHNIKOS CHARAKTERISTIKOS.....	49
13 LENTELĖ. ENERGIJOS SĄNAUDŲ INDIKATORIAI ANALIZUOJAMAME INDIVIDUALIAME NAME ( $S_{NAUDINGAS} - 156,01 m^2$ ).....	50
14 LENTELĖ. NAUDOJAMŲ KAITRINIŲ LEMPŲ (E27) TECHNINIAI PARAMETRAI.....	53
15 LENTELĖ. SIŪLOMŲ LED LEMPŲ (E27) TECHNINIAI PARAMETRAI.....	54
16 LENTELĖ. SIŪLOMŲ LED LEMPŲ (E27) METINĖS ELEKTROS ENERGIJOS SĄNAUDOS.....	54
17 LENTELĖ. GYVENAMŲJŲ PATALPŲ APŠVIETIMO SISTEMOS MODERNIZAVIMO EKONOMINIS IR APLINKOSAUGINIS ĮVERTINIMAS.....	55
18 LENTELĖ. PARINKTŲ NAUJŲ LEMPŲ IR DAVIKLIO INVESTICIJOS.....	56
19 LENTELĖ. INDIVIDUALAUS GYVENAMOJO PASTATO GRINDŲ VIRŠ NEŠILDOMO RŪSIO ŠILUMINĖS VARŽOS $R$ , $m^2 \cdot K/W$ , IR ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTO $U$ $W/(m^2 \cdot K)$ , ESAMOS SITUACIJOS IR NUMATOMOS VERTINIMAS.....	57
20 LENTELĖ. ŠILUMINĖS ENERGIJOS GAMYBOS, REKONSTRAVUS PERDANGĄ VIRŠ NEŠILDOMO RŪSIO, EKONOMINIS IR APLINKOSAUGINIS ĮVERTINIMAS.....	59
21 LENTELĖ. GRINDŲ VIRŠ NEŠILDOMO RŪSIO REKONSTRUKCIJOS INVESTICIJOS.....	59
22 LENTELĖ. ŠILUMINĖS ENERGIJOS GAMYBOS, AKMENS ANGLIS PAKEIČIANT MEDIENOS GRANULĖMIS, EKONOMINIS IR APLINKOSAUGINIS ĮVERTINIMAS.....	62
23 LENTELĖ. BOKURO GRANULĖMIS KŪRENAMO KATILO ĮDIEGIMO INVESTICIJOS.....	63

24 LENTELĖ. ŠILUMINĖS ENERGIJOS GAMYBOS, GAMTINĖS DUJAS PAKEIČIANT MEDIENOS GRANULĖMIS, EKONOMINIS IR APLINKOSAUGINIS ĮVERTINIMAS .....	64
25 LENTELĖ. ŠŠK PAGAMINTOS ŠILUMOS ENERGIJOS KIEKIO kWh PALYGINIMAS SU POREIKIU INDIVIDUALIAME NAME .....	67
26 LENTELĖ. SAULĖS KOLEKTORIŲ ĮRENGIMO INDIVIDUALIAME NAME EKONOMINIS IR APLINKOSAUGINIS ĮVERTINIMAS.....	68
27 LENTELĖ. ŠŠK ĮRENGIMO INVESTICIJOS .....	68
28 LENTELĖ. ENERGIJOS SAŃNAUDŲ INDIKATORIŲ INDIVIDUALIAME NAME PRIĖŠ PASIŪLYMŲ ĮDIEGIMĄ IR PO JŲ, VERTINIMAS(NAUDINGASIS PLOTAS – 156,01 m <sup>2</sup> ).....	73
28 LENTELĖ. ENERGIJOS SAŃNAUDŲ INDIKATORIŲ INDIVIDUALIAME NAME ESAMA SITUACIJA IR MODERNIZAVUS APŠVIETIMO IR ŠILDYMO SISTEMAS, VERTINIMAS(NAUDINGASIS PLOTAS 156,01 m <sup>2</sup> ).....	75

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 PAVEIKSLAS. ENERGIJOS SAŃAUDOS LIETUVOJE, MLN.TNE.....	17
2 PAVEIKSLAS. ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGIJOS DALIS BENDRAME GALUTINĖS ENERGIJOS SUVARTOJIME, %.....	17
3 PAVEIKSLAS. GALUTINĖS ENERGIJOS SUVARTOJIMAS NAMŲ ŪKIUOSE, 2014 M., % .....	19
4 PAVEIKSLAS. METODAI, TAIKOMI VERTINTI ENERGIJOS INTENSIVUMO MAŽINIMO GALIMYBES INDIVIDUALIAME NAME (PASTATAS – ESAMAS INDIVIDUALUS NAMAS).....	35
5 PAVEIKSLAS. ELEKTROS ENERGIJOS SAŃAUDŲ MATUOKLIS .....	36
6 PAVEIKSLAS. TYRIMUI PARINKTO INDIVIDUALAUS GYVENAMOJO NAMO MEDŽIAGŲ IR ENERGIJOS BALANSAS BEI ŠILUMOS ENERGIJOS GAMYBOS KURO IR ENERGIJOS BALANSAS .....	44
7 PAVEIKSLAS. GYVENAMŲJŲ PATALPŲ APŠVIETIMO SISTEMOS METINIS MEDŽIAGŲ IR ENERGIJOS BALANSAS (ESAMA BŪKLĖ) .....	53
8 PAVEIKSLAS. GYVENAMŲJŲ PATALPŲ APŠVIETIMO SISTEMOS METINIS MEDŽIAGŲ IR ENERGIJOS BALANSAS MODERNIZAVUS SISTEMĄ .....	55
9 PAVEIKSLAS. INDIVIDUALAUS GYVENAMOJO PASTATO STOGAS IR SK PASTATYMO OPTIMALI VIETA .....	69
10 PAVEIKSLAS. TYRIMUI PARINKTO INDIVIDUALAUS GYVENAMOJO NAMO MEDŽIAGŲ IR ENERGIJOS BALANSAS BEI ŠILUMOS ENERGIJOS GAMYBOS KURO IR ENERGIJOS BALANSAS .....	72



## SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

AAI – atsinaujinantys energijos ištekliai

AE – atominė elektrinė

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai

BVP – bendrasis vidaus produktas

ES – Europos Sąjunga

CO – anglies monoksidas

CO<sub>2</sub> – anglies dioksidas

KD – kietosios dalelės

LAEIF- Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas

LED – šviesos diodų lempos

n. k. – naudingumo koeficientas

NO<sub>x</sub> – azoto oksidai

PAV – poveikio aplinkai vertinimas

SO<sub>2</sub> – sieros dioksidas

SŠK – saulės šildymo kolektorius

STR – statybos techninis reglamentas

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

ŠG – Švaresnė gamyba

TNE – tona naftos ekvivalentu

VŠK – vandens šildymo katilas

Jonaitytė Guoda, Energijos intensyvumo mažinimo galimybės individualiuose namuose ir jų įvykdymo analizė. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, bendroji inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: *gyvenamosios paskirties individualūs pastatai, energijos intensyvumas, energijos efektyvumas, atsinaujinantys energijos ištekliai, įvykdymo analizė.*

Kaunas, 2016. 88 p.

## **SANTRAUKA**

Esamų statinių rekonstravimas ir modernizavimas atlieka svarbų vaidmenį nacionaliniu mastu. Siekiant sumažinti energijos intensyvumą pastatuose, būtina gerinti jų būklę. Yra daug būdų kaip sumažinti energijos vartojimo intensyvumą, pvz. modernizuojant šildymo ir vėdinimo sistemas, naudojant energiją taupančius prietaisus, iškastinį kurą pakeičiant AEI.

Pasaulyje daugelis pastatų vis dar yra energetiškai neefektyvus. Šiuo metu Lietuvoje daugiau nei pusė gyvenamųjų namų yra senos statybos ir prastos energetinės būklės. Individualus namas tai antras pagal populiarumą būstas, todėl šių namų renovacija padėtų sumažinti energiją nacionaliniu mastu.

Darbo tikslas – išanalizuoti pirminės ir antrinės energijos naudojimo esamuose individualiuose namuose intensyvumo mažinimo galimybes bei įvertinti jų įdiegimo aplinkosauginį ir ekonominį efektyvumą.

Darbo objektas – gyvenamosios paskirties individualūs namai (esami statiniai). Eksperimentui parinktas standartinis apie 20 metų senumo statinys (plotas – iki 200 m<sup>2</sup>), kuriame jau buvo atliktos kelios energijos intensyvumo mažinimo renovacijos.

Tyrimo metodikoje integruoti keli moksliniai metodai, kurių taikymo pagrindinė idėja – įvertinti individualaus gyvenamojo pastato energetinio efektyvumo didinimo galimybes: energetinis auditas, medžiagų ir energijos balansas, kuro ir energijos balansas, Švaresnės gamybos (ŠG) diegimo koncepcijos įvykdymo analizė (techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas), aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas, kt.

Tyrimo metu buvo įvertinta esama pastato būklė, nustatytos pagrindinės problemos, susijusios su neefektyviu pirminės ir antrinės energijos naudojimu ir jų priežastys. Siekiant sumažinti energijos vartojimo intensyvumą, darbe siūlomos 4 alternatyvos ir atlikta jų išsami įvykdymo analizė. Siūloma modernizuoti namo apšvietimo sistemą, pakeičiant neefektyvias kaitrines lempas į energetiškai efektyvias šviesos diodų lempas. Kambariuose, kuriuose nėra dienos šviesos apšvietimo buvo siūloma įrengti judesio daviklius. Taip pat siūloma apšiltinti grindis virš namo nešildomo pagrindžio, modernizuoti šilumos gamybos sistemą, pereinant prie atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) – biokuro granulių naudojimo ir įdiegti saulės šildymo kolektorių (SŠK) karšto vandens gamybai.

Gauti rezultatai parodė, kad apšvietimo sistemos modernizavimas gyvenamosios paskirties name gali sumažinti elektros energijos sąnaudas net iki 87 %. Papildomai apšiltinus perdangą virš nešildomo rūšio būtų galima sutaupyti virš 20 % šilumos energijos sąnaudų pastate. Biokuro granulių katilo įdiegimas vietoj esamo akmens anglimis kūrenamo katilo leistų 12 % padidinti šilumos gamybos efektyvumą, sumažinti šilumos gamybos

nuostolius, oro taršą iki 0,218 t/m. ir ŠESD kiekį (iki 100 %). Įdiegus saulės kolektorių sistemą būtų galima sutaupyti 620,24 kWh/m. elektros energijos (iki 10 proc. nuo bendrų sąnaudų) ir 1,037 MWh/m. šilumos energijos (iki 3,7 proc. nuo bendrų sąnaudų).

Atlikus santykinį aplinkos apsaugos indikatorių lyginamąją analizę, buvo nustatyta, kad diegiant visus siūlomus projektus vienu metu galima pasiekti reikšmingai geresnių rezultatų energetinio efektyvumo srityje: energijos intensyvumas sumažėtų ~ 28 % (nuo 216,8 kWh/m<sup>2</sup>/m. namo naudingojo ploto iki 156,03 kWh/m<sup>2</sup>/m.)

Ekonominio įvertinimo rezultatų analizė parodė, kad elektros energijos taupymo projektas – tikrai Švaresnės Gamybės, kadangi be aplinkosauginio efekto pasiekama ekonominė nauda, ir investicijos atsiperka iki 2 metų. Ekonomija dėl biokuro granuliu VŠK įdiegimo gaunama tik tuomet, jeigu vertinamas darbo sąnaudų sumažėjimas. Nepaisant reikšmingos aplinkosauginės naudos, investicijos į perdangos virš nešildomo rūšio apšiltinimui atsiperka labai ilgai, ir reikia ieškoti kitų metodų mažinti pastato šilumos energijos naudojimo intensyvumą. Taip pat SŠK naudojimas vandens pašildymui ekonomiškai naudingas tik tuomet, jeigu būtų kur realizuoti pagamintą perteklinę šilumos energiją vasaros metu.

Jonaitytė, Guoda. Feasibility Analysis Of Innovations For Individual Houses In Area Of Minimization Of Energy Intensity: *Master's thesis in Environmental Management and Cleaner Production / supervisor assoc. prof. Irina Kliopova. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: General Engineering, Environmental Engineering

Key words: *individual house, energy intensity, energy efficiency, renewable energy resources, feasibility analysis*

Kaunas, 2016. 88 p.

## **SUMMARY**

Rebuilding and modernization of existing buildings plays an important role nationwide. It is necessary to improve condition of buildings in order to reduce energy intensity. There are many ways to reduce energy intensity: modernization of heating and ventilation systems; application of energy-saving devices; replace of fossil fuel to renewable energy sources (RES).

Most of the buildings around the world are still ineffective in terms of energy consumption. Currently more than a half of residential buildings in Lithuania are old and have poor energetic characteristics. An individual house is the second most popular type of accommodation; therefore renovation of these buildings could significantly reduce energy consumption at the national scale.

Aim of the thesis is to analyze the measures to reduce consumption of primary and secondary energy in existing residential buildings, as well as to assess environmental and economic effects of these measures.

Object of the thesis is residential individual buildings (existing buildings). The experiment was conducted with a standard 20 years old building (up to 200 m<sup>2</sup>), which already had some projects, aiming to reduce energy intensity.

Methodology of the research includes few different techniques. All these techniques have the same major idea – to assess the measures to increase energy effectiveness of individual residential building: energy auditing, balance of materials and energy, balance of fuel and energy, implementation analysis of cleaner production (technical, environmental and economic assessment), assessment of environmental efficiency etc.

The research included assessment of the building's current condition and assessment of major problems, related to ineffective consumption of primary and secondary energy. Following the research, four alternatives are proposed to reduce the intensity of energy consumption, including the feasibility study of the alternatives. It is proposed to modernize the lighting system by replacing ineffective incandescent lamps to more effective LED lamps. Motion sensors are recommended for the rooms without any natural day light. It is also proposed to insulate the ground flooring above unheated space, modernize heat production system by switching to the RES and install solar energy collector for the production of hot water.

Obtained results revealed that modernization of lighting system in residential building could help saving up to 87 % of electricity. Additional insulation of the floor above the unheated basement could help saving more than 20 % of building's total heating energy. Transition towards the pellet fuel instead of a coal could help increase efficiency of heat production by 12 %, as well as reduce the loss of heat production, air pollution (down to 0.218

t/y) and emissions of the greenhouse gas (up to 100 %). Installation of solar energy collector system could help saving up to 620.24 kWh/y of electricity (up to 10 % of total consumption) and up to 1.037 MWh/y of heating energy (up to 3.7 % of total consumption).

Comparative analysis of relative environmental indicators revealed that simultaneous installation of all mentioned innovations could help achieve significantly better results in the field of energy efficiency: energy intensity would reduce approx. 28 % (from 216.8 kWh/m<sup>2</sup>/y to 156.03 kWh/m<sup>2</sup>/y per useful space of the building).

Analysis of the economic assessment results revealed that the project of electricity saving is a genuine project of cleaner production, which includes not only environmental effect, but also economic benefit and the payback period is up to 2 years. Economy of the pellet fuel installation is achieved only if the reduction of labour input is considered. However, despite of environmental benefit, payback period of the investment into insulation of the floor above the unheated basement is too long and other alternatives should be considered to reduce the intensity of heating energy consumption in the building. Also, use of solar energy collector for water heating is economically beneficial only when there are alternative ways to realize excessive heat energy in the warm season.

## ĮVADAS

**Temos aktualumas ir problematika.** Darnus energijos išteklių naudojimas tai vienas iš pagrindinių būdų sumažinti neigiamą energijos poveikį mus supančiai aplinkai. Taupus energijos naudojimas, modernių, tausojančių energiją, technologijų įdiegimas ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas prisideda prie efektyvaus energijos naudojimo, bei energijos intensyvumo mažinimo.

Senkantys energijos ištekliai, didėjanti iškastinio kuro kaina verčia susimąstyti apie alternatyvius energijos išteklius. Pastatų sektorius turi vieną iš didžiausių potencialų, galinčių sumažinti išmetamų teršalų kiekį ir pirminės energijos sąnaudas. *Europos parlamento ir tarybos 2010/31/ES direktyvoje* teigiama, kad pastatų sektoriuje suvartojama 40 % visos ES suvartojamos energijos. Trečdalis šio kiekio sunaudojama pramoninės, komercinės, bei visuomeninės paskirties pastatuose, o likusi dalis – gyvenamuosiuose namuose (Gurskis et al. 2008). Esamų statinių energetinio efektyvumo gerinimas atlieka svarbų vaidmenį siekiant sumažinti energijos intensyvumą ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų taršą (Alev et al. 2015).

Siekiant tvarios energetinės plėtros, vis didesnis dėmesys skiriamas esamų pastatų modernizavimui. Šiame darbe esamas pastatas – 1995 m. statybos individualus gyvenamosios paskirties namas. Pastatų energinio naudingumo sertifikavimas Lietuvoje prasidėjo 2007 m., o nuo 2013 m. *Statybos įstatymo* nuostatose numatyta, kad parduodant ar išnuomojant būstą privalu pateikti pirkėjui ar nuomininkui buto energinio naudingumo sertifikatą.

Pastatų ir jų energetinių sistemų modernizavimas turi didelį potencialą siekiant sumažinti energijos intensyvumą. Pastatų renovacija leistų sumažinti gyventojų šildymo išlaidas, pasiekti geresnę gyvenimo kokybę, racionaliai naudoti gamtinius išteklius. Daugelyje valstybių individualus namas yra antras pagal populiarumą būstas, todėl šių namų energijos intensyvumo mažinimas padėtų sumažinti ir nacionaliniu mastu suvartojamą energijos kiekį bei taršą šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis (Alev et al. 2015).

Didelė dalis gyvenamųjų pastatų vis dar yra energetiškai neefektyvūs (Galinis et al. 2014). *Lietuvos Respublikos statybos techniniame reglamente STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“* (Žin. 2013-12-17, Nr. 129) numatoma, kad gavus leidimą modernizuoti seną pastatą ir pradėjus statybos darbus nuo 2014 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip C. Statybos produkcijos sertifikavimo centro registro duomenimis Lietuvoje daugiausiai yra įregistruota G ir C klasę atitinkančių pastatų. Griežtėjantys teisiniai reikalavimai skatina analizuoti energijos suvartojimą pastatų sektoriuje ir jį mažinti. Prastos pastatų energetinės savybės didina gyventojų išlaidas už sunaudotą energiją, neužtikrina racionalaus energijos išteklių naudojimo.

**Mokslinis naujumas.** Daugiausiai tyrimų gyvenamųjų pastatų energetinio efektyvumo didinimo arba energijos intensyvumo mažinimo tematika atlikta analizuojant daugiabučius pastatus. Iki šiol vertinamas vienintelis aplinkosauginis efektas – šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) – anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) sumažėjimas rekonstravus ar modernizavus pastatą. Šiame darbe siūloma, atliekant gyvenamosios paskirties pastatų energetinio efektyvumo galimybių įvykdomumo analizę, vertinti kartu energetinius, aplinkosauginius ir ekonominius indikatorius, kurie pateikti šio darbo 13 lentelėje.

**Darbo praktinė reikšmė.** Išsamesnei tyrimo analizei pasirinktas standartinis individualus gyvenamosios paskirties pastatas (1995 metų statybos, 156,01 m<sup>2</sup> naudingojo ploto). Pirminės analizės rezultatai parodė, kad 2010 ir 2013 metais buvo atliktas statinio paprastas remontas, kurio metu apšildintos tam tikros atitvaros. Pradedant darbą iškelti ne tik moksliniai, bet ir praktiniai klausimai: ar galima dar papildomai sumažinti pastato energijos intensyvumą, nebloginant komforto sąlygų ir ar šie metodai ekonomiškai naudingi pastato gyventojams? Visi šie trys aspektai (aplinkosauginis, ekonominis, socialinis) yra svarbūs šalies darniam vystymuisi. Darbe siūloma vertinimo metodika ir gauti rezultatai gali būti taikomi, analizuojant bet kurio gyvenamosios paskirties individualaus namo energijos intensyvumo mažinimo galimybes.

**Darbo objektas** – gyvenamosios paskirties individualūs namai (esami statiniai).

**Darbo tikslas** – išanalizuoti pirminės ir antrinės energijos naudojimo esamuose individualiuose namuose intensyvumo mažinimo galimybes bei įvertinti jų įdiegimo aplinkosauginį ir ekonominį efektyvumą.

**Darbo uždaviniai:**

1. Išsamiai išanalizuoti naujausius statybos, aplinkosaugos ir higienos normų reikalavimus, taikomus gyvenamiesiems pastatams.
2. Išanalizuoti mokslinę literatūrą, susijusią su energijos intensyvumo mažinimo galimybėmis pastatuose.
3. Parinkti metodiką energetinio intensyvumo mažinimo galimybių gyvenamosios paskirties pastatuose įvertinimui.
4. Taikant Švaresnės gamybos koncepcijos principus, pasirinktam standartiniam gyvenamosios paskirties pastatui pasiūlyti energijos intensyvumo mažinimo alternatyvas bei atlikti jų įvykdomumo analizę (techninį, aplinkosauginį ir ekonominį įvertinimą).
5. Įvertinti energetinį, aplinkosauginį ir ekonominį veiksmingumą, įdiegus esamos statybos individualaus pastato energijos intensyvumo mažinimo alternatyvas.

# 1. ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO GALIMYBĖS GYVENAMOSIOS PASKIRTIES PASTATUOSE

Europos Sąjungos šalyse, taip pat ir Lietuvoje, pastaruoju metu stengiamasi padidinti energijos vartojimo efektyvumą ir sumažinti jos intensyvumą. Senkantys naftos bei gamtinių dujų išteklių, didėjantis šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis atmosferoje, auganti energetinė priklausomybė nuo importuojamo kuro, sparčiai besiplečianti atsinaujinančių išteklių rinka, bei nuolat augantys keliama reikalavimai ir tikslai teisiniuose ir nacionaliniuose dokumentuose skatina šalį didinti energetinį efektyvumą. Analizuojant ankstesnes strategijas ir jų siekius paminėtina tai, kad iki dabar ne visus tikslus Lietuvoje pavyko įgyvendinti. Taip yra todėl, kad per lėtai atnaujinami šilumos tiekimo vamzdiniai, lėtai vykstantis daugiabučių namų ir visuomeninių pastatų modernizavimas, todėl patalpoms šildyti vis dar yra sunaudojama labai daug šilumos energijos (Galiniš et al. 2014).

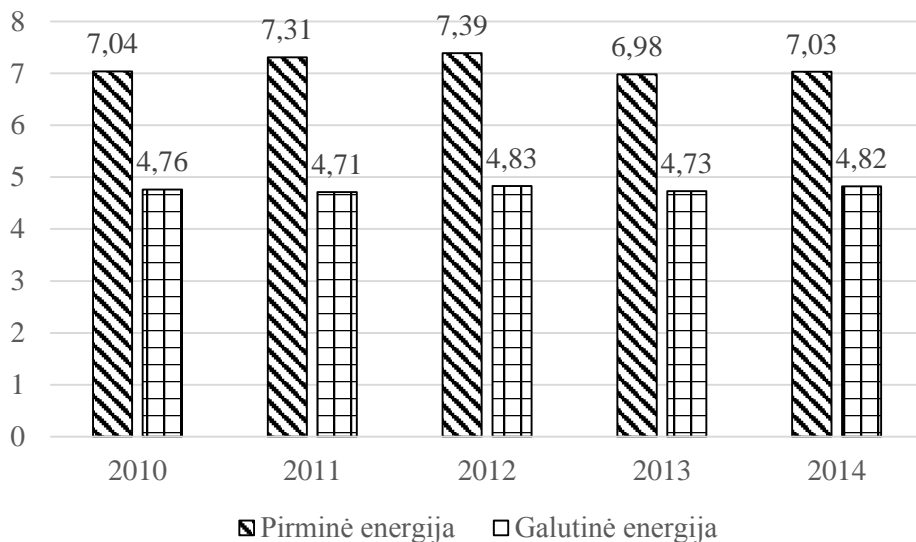
## 1.1 Pirminės ir galutinės energijos sunaudojimo namų ūkyje statistiniai duomenys

Uždarius Ignalinos AE, Lietuva tapo priklausoma nuo pirminės energijos išteklių importo, nes vietinės energijos išteklių sudaro tik 20 % energijos visame šalies energijos balanse. Taip pat šalis yra priklausoma nuo elektros energijos importo – šalies viduje pagaminama tik 40 % visos šalies reikmėms sunaudojamos elektros energijos. Silpną šalies dalimi vis dar išlieka seni nerenovuoti pastatai. Daugiau nei 70 % daugiabučių gyvenamųjų pastatų vis dar yra energetiškai neefektyvūs (Galiniš et al. 2014). Siekiant išsamiai išanalizuoti suvartojamos energijos kaitą, būtina atsižvelgti į pirminės ir galutinės energijos suvartojimą.

Pirminė energija – tai bet kokia energijos produktų gavyba iš gamtinių šaltinių, paverčiant juos tinkama naudojimui forma. Pirminės energijos sąvoka apima cheminę energiją, esančią organiniame kure (naftoje, gamtinėse dujose, akmens anglyse, durpėse ir pan.), atsinaujinančių energijos išteklių energiją, branduolinių reakcijų išskiriamą energiją ir kt. (Miškinis et al. 2014).

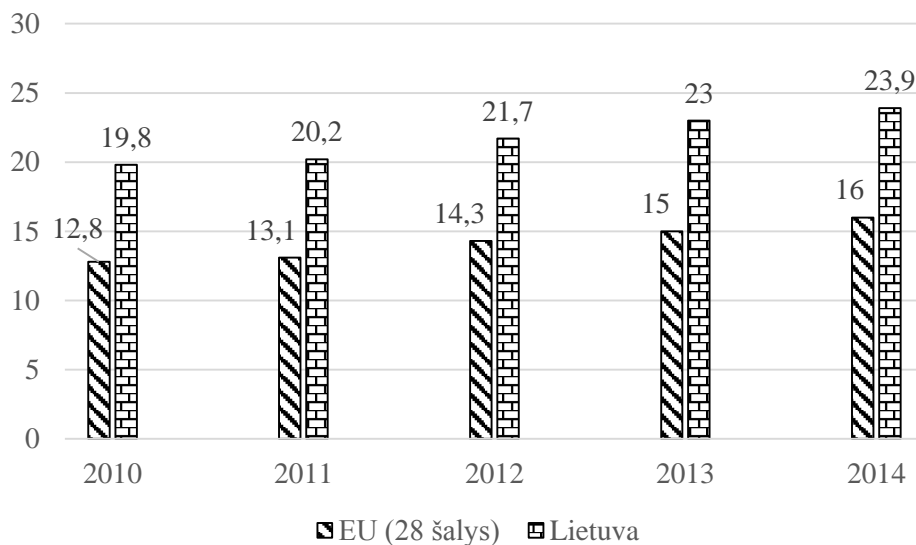
Lyginant su pastaraisiais dešimtmečiais, Lietuvoje pirminės energijos sąnaudos sumažėjo, tačiau šalis vis dar yra laikoma kaip neefektyviai vartojanti energiją. Iki 2009 metų, Lietuvoje pastebima pirminės energijos sąnaudų augimo tendencija, tačiau 2010 m. jos kiekis stipriai sumažėjo. Šį pirminės energijos sumažėjimą galima sieti su Lietuvoje vykusia ekonomine krize, kurios metu sumažėjo gamyba bei išaugo šalies nedarbo lygis. 2010 – 2012 m. laikotarpiu vėl pastebima pirminės energijos augimo tendencija (žr. 1 pav.). Lyginant 2012 m. ir 2013 m. pastebimas pirminės energijos sąnaudų mažėjimas. Pirminė energija šiuo laikotarpiu sumažėjo 5,5 %, tačiau iki 2014 m. vėl nežymiai išaugo. Galima daryti išvadą, kad šalyje pirminės energijos sąnaudos kinta netolygiai, priklausomai nuo elektros energijos eksportui sunaudojamo branduolinio kuro – padidėjus (sumažėjus) elektros eksportui, atitinkamai padidėdavo (sumažėdavo) ir suminės pirminės energijos sąnaudos (Galiniš et al. 2014).





1 paveikslas. Energijos sąnaudos Lietuvoje, mln. TNE  
Šaltinis: Lietuvos energetika, 2014

AEI naudojimas mažina priklausomybę nuo importuojamo kuro. Susidomėjimas AEI Lietuvoje sparčiai auga. Pagal EUROSTAT duomenis, Lietuvoje AEI dalis bendrame galutinės energijos suvartojime 2010 – 2014 m. laikotarpyje turėjo augimo tendenciją ir gerokai viršijo ES 28 šalių vidurkį (žr. 2 pav.).



2 paveikslas. Atsinaujinančių išteklių energijos dalis bendrame galutinės energijos suvartojime, %  
Šaltinis: EUROSTAT duomenys

Pagrindinis AEI Lietuvoje – biokuras. 2014 m. didžiausias jo kiekis (iki 47 %) buvo suvartotas namų ūkiuose ir elektrai bei centralizuotai tiekiamai šilumai gaminti (apie 41 %) (Oficialiosios statistikos portalas, 2015).

Reikia paminėti, kad Lietuvoje daugėja pagamintos energijos ir iš kitų AEI. Lyginant su 2013 m., 2014 m. 6 % padidėjo pagamintos elektros energijos panaudojant vėjo energiją, 9,2 %, padidėjo biodegalų suvartojimas.

Nepaisant to, kad saulės energijos potencialas nėra didelis šalyje, šio atsinaujinančio šaltinio naudojimas padidėjo 61 % (Oficialiosios statistikos portalas, 2015).

Galutinė energija – pirminių gamtinių išteklių ir antrinių energijos išteklių dalis, kurią suvartoja galutiniai vartotojai šalies ūkio sektoriuose (pramonėje, žemės ūkyje, namų ūkyje ir kt.). 2010 – 2014 m. laikotarpiu, galutinės energijos suvartojimas Lietuvoje kito nežymiai (4,71 - 4,82 mln. TNE) (žr. 1 pav.). 2014 m. pirminės energijos buvo sunaudota 7,03 mln. TNE, o galutiniams vartotojams patiekta tik 4,82 mln. TNE.

Lietuvoje 2000 – 2008 m. laikotarpiu vyravo smarkus BVP augimas, todėl šiuo laikotarpiu energijos sąnaudos didėjo daugumoje ūkio sektorių. 2009 m. įvyko ekonominis nuosmukis, kas paveikė ir galutinės energijos suvartojimą. Pateikti duomenys rodo sunaudotą galutinės energijos kiekį 2005 – 2014 m. (žr. 1 lentelę). Lyginant 2008 m. ir 2009 m., šalyje galutinės energijos sąnaudos sumažėjo beveik visuose ūkio sektoriuose – statybos (35 %), transporto (18,5 %), pramonės (11,9 %), žemės ūkio (10,8 %). Tačiau namų ūkyje galutinės energijos suvartojimas padidėjo 1,1 %. Tai galėjo lemti šaltesnė temperatūra žiemą ir reikalingos didesnės šilumos energijos sąnaudos namų ūkių patalpoms šildyti. Atsigavus šalies ekonomikai, galutinės energijos sąnaudos padidėjo visuose ūkio sektoriuose. Visgi, namų ūkio sektoriuje 2010 – 2014 m. laikotarpiu pastebima galutinės energijos sąnaudų mažėjimo tendencija. Šiuo laikotarpiu galutinės energijos sąnaudos sumažėjo 12,08 %, kasmet vidutiniškai sumažėdavo apie 4 %, išskyrus 2012 m. Galutinės energijos suvartojimui namų ūkiuose didelę įtaką turi energijos efektyvumo didinimas, kurio siekiama įdiegiant energiją taupančias priemones, bei rekonstruojant energetiškai neefektyvius pastatus.

1 lentelė. Sunaudotos galutinės energijos kiekis pagal ūkio sektorius, Lietuvoje, tūkst. TNE

	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Žemės ūkis	105,3	117	104,5	111	111,2	110,7	105,3	106,4
Pramonė	934,6	887,4	781,9	857,2	900,9	960,7	939,2	935,3
Statyba	49,8	58,2	37,9	42,2	39,7	41,1	39,8	37
Transportas	1437,9	1847,9	1506	1551,2	1544,1	1574,5	1578,8	1751,5
Paslaugos	562	603,9	592	601	583,2	611,8	594,1	590,8
Namų ūkis	1508,1	1551,6	1568,7	1594,2	1533,6	1535,1	1467,8	1401,5

Šaltinis: Darnaus vystymosi rodikliai, 2016

Lyginant 2013 m. ir 2014 m., ūkio sektoriuose galutinės energijos suvartojimas 2014 m. padidėjo 2 %. Galutinės energijos pasiskirstymas pagal ūkio sektorius tiek 2013 m., tiek 2014 m. yra panašus. Daugiausiai galutinės energijos suvartojama transporto ir namų ūkio sektoriuose. 2013 metais namų ūkio sektoriuje buvo sunaudota 31,1 %, o 2014 m. šiek tiek mažiau 29,1 % galutinės energijos.

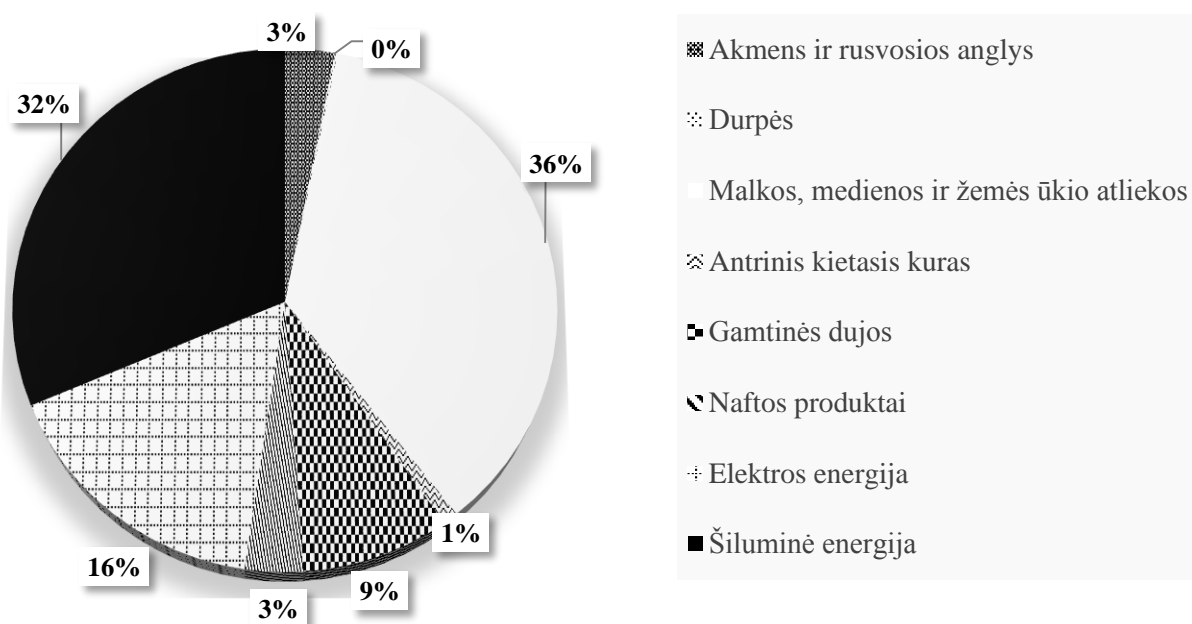
Namų ūkio sektoriuje galutinės energijos suvartojimas 2010 – 2014 m. laikotarpiu turėjo mažėjimo tendenciją, kurią galima būtų sieti su sumažėjusiu gyventojų skaičiumi Lietuvoje. Nepaisant to, buvo paskaičiuotas indikatorius, kuris rodė namų ūkiuose sunaudojamą energijos kiekį vienam gyventojui, kuris šiuo laikotarpiu taip pat turėjo mažėjimo tendenciją (žr. 2 pav.). Tai parodo, kad sumažėjusį galutinės energijos suvartojimą lėmė ne tik sumažėjęs gyventojų skaičius Lietuvoje, tačiau taip pat tam įtakos galėjo turėti šalies pastatų energetinės būklės gerinimas.

2 lentelė. Namų ūkiuose sunaudojamas energijos kiekis ir sunaudojamas energijos kiekis vienam gyventojui, Lietuvoje, TNE/gyv.

Vienas iš šalies darnaus vystymosi rodiklių	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Namų ūkiuose sunaudojamas energijos kiekis vienam gyventojui, TNE	0,45	0,51	0,51	0,51	0,5	0,48

Šaltinis: Darnaus vystymosi rodikliai, 2016

2014 m. galutinės energijos suvartojimas namų ūkiuose pateiktas 3 paveiksle. 2014 m. namų ūkiuose daugiausiai buvo sunaudota malkų, medienos ir žemės ūkio atliekų - 508,7 tūkst. TNE (t. y. 36 %). 32 % galutinio suvartojimo namų ūkiuose sudarė šiluminė energija, 16 % elektros energija.



3 paveikslas. Galutinės energijos suvartojimas namų ūkiuose, 2014 m., %  
Šaltinis: Kuro ir energijos balansas 2014

Suvalytos energijos efektyvumą nusako energijos intensyvumo rodiklis. Energijos intensyvumas – energijos sąnaudos, tenkančios bendrojo vidaus produkto (BVP) vienetui. 2005 – 2010 m. laikotarpiu padidėjo galutinės energijos vartojimo efektyvumas, dėl šios priežasties sumažėjo energijos intensyvumas (žr. 3 lentelė). Namų ūkyje galutinės energijos intensyvumas buvo nepastovus, tačiau žiūrint bendrai pastebima mažėjimo tendencija. Lyginant 2005 m. ir 2013 m., galutinės energijos intensyvumas sumažėjo nuo 57,1 TNE/mln. EUR sukurto BVP iki 42,6 TNE/mln. Eur sukurto BVP, t. y. 25,4 %.

3 lentelė. Galutinės energijos intensyvumas, TNE/mln. EUR sukurto BVP

	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Žemės ūkis	123,3	133,6	117,6	134,1	124,2	110,4	108,5	106
Pramonė	166,7	138,4	142,4	146,4	143,3	147,5	139,5	134,5
Statyba	28,8	20,2	24,2	28,7	22,7	24,8	21,7	17,8
Transportas	54,4	57,1	54,7	55,4	52	51	49,6	53,2
Paslaugos	42,6	38,1	41,9	42,9	40	40,4	38,3	36,9
Namų ūkis	57,1	48	56,9	56,9	51,6	49,8	46,1	42,6

Šaltinis: Darnaus vystymosi rodikliai, 2016

Galutinės energijos intensyvumo mažėjimas glaudžiai susijęs su pirminės energijos intensyvumu. Energijos intensyvumo mažėjimui įtakos turi pažangių ir energiją tausojančių priemonių įdiegimas. Nepaisant to, Lietuva priskiriama prie neefektyviai energiją vartojančių šalių, nes vienam BVP vienetui sukurti energijos suvartojama daugiau nei ES-28 šalių vidurkis. Viena iš priežasčių kodėl taip yra, gali būti tai, kad Lietuva paveldėjo iš Sovietų Sąjungos energijai imlią ekonomiką ir pasenusias technologijas. Tačiau iš esmės didelį energijos intensyvumą lemia ne tik neefektyvus pirminės energijos vartojimas, tačiau taip pat žemas BVP šalies lygis. „Dėl kainų skirtumų ir BVP vertinimo atskirose šalyse skirtumų tokių pačių prekių ir paslaugų bendroji pridėtinė vertė besivystančiose šalyse yra kur kas mažesnė nei išsivysčiusiose šalyse. Todėl ir pirminės energijos sąnaudų, tenkančių BVP (perskaičiuoto į bendrą tarptautinę valiutą pagal valiutų keitimo kursą) vienetui, rodiklis besivystančiose šalyse išlieka gerokai didesnis, nepaisant to, kad energijos vartojimo efektyvumas šiose šalyse per praėjusį dešimtmetį gerokai padidėjo (Galinis et al. 2014)“.

## 1.2 Gyvenamiesiems pastatams taikomi STR ir HN reikalavimai

*Lietuvos Respublikos statybos techninis reglamentas STR 2.02.01:2004 „Gyvenamieji pastatai“ (Žin. 2004-02-12, Nr. 23-721)*, gyvenamąjį pastatą apibrėžia kaip gyventi pritaikytą pastatą, kuriame daugiau nei pusė naudingojo ploto tenka gyvenamosioms patalpoms (butams).

Pastatai klasifikuojami pagal naudojimo paskirtį ir gyvavimo laiką. „Statinio gyvavimo trukmė – teorinis laikotarpis, per kurį statinys, normaliai jį naudojant (nuo statinio naudojimo pradžios iki jo nugriovimo) ir atsižvelgiant į statybos produktus, iš kurių jis pastatytas, bei vietines klimatinės sąlygas, atitinka esminius statinio reikalavimus.“ *Statybos techniniame reglamente STR 1.12.06:2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“ (Žin. 2002-11-13, Nr. 109-4837)* numato, kad statinio gyvavimo laikas priklauso nuo medžiagų, iš kurių jis pastatytas, statinio naudojimo paskirties, klimato ir naudojimo sąlygų, tinkamai vykdomos priežiūros. Pastatas, pastatytas iš monolito, gyvuoja 120 metų, o iš plytų mūro, stambiaplokščių ar šlakbetonio – 100 metų (žr. 4 lentelę). Tai parodo, kad statiniai yra ilgaamžiai, laikui bėgant jie nusidėvi, todėl juos būtina modernizuoti pagerinant jų energetinę būklę.

4 lentelė. Vieno ir dviejų butų gyvenamųjų namų gyvavimo trukmė priklausomai nuo medžiagų, iš kurių jisai yra pastatytas

Statybos produkto, iš kurio statinys pastatytas, pavadinimas	Statinio gyvavimo trukmė, metais
plytų mūro, stambiaplokščiai, šlakbetonio	100
rąstų	65
mediniai su karkasu	40
mediniai apmūryti	70
mediniai skydų	50
monolito	120

Šaltinis: STR 1.12.06:2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“

Lietuvos Respublikos statybos įstatyme (Žin., 1996, Nr. 32-788; 2001, Nr. 101-3597) numatyta, kad statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad įprastinėmis statinio naudojimo sąlygomis būtų užtikrinti esminiai statinio reikalavimai: mechaninio atsparumo ir pastovumo, gaisrinės saugos, higienos normų ir apsaugos, energijos taupymo, šilumos išsaugojimo ir kt.

Lietuvos higienos norma HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ (Žin., 2009-12-31, Nr. 159-7219) taikoma pastatams ir privaloma visiems asmenims, kurie projektuoja, stato, rekonstruoja ar kapitališkai remontuoja gyvenamosios ir visuomeninės paskirties pastatus. Gyvenamųjų pastatų ir visuomeninės paskirties pastatų mikroklimatas turi atitikti higienos normoje pateiktas ribines vertes (žr. 5 lentelė). Atsakingas asmuo turi užtikrinti ne žemesnę temperatūrą nei nurodyta reglamente, oro temperatūra gyvenamajame pastate šaltuoju metų laikotarpiu turi būti ne mažiau nei 18 – 22 °C. Temperatūrų skirtumas 0,1 m ir 1,1 m aukštyje nuo grindų turėtų būti ne didesnis 3 °C. Siekiant užtikrinti komforto lygį namuose, šaltuoju metų laiku pastatus būtina šildyti. Norint išvengti patalpose susidarančių grybelių, gyvenamosiose patalpose santykinė oro drėgmė turėtų būti 35-60 % šaltuoju metų laiku ir 35-65 % šiltuoju metų laiku.

5 lentelė. Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės

Eil. Nr.	Mikroklimato parametrai	Ribinės vertės	
		Šaltuoju metų laikotarpiu	Šiltuoju metų laikotarpiu
1.	Oro temperatūra, °C	18–22	18–28
2.	Temperatūrų skirtumas 0,1 m ir 1,1 m aukštyje nuo grindų, ne daugiau kaip °C	3	3
3.	Santykinė oro drėgmė, %	35–60	35–65
4.	Oro judėjimo greitis, m/s	0,05–0,15	0,15–0,25

Šaltinis: HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“

Lietuvos Respublikos statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ (Žin. 2013-12-17, Nr. 129) taikomas gyvenamųjų ir negyvenamųjų pastatų bei jų dalių energiniam naudingumui ir pastatų konstrukcijų šiluminėms techninėms savybėms projektuoti. Reglamente numatomi pastatų atitvarų leistinos šilumos perdavimo koeficientų vertės ir norminės C ir B energinio naudingumo klasės vertės (žr. 6 lentelė). Šilumos perdavimo koeficientas U parodo išeinančios šilumos kiekį W per atitvaro 1 m<sup>2</sup> per 1 h, esant 1 °C arba 1 K. Šilumos perdavimo koeficientas U yra tiesiogiai proporcingas šilumos kiekiui, išeinančiam pro

statinio išorines atitvaras. Atitvarą leistina projektuoti su blogesnėmis šiluminėmis savybėmis, tačiau jų šilumos perdavimo koeficientas negali viršyti leistinos vertės, nurodytos reglamente.

6 lentelė. Gyvenamųjų pastatų (jų dalių) atitvarų leistinosios šilumos perdavimo koeficientų  $U_1$  ( $W/(m^2 \cdot K)$ ) vertės ir norminės C ir B klasės pastatų (jų dalių) vertės

Atitvaras	Leistinosios šilumos perdavimo koeficientų vertės	Norminės vertės C ir B klasės pastatų
Stogai	$U_1 \leq 0,25$	0,16
Perdangos		0,16
Šildomų patalpų atitvaras, kurios ribojasi su gruntu	$U_1 \leq 0,35$	0,25
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių		0,25
Sienos	$U_1 \leq 0,30$	0,2
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	$U_1 \leq 1,9$	1,6
Durys, vartai	$U_1 \leq 1,9$	1,6

Šaltinis: STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“

Pastatai (jų dalys) pagal energinį naudingumą yra klasifikuojami į 9 klases: A++, A+, A, B, C, D, E, F, G. A++ klasė yra laikoma aukščiausia ir nusako energijos beveik nevartojantį pastatą, G klasė nurodo energetiškai neefektyvų pastatą. Lietuvos Respublikos statybos techniniame reglamente STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ (Žin. 2013-12-17, Nr. 129) numatoma, kad gavus leidimą modernizuoti seną pastatą ir pradėjus statybos darbus po 2014 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip C. Daug griežtesni reikalavimai taikomi naujai statomiems namams. Nauji pastatai, kuriems yra išduotas leidimas statyti ir pradėti statyti po 2016 m. lapkričio 1 d., energinis naudingumas turi būti ne žemesnis nei A klasės. Visi nauji pastatai, kuriems išduotas statybos leidimas ir kurių statybos darbai pradėti po 2018 m. sausio 1 d., energinis naudingumas turi būti ne žemesnės nei A+ klasės. O nauji statiniai, kuriems išduotas statybos leidimas ir kurių statybos darbai pradėti po 2021 m. sausio 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti A++ klasės (beveik nulinės energijos pastatas). Tai reiškia, kad didelę reikalingos energijos dalį, kurios beveik nesuvartoja, arba suvartoja labai mažai, turėtų sudaryti atsinaujinančių išteklių energija.

### 1.3 Teisiniai įrankiai ir priemonės, skatinantys mažinti energijos intensyvumą

Pasaulyje senkančios iškastinio kuro sąnaudos ir ŠESD didėjimas atmosferoje skatina imtis veiksmų, mažinančių energijos vartojimo intensyvumą. Didelę dalį į atmosferą išmetamų teršalų ir ŠESD, sudaro energetikos ir transporto sektoriai (Galiniš et al. 2014), todėl, siekiant darnaus vystymosi, valstybės yra skatinamos imtis priemonių sumažinti energijos vartojimo intensyvumą ir padidinti jo efektyvumą. Energijos intensyvumo mažinimas ir energijos efektyvumo didinimas tampa vis svarbesniu ES tikslu. Siekiant tvaraus vystymosi energetikos srityje, kuriamos teisinės priemonės.

Europos Komisija sukūrė strategiją Europa 20-20-20, kurios siekiai susiję su klimato kaitos ir energetikos tvariumi naudojimu. Siekiama iki 2020 m. sumažinti CO<sub>2</sub> emisijas 20 % (arba net 30 %, jei tam bus tinkamos sąlygos), palyginti su 1990 m. rodikliais. 20 % energijos turėtų būti gaminama iš atsinaujinančių išteklių. Taip pat numatyta 20 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą (Europos komisija, 2010). Siekiant įgyvendinti „20-20-20“ tikslus, remiamasi *Europos parlamento ir tarybos direktyvoje 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo*, kurioje numatoma, kad nuo 2020 m. nauji pastatai turėtų būti beveik nulinių energijos sąnaudų.

2014 m. Europos Komisija pristatė *2030 m. klimato ir energetikos politikos strategiją 2020 – 2030 m.* Šios strategijos pagrindinis tikslas pradėti diskusijas apie tai, kaip tęsti politiką po 2020 m., kai baigsis šiuo metu galiojančios strategijos laikotarpis. Šioje strategijoje siūlomi nauji tikslai ir priemonės, susijusios su ES ekonomikos ir energetikos sistemos konkurencingumu, saugumu ir tvarumu. Iškelti pagrindiniai tikslai susiję su darniu išteklių naudojimu:

- toliau mažinti išmetamą ŠESD kiekį: iki 2030 m. siekiama šį kiekį sumažinti 40 %, palyginti su 1990 m.;
- energijos dalį, pagaminamą iš AEI, padidinti bent iki 27 %, valstybėms narėms suteikiant laisvę nusistatyti nacionalinius tikslus;
- didinti energijos vartojimo efektyvumą, galbūt iš dalies pakeičiant Energijos vartojimo efektyvumo direktyvą; siekiama energijos vartojimo efektyvumą padidinti bent 27 %;
- pasiekti 15 % elektros energijos tinklų sujungimo lygį (t. y. 15 % ES pagamintos elektros turėtų būti galima transportuoti į kitas ES šalis) (Europos Komisija, 2014).

Energetikos veiksmų plano iki 2050 m. pagrindinis tikslas – iki 2050 m. ŠESD išmetimus sumažinti 80 – 95 % palyginti su 1990 m. (Europos komisija, 2011)

2010 m. *Europos parlamentas ir taryba priėmė 2010/31/ES direktyvą dėl pastatų energinio naudingumo*, kurioje siekiama sumažinti gyvenamojo būsto sektoriui tenkančią metinį energijos suvartojimą. Pasak direktyvos, pastatuose suvartojama 40 % visos Europos Sąjungos suvartojamos energijos. Pagal šią direktyvą, valstybės narės turi nustatyti ir laikytis minimalių energetinio efektyvumo reikalavimų, skirtų tiek naujiems, tiek jau esamiems statiniams. Šiuos reikalavimus gali nustatyti valstybės narės, atsižvelgiant į tai, kad „būtų pasiekta sąnaudų atžvilgiu optimali susijusių investicijų ir sutaupyto energijos išlaidų pusiausvyra per visą pastato gyvavimo ciklą, nedarant poveikio valstybių narių teisei nustatyti minimalius reikalavimus, kuriais užtikrinamas energijos vartojimo efektyvumas būtų didesnis nei tas, kurį užtikrintų sąnaudų atžvilgiu optimalūs energinio naudingumo lygiai“.

Šioje direktyvoje numatyta, kad iki 2020 m. ES turi būti sumažintas energijos kiekis 20 % ir padidintas energijos vartojimo efektyvumas, o atsinaujinančių išteklių energija iki 2020 m. turi sudaryti 20 % bendro ES suvartojamo energijos kiekio, bei sumažinamas ŠESD emisijos.

Remiantis 2012 m. spalio 25 d. *Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo*, galima teigti, kad energijos vartojimo efektyvumas užtikrina energijos tiekimo saugumą, sumažinant pirminės energijos sąnaudas ir energijos importą iš kitų šalių. Padidėjus energijos vartojimo efektyvumui taip pat sumažėja ŠESD dujų kiekis, o tai padeda sumažinti neigiamą poveikį klimato kaitai. Bendras

energijos vartojimo efektyvumo tikslas yra sutaupyti 20 % ES suvartojamos pirminės energijos iki 2020 m. ir toliau didinti šį kiekį. Remiantis direktyva, valstybės narės turi nustatyti savo nacionalinius tikslus ir jų siekti įgyvendinant. Tikslai turi būti paremti pirminės arba galutinės energijos suvartojimu, sutaupytu kiekiu ir intensyvumu. Pastatai turi didžiausią taupymo potencialą ūkio sektoriuose, todėl direktyvoje numatoma, kad ES šalys turėtų sudaryti ilgalaikę strategiją, kurioje būtų siekiama pagerinti esamų pastatų energinį naudingumą. Tokia renovacija būtų skirta sumažinti galutinės energijos suvartojimą pastate lyginant jį su prieš tai buvusiu nerenovuotu pastatu. 2020 m. ES šalių energijos suvartojimas neturi viršyti 1474 mln. TNE pirminės energijos arba neturi viršyti 1078 mln. TNE galutinės energijos. Nuo 2014 m. sausio 1 d. iki 2020 m. gruodžio 31 d. turi būti kasmet turi būti sutaupoma 1,5 % galutiniams vartotojams tiekiamos energijos.

Lietuvos *Energijos vartojimo veiksmų plane 2014 m.*, planuojama iki 2020 m. užtikrinti ir atnaujinti daugiabučius gyvenamuosius namus, teikiant jų gyventojams paramas ir lengvatas. Įgyvendinus šią priemonę iki 2020 m. pabaigos daugiabučiuose namuose planuojama sutaupyti 1000 GWh energijos. Taip pat numatoma klimato kaitos specialioji programa, kurios metu yra didinamas energijos vartojimo ir gamybos efektyvumas, modernizuojant gyvenamosios ir visuomeninės paskirties pastatus. *Energijos vartojimo veiksmų plane 2014* skatinama naudoti AEI ir aplinkai palankias technologijas.

Remiantis *Europos Parlamento ir Tarybos 2009/28/EB direktyva dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją*, Europos valstybės yra įsipareigojusios imtis priemonių, kad padidintų AEI dalį nacionaliniame balanse ir pasiektų ES tikslą - iki 2020 m. ne mažiau 20 % visos energijos turi sudaryti energija iš atsinaujinančių šaltinių. Numatoma, kad Lietuvoje iki 2020 m. AEI turėtų sudaryti 23 % bendrame galutinės energijos suvartojime. 2014 m. Lietuvoje šis rodiklis sudarė 23,9 % visos energijos iš atsinaujinančių išteklių ir pasiekė direktyvoje numatytus tikslus (žr. 2 pav.).

AEI diegimas pastatuose padėtų išvengti neigiamo poveikio aplinkai dėl energijos vartojimo. Lietuvos aplinkos apsaugos investicinis fondas (LAAIF) suteikia galimybę gauti visuomeniniam ir privačiam sektoriams paramą, aplinkos apsaugos projektų įgyvendinimui, sumažinant neigiamą ūkinės veiklos įtaką aplinkai. Individualaus namo savininkui turi galimybę gauti 30 % projektų išlaidų kompensacinę išmoką. Ši parama skirta gyvenamųjų vieno ar dviejų butų namams, į kurį planuojama investuoti, savininkui, išskyrus nebaigtus statyti namus. LAAIF skiria paramą atsinaujinančių išteklių panaudojimui individualiuose gyvenamosios paskirties pastatuose. Gyventojai dažniausiai gauna paramą už biokuro katilų, šilumos siurblių ir saulės kolektorių įrengimą, tačiau paramą galima gauti taip pat už saulės fotovoltines jėgaines, vėjo elektrines, geotermiņį šildymą. LAAIF taip pat suteikia galimybę gauti paramą modernizuojant (atnaujinant) vieno ar dviejų butų gyvenamuosius namus, pasiekiant pastato energetinio naudingumo C klasę, ir sumažinant energijos suvartojamas sąnaudas nemažiau 20 %. Pagal šią priemonę gali būti finansuojami šildymo ir karšto vandens sistemų kapitalinis remontas ar rekonstravimas, langų ir lauko durų keitimas, stogo šiltinimas, įskaitant naujo šlaitinio stogo įrengimą (išskyrus patalpų pastogėje įrengimą) ir kitos su stogo keitimu susijusios išlaidos ir kt. (Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas).



## 1.4 Energijos intensyvumo mažinimo galimybės gyvenamuosiuose namuose

Energetinis efektyvumas – sutaupyto ir suvartoto energijos kiekio santykis. Energijos vartojimo efektyvumui nusakyti dažniausiai vartojamas energijos intensyvumo rodiklis (Miškinis et al. 2014). Esamų statinių energetinio efektyvumo gerinimas atlieka svarbų vaidmenį šiuolaikinėje visuomenėje. Siekiant sumažinti statinių sektoriaus energetines sąnaudas, privalu gerinti esamų statinių energetinę kokybę (Ballarini et al. 2014).

Kalbant apie energetiškai efektyvų statinį, dažniausiai kalbama apie naujus statinius ir jų galimybes sumažinti arba visiškai atsakyti energijos vartojimo šildymui – tai vadinamieji „nulinės emisijos“ ir „pasyvieji namai“ (Gram-Hanssen 2014). Pasauliniu mastu gyvenamasis būstas suvartoja apie 16 – 50 % visos energijos. Energijos taupymo potencialas sumažinti energijos vartojimą pastatuose daugelyje šalių yra didelis (Alev et al. 2015). Lietuvoje pastatų šildymo reikmėms suvartojama ~ 40 % visos pagaminamos šiluminės energijos (Ustinovičius et al., 2012). Yra daug būdų kaip sumažinti energijos vartojimo intensyvumo mastus pastatuose, pvz. galima modernizuojant šildymo – vėdinimo sistemas, energiją naudojančius prietaisus pakeičiant energiją taupančiais prietaisais ir kt.

Statinio būvio ciklo metu sunaudojama ne tik daug energijos, bet taip pat daromas poveikis aplinkai. Eksploatuojant pastatą atsiranda rekonstrukcijų ir kitų remontų poreikis. Pastatas, veikiamas įvairių aplinkos sąlygų, iš išorės ir iš vidaus nusėda, o medžiagos plečiasi arba traukiasi, todėl atsiranda statinių defektai. Lietuvoje daugiaaukščiai namai statyti iki 1990 m. taip pat turi pažeistą konstrukciją. Per gyvavimo laiką atsirado plyšių sienose ir jų sandūrose. Plyšių plotis daugiabučių sienų sandūrose kartais siekia net 8 – 10 mm. (Ustinovičius et al., 2012).

Šalto sezono metu susidaro temperatūrų skirtumai. Lauke esanti temperatūra yra šaltesnė nei patalpoje, todėl viduje esanti šiluma per sienas, langus, grindis, stogą ir kitas atitvaras patenka į išorę. Per plyšius ar angas, natūralius ar dirbtinus vėdinimo ortakius šaltas oras patenka į vidų, o šiluma perduodama į lauką, taip susidaro šilumos nuostoliai. Dėl jų viduje esančią temperatūrą reikia pašildyti iki higienos normose numatytos temperatūros. Mažesnius šilumos nuostolius lemia atitvarų sluoksnių šiluminė varža, kurią galima padidinti renovuojant pastatus ir apšildant jų atitvaras (Gudzinskas et al., 2011). Tokiu būdu būtų sumažinami šilumos nuostoliai per pastato atitvaras, bei sumažinamas šilumos poreikis.

Visose Europos valstybėse statinių metinės energetinės sąnaudos šildymui ir buitinio karšto vandens paruošimui svyruoja tarp 150 kWh/m<sup>2</sup> – 300 kWh/m<sup>2</sup> (Dascalaki et al. 2011). Lietuvoje yra apie 17 000 prie centralizuoto šildymo sistemų prijungtų daugiabučių, atnaujintų tik 3,8 %, o 5,3 % daugiabučių atnaujinti tik iš dalies (Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija). 55,7 % gyvenamųjų namų yra senos statybos, kurių apšildymui vidutiniškai sunaudojama 150 kWh/m<sup>2</sup> šilumos energijos per metus, tai yra 10 kartų daugiau nei pasyviuosiuose namuose. Dažniausiai gyventojai išleidžia 30-55 % pajamų už šilumos energiją. Nustatyta, kad Lietuvoje yra didelis energijos taupymo potencialas šilumos sektoriuje (Ustinovičius et al., 2012). Nepaisant to, net ir esant tinkamoms techninėms priemonėms, didžioji dalis namų savininkų vis tiek nesistengia renovuoti savo namų ir taip sumažinti energijos sąnaudas (Gram-Hanssen 2014). Iki 2020 metų įgyvendinus nacionalinius energijos vartojimo efektyvumo tikslus ir atnaujinus daugelį pastatų, Lietuvoje šilumos energijos vartojimas pastatuose

turėtų sumažėti 30 – 40 % (Energetikos agentūra, 2015). Atnaujinus pastatus, padidėtų energijos vartojimo efektyvumas, sumažėtų jos intensyvumas.

Visgi, energetinė renovacija yra neatsiejama nuo gyvenimo namo. Ji paprastai atliekama kartu su kitais renovacijos darbais, atsižvelgiant į namo nusidėvėjimą (pvz., keičiamas stogas ir langai). Dėl esamų statinių prastų energetinių savybių energijos, atliekant „standartinę“ renovaciją sutaupoma nuo 41 % (Čekijos Respublikoje) iki 75 % (Italijoje, vidutinio klimato juostoje) – skaičiuojant nuo metinio pirminio energijos poreikio, kuris suvartojamas patalpoms šildyti ir buitiniam karštam vandeniui paruošti (Ballarini et al. 2014). Atliekant „pažangesnę“ renovaciją sutapoma nuo 49 % (Danijoje) iki 86 % (Graikijoje) minėtos energijos. Norvegijoje, atliekant namų dengiamųjų paviršių renovaciją pasyviosiomis medžiagomis ir naudojant vietinę atsinaujinančių išteklių energiją, šilumos energijos poreikis sumažėjo nuo 50 iki 85 %, priklausomai nuo atsinaujinančios energijos gamybos (Risholt et al. 2013). Vis dėl to, pasaulyje daugelis namų vis dar nėra pakankamai energetiškai efektyvūs. Atlikus mokslinį tyrimą, buvo nustatyta, kad taip yra dėl to, kad žmonės pirmenybę teikia kambarių atnaujinimui, ir tai yra didesnis prioritetas negu šiluminė ir energetinė renovacija (Gram-Hanssen 2014).

Daugelyje pasaulio valstybių individualus namas yra antras pagal populiarumą būstas, todėl šių namų renovacija padėtų sumažinti ir nacionaliniu mastu suvartojamą energijos kiekį bei taršą ŠESD. Nustatyta, kad pastatų renovacija turi teigiamą poveikį mažinant energijos intensyvumą (Hamilton et al. 2016). Norint pagerinti esamų statinių energetinę kokybę, ypač svarbu kuo tiksliau įvertinti statinių faktines energetines sąnaudas ir pritaikyti tinkamas renovacijos priemones, atsižvelgiant tiek į technologinius, tiek į ekonominius aspektus. Dabartinis statinių fondas yra didelis, įvairialypis ir didžiąja dalimi sudarytas iš pastatų, kurių energetinės savybės yra labai prastos (Ballarini et al. 2014). Derinant renovacijos procesą su kitais energetinio efektyvumo ir patalpų klimato rodikliais, galima rasti ekonomiškai efektyviausią sprendimą (Alev et al. 2015).

Nustatyta, kad vieno aukšto namo šilumos nuostoliai yra didesni negu tokio paties tūrio dviejų aukštų namo – taip yra dėl didesnio neapsaugoto paviršiaus ploto. Tiek vieno, tiek dviejų aukštų individualių namų atveju, naudojant viengubo stiklinimo langus šilumos nuostoliai padidėja 7 %. Pakeitus langus buvo tikimasi didesnės gražos procentine išraiška, tačiau rezultatų analizė parodė, kad 63 % šilumos nuostolių tenka dideliems ir prastai izoliuotiems sienų ir stogo plotams, todėl su langais susiję šilumos nuostoliai yra santykinai nedideli. Įdiegus šilumos taupymo priemones individualiuose namuose galima būtų sumažinti CO<sub>2</sub> emisijas ir gauti ekonominę naudą šildymo poreikiams (Ahern et al. 2013).

Siekiant didžiausio šiluminės energijos sutaupymo svarbu sandarinti atsiradusius plyšius sienose, apšiltinti sienas, stogą, perdangas, bei grindis esančias ant grunto, įdėti kokybiškus langus ir duris. Mokslininkai atliko tyrimą, kuriame analizavo penkių kategorijų namus (kategorijos buvo suskirstytos atsižvelgiant į jų amžių, plotą, aukštų skaičių, išorinių sienų konstrukcijas ir šildymo būdą). Tyrimo metu buvo nustatyta, kad papildoma išorinių sienų izoliacija gali sumažinti energijos suvartojimą, tačiau tai taip pat padidina pastato renovacijos kaštus. Kai kuriuose namuose taip pat efektyvu izoliuoti lubas (Alev et al. 2015).

Sienų ertmių apšiltinimas sumažina 3,8 % energijos vartojimo intensyvumą. Nustatyta, kad dažniausiai derinant kelias renovacijos priemones vienu metu galima pasiekti didesnės ekonominės naudos. Energijos naudojimo pokyčiams didelę įtaką turi fiziniai (namo išorinių sienų skaičius, pastato amžius, šildomo ploto dydį

ir t.t.), bei konkretūs namų ūkių ir jų aplinkos veiksniai, todėl siekiant gauti tikslius bandymų rezultatus, būtina į tai atsižvelgti (Hamilton et al. 2016).

Karšto vandens paruošimas taip pat suvartoja nemažai energijos, todėl, siekiant sumažinti energijos poreikį, reikėtų pradėti nuo vandens resursų taupymo bei efektyvių vandens šildymo sistemų parinkimo ir jų priežiūros eksploataavimo metu. Namuose įsigyjant vandens šildytuvą, reikėtų atsižvelgti į jo šiluminį izoliavimą, nuo to priklauso, kiek energijos bus galima sutaupyti. Siekiant sumažinti pastato šiluminės energijos naudojimą svarbu naudoti energiją pagal poreikį, bei reguliariai prižiūrėti įrangą (Gurskis et al. 2008).

Projektuojant ir statant naujus šiuolaikinius namus energijos intensyvumo mažinimas taip pat tampa labai aktualus. Artimiausioje ateityje energetinis efektyvumas neabejotinai bus vienas svarbiausių statinių projektavimo principų (Acosta et al. 2016). Langas – vienas iš būtinų pastato elementų. Per langus šaltuoju metų laiku prarandama šiluma, o šiltuoju – prišildoma. Didelis šilumos laidumas yra neigiama langų šiluminė savybė. Šiuolaikiniuose pastatuose langų plotas didėja, todėl vis daugiau šilumos yra prarandama būtent per įstiklintas atitvaras. Dabartinių dažniausiai gaminamų langų šilumos perdavimo koeficientas yra 1,4 – 1,5 W(m<sup>2</sup>K). Nepaisant to, kad pastaraisiais metais šilumos pralaidumas per langus sumažėjo, tačiau jie vis tiek išlieka viena iš laidžiausių šilumos atitvarų (Ramanauskas et al. 2005). Brangstant energijai, didėja poreikis mažinti šilumos nuostolius. Šiuolaikinė rinka plati, todėl esant finansinėms galimybėms galima įsigyti labai kokybiškų ir šiltų langų, kurių šiluminis laidumas siekia tik 0,66 W(m<sup>2</sup>K).

Tinkamai suprojektuoti langai pagerina patalpų termines savybes, bei padeda sutaupyti elektros energiją, sunaudojamą kambarių apšvietimui (Das, Paul 2015). Dienos šviesos dinaminiai matavimai, vertinantys dienos šviesos kiekį yra pats patikimiausias instrumentas siekiant sutaupyti energiją, tinkamai išnaudoti dienos šviesą bei sumažinti apšvietimui skirtą elektros energijos suvartojimą. Dienos šviesos dinaminiai matavimai apskaičiuojami kaip procentinė išraiška valandų per metus, kuomet tam tikrame erdvės taške viršijamas apibrėžtas apšvietimo lygis. Skaičiavimai atsižvelgia į kasmetinę informaciją apie orų sąlygas konkrečioje geografinėje vietovėje (Acosta et al. 2016).

Mokslininkai atliko tyrimą, kuriame buvo įvertintos dienos šviesos dinaminė matavimų variacijos, atsižvelgiant į lango angos geometriją ir padėtį, vidinių paviršių atspindėjimą patalpoje. Tyrimo metu gauti rezultatai parodė, kad visų formų langai generuoja panašų metinį dienos šviesos kiekį pagal centrinę ašį, nepriklausomai nuo atstumo iki fasado. Horizontalių langų forma sukuria vienodesnę apšvietimą bei padeda efektyviau taupyti energiją lyginant su kitų formų langais. Patalpos vidinių paviršių atspindėjimas neturi įtakos matuojant metinį dienos šviesos kiekį arčiau lango esančioje erdvėje. Buvo nustatyta, kad į pietų pusę nukreiptas langas sukuria tris kartus didesnę dienos šviesos kiekį negu į šiaurės pusę nukreiptas langas, o į rytus arba į vakarus nukreiptos langų ertmės sukuria beveik dvigubai didesnę metinį dienos šviesos kiekį, lyginant su į šiaurę nukreiptais langais. Tyrimų metu buvo padaryta išvada, kad metinis dienos šviesos kiekis yra proporcingas stiklo paviršiui, kambario gale, o atstumas nuo fasado yra nereikšmingas (Acosta et al. 2016).

Šviesos diodai (LED) energetiškai efektyvi technologija, padedanti sumažinti apšvietimui išeikvojamas elektros energijos sąnaudas (Gan et al. 2013). Diegiant ekologiškas technologijas, reikalingos didelės pradinės investicijos, tačiau jos dažniausiai naudoja mažiau energijos, o jų tarnavimo laikas yra ilgesnis, todėl laikui bėgant

jos atsiperka (Mancarella et al. 2011). Naudojant efektyvesnes apšvietimo sistemas, tokias kaip LED, galima sutaupyti nemažai elektros energijos ir sumažinti taršą ŠESD (Gan et al. 2013).

Nustatyta, kad ES-27 valstybėse apšvietimui tenkanti energija sudaro 10 % visos gyvenamųjų pastatų sunaudojamos energijos, o trečiojoje šalyse ši dalis siekia 21 % (Bertoldi et al. 2012). Kaitrinės lempučių sunaudoja iki 95 % energijos šilumai ir tik 5 % paverčia šviesos energija, todėl jos yra neefektyvios, palyginti su energiją taupančiomis lempučių (pvz. LED). Siekiant sumažinti energijos intensyvumą, rekomenduojama modernizuoti esantį apšvietimą, atsisakant kaitrinių lempučių ir įdiegiant energiją taupančias (Gurskis et al. 2008).

Automatinių valdymo sistemų naudojimas gali padėti sumažinti energijos sąnaudas, reguliuojant skleidžiamą šviesos srautą ir sumažinant veikimo valandų skaičių pagal žmogaus buvimą-nebuvimą patalpose arba pagal dienos šviesos srautą. Remiantis atliktų tyrimų rezultatais, įdiegus tokias valdymo sistemas, kurios reaguoja į natūralų apšvietimą, galima sutaupyti 9 – 30 %, o įdiegus į patalpose esančius žmones reaguojančias sistemas galima sutaupyti 3 – 38 % energijos (Bellia et al. 2015). Duomenų svyravimų rezultatas gali priklausyti nuo dienos šviesos intensyvumo, patalpų užimtumo intensyvumo, apšvietimo sistemų savybių, bei valdymo nustatymų. Tinkamai sumontavus šviestuvus su judesio davikliais, galima taupyti energiją nesumažinant komforto namuose.

Energijos taupymui taip pat galima pasitelkti dienos šviesos išnaudojimo ir automatinio prigesinimo valdymo metodus. Dienos šviesos išnaudojimo metodas siekia papildyti dirbtinio apšvietimo šaltinius natūralia šviesa, patenkančia pro pastato langus ir kitas ertmes – taip sumažinamas dirbtinio apšvietimo poreikis. Siekiant pagerinti sistemos funkcionavimo efektyvumą, galima pasitelkti papildomas priemones, tokias kaip apšvietimo subalansavimas, sustiprintas reagavimas į žmonių buvimą patalpose. Gauti rezultatai rodo, kad su dienos šviesa susietos sistemos paprastai sutaupo ~ 40 % energijos (Chew et al. 2016). Suderinus kelias sistemas galima pasiekti didesnių energijos sutaupymų. Integruojant su dienos šviesa susietą valdymo sistemą, galima pagerinti sistemos veikimą, kuris reaguoja į patalpose esančius žmones. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad suderinus šias dvi sistemas, pavyko sutaupyti 49 – 63 % energijos (Chew et al. 2016).

Pastato būvio ciklo metu daromas neigiamas poveikis aplinkai, todėl jų modernizacija ir darnių priemonių įdiegimas prisidėtų prie tvaraus vystymosi sumažinant pastatų energijos poreikį. Sumažinus energijos poreikį pastatuose būtų galima įdiegti atsinaujinančių išteklių sistemas, kurios turėtų ekonominę naudą.

## **1.5 Atsinaujinančių išteklių panaudojimas energijos gamyboje**

Sparčiai kylant naftos kainoms ir pragyvenimo lygiui, pasaulyje nepaliaujamai didėja susidomėjimas galimybe aprūpinti gyvenamuosius namus energija iš atsinaujinančių šaltinių (Atieh, Al Shariff 2015). AEI plėtra yra vienas iš sprendimų siekiant darnaus energetikos vystymosi. Atsinaujinantys ištekliai – tai gamtos ištekliai, kurių atsiradimą sąlygoja gamtiniai procesai. Už įprastinį kurą, atsinaujinantys ištekliai pranašesni tuo, kad energija gaminama beveik neteršiant aplinkos, šie ištekliai yra neišsenkami, taip pat nereikia brangaus ir dažniausiai importuojamo kuro. Atsižvelgiant į tai, atsinaujinantys energijos šaltiniai yra alternatyva, kuri turėtų sulaukti rimto šalių vyriausybės susidomėjimo (Moosavian et al. 2013). Pasaulyje yra daug ir įvairių alternatyvių

iškastiniam kurui energijos šaltinių: biomasė, hidroenergija, geoterminė energija, saulės ar vėjo energija, vandenilio baterijos.

Milžiniškas energijos potencialas ir didelės galimybės panaudoti tiek nacionaliniu, tiek regioniniu lygmeniu paverčia atsinaujinančių išteklių energiją svarbia alternatyva teikiančia naudą daugybei valstybių. Europos Sąjungoje AEI gali patenkinti didelę dalį energijos poreikio (Pacesila et al. 2016). ES šalims tokia energija suteikia galimybę plėtoti konkurencingą, patikimą ir tvarų energijos sektorių, kuris padeda spręsti aktualiausius su energija susijusius klausimus: sumažinti priklausomybę nuo importuojamų energijos išteklių, o ypač iškastinio kuro – naftos, akmens anglies ir gamtinių dujų. Didėjanti energijos paklausa skatina importuoti daugiau iškastinio kuro iš valstybių, kuriose gausu gamtinių dujų ir naftos, o tai reiškia didelius finansinius kaštus. ES šalys yra priklausomos nuo iškastinio kuro importo, ypač naftos ir gamtinių dujų – maždaug pusė suvartojamų energijos išteklių yra importuojami (Pacesila et al. 2016).

Per pastarąjį šimtmetį iškastinio kuro naudojimas sąlygojo pasiektą aukščiausią CO<sub>2</sub> emisijų lygį. Jeigu nebus imtasi rimtų politinių priemonių, per ateinančius 50 metų CO<sub>2</sub> koncentracija atmosferoje padidės dvigubai, o tai dar labiau sustiprins globalinį atšilimą (Pacesila et al. 2016). AEI panaudojimas galėtų prisidėti prie klimato kaitos mažinimo bei sumažinti importuojamo kuro poreikį. Atsinaujinančios energijos technologijos, kurios vis dar plėtojamos, galėtų būti naudojamos elektros ir šilumos gamybai, o į atmosferą išmetamas CO<sub>2</sub> kiekis būtų mažesnis arba praktiškai jo iš viso nebūtų išmetama (Pacesila et al. 2016). Atsinaujinančių išteklių energija taip pat turi tam tikrą neigiamą poveikį aplinkai, tačiau jis yra gerokai mažesnis. Lyginant su iškastinio kuro deginimu, atsinaujinančių išteklių energijos technologijų poveikis yra nedidelis ir lokalus (Tăpurică 2011).

Apskaičiuota, kad Lietuvos energetinis potencialas iš atsinaujinančių išteklių yra ~ 40 TWh (Lietuvos vėjo elektrinių asociacija, 2012). Remiantis *Europos Parlamento ir Tarybos 2009/28/EB direktyva dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją*, Europos valstybės yra įsipareigojusios imtis priemonių, kad padidintų AEI dalį nacionaliniame balanse ir pasiektų ES tikslą – iki 2020 m. ne mažiau 20 % visos energijos turi sudaryti energija iš AEI. Numatoma, kad Lietuvoje iki 2020 m. AEI turėtų sudaryti 23 % bendrą galutinės energijos suvartojimą. Įvairūs teisės aktai ir paramos fondai skatina diegti AEI, dėl šios priežasties Lietuvoje AEI dalis galutiniame energijos suvartojime kasmet auga. 2014 m. sudarė 23,9 % ir viršijo ES-28 šalių vidurkį, kuris tais pačiais metais buvo tik 16 % (žr. 2 pav.).

AEI naudojimas yra Lietuvos vyriausybės prioritetas, siekiant energetinės nepriklausomybės, kuri labai sumažėjo po to, kai 2009 m. gruodžio mėn. buvo uždaryta atominė elektrinė. Taigi, elektros gamyba iš atsinaujinančių šaltinių palyginus yra nedidelė, nes anksčiau atominė elektrinė pagamindavo 70% šaliai reikalingos energijos (Pacesila et al. 2016).

Tradicinės atsinaujinančių energijos šaltinių, ypač biomasės, deginimo pagrindu veikiančios šildymo sistemos, kai kuriuose Europos regionuose jau yra plačiai naudojamos. Pastaraisiais metais naujos technologijos (saulės energijos sistemos, šilumos siurbliai, modernūs biomasės šildytuvai) sparčiai plinta ir tampa vis populiarsnės (Kranzl et al. 2013).

### 1.5.1 Saulės energijos panaudojimas karštam vandeniui ruošti individualiuose namuose

Saulės energija – vienas iš AEI, kuris Saulėje vykstančių reakcijų metu išskiria energiją. Per vieną minutę Saulė išspinduliuoja tiek energijos, kad visam pasauliui šio kiekio užtektų metus laiko (Ustinovičius et al. 2012).

Iš visų aplinką tausojančių ir AEI alternatyvų, saulės energija atrodo kaip viena iš perspektyviausių, kai kalbama apie aplinkos apsaugą ir tradicinių energijos šaltinių taupymą. Saulės energiją naudojančios sistemos, tam tikru mastu gali patenkinti energijos paklausą ir padėti išsaugoti ekosistemų pusiausvyrą. Vis dėl to, visuomenės palankumas saulės energijos technologijoms labai priklauso nuo tokių veiksnių, kaip efektyvumas, kaštai, patikimumas ir prieinamumas (Kumar, Rosen 2011, Shan et al. 2014). Lietuvoje saulės energija nėra plačiai naudojama. 2014 m. saulės energija sudarė tik 0,5 % šalies AEI sąnaudų, tačiau lyginant su ankstesniais metais energijos kiekis pagamintas iš saulės šilumos gerokai padidėjo (Oficialiosios statistikos portalas 2015).

Saulės šiluminė energija turi potencialo patenkinti šilumos poreikį gyvenamojo būsto sektoriuje. Pastaraisiais dešimtmečiais rinkoje atsirado įvairiausių saulės energiją naudojančių kolektorių ir sistemų, daugiausiai skirtų namų ūkiams. Šie produktai yra pakankamai patikimi ir atitinka aukštus techninius standartus (Buker, Riffat 2015).

Saulės energija pastatuose gali būti naudojama pasyviuoju ir aktyviuoju būdu. Pasyviuoju būdu naudojama saulės energija tada, kai atitinkamai suprojektuotas pastatas sugeria ir sulaiko saulės spindulius patalpų viduje, per pietų pusėje esančias skaidrias atitvaras (pvz. langus ar duris). Pasyviąsias saulės energijos šildymo sistemas derinant su energetiškai efektyviomis statybų technologijomis ir priemonėmis, patalpų šildymui sunaudojamos energijos kiekį galima sumažinti iki 30 %. Aktyvusis būdas – kai energijai pagaminti reikalinga tam tikra įranga. Šiuo būdu veikiančios energijos vandens gamybos ir patalpų šildymo sistemos gali sumažinti karšto vandens gamybai sunaudojamo kuro kiekį nuo 50 % iki 70 %, o patalpų šildymui – nuo 40% iki 60 %. Manoma, kad ateityje atsiradus tinkamiems techniniams sprendimams, tokiems kaip ilgalaikis šilto vandens išlaikymas, integruotų saulės energijos sistemų potencialas stipriai išaugs (Buker, Riffat 2015).

Saulės energijos šilumos kolektoriai yra šilumą kaupiantys įrenginiai, kurie viduje tekančių skysčių dėka saulės radiaciją paverčia šilumos energija, kurią perneša šilumos nešėjas (pvz. vanduo, oras). Saulės kolektoriai dažniausiai naudojami pastatams ar vandeniui šildyti (Kumar et al. 2015). Gyvenamuosiuose namuose dažniausiai naudojami plokštieji arba vakuuminiai saulės kolektoriai. Plokštieji kolektoriai gali būti įstiklinti ir neįstiklinti. Įstiklinti plokštieji kolektoriai yra izoliuotos, sandarios dėžės, kuriose po vienu arba daugiau stiklo ar plastiko (polimero) paviršiniu sluoksniu yra tamsi absorbuojanti plokštė. Neįstiklinti plokštieji kolektoriai – paprastai naudojami lauko baseinams šildyti – turi iš metalo arba polimero pagamintą tamsią absorbuojančią plokštę, kuri nėra uždengta. Vakuuminių saulės kolektorių sudaro lygiagrečios eilės skaidrių stiklinių vamzdžių. Kiekvienas vamzdis turi stiklinį išorinį sluoksnį ir prie briaunos pritvirtintą metalinį absorbuojantį vamzdį. Šis absorbuojantis paviršius sugeria saulės energiją, tačiau slopina spinduliuojančius šilumos nuostolius (DOE).

Karšto vandens ruošimas saulės kolektoriais yra ekonomiškai efektyvus šildymo būdas ir turi didelį neišnaudotą potencialą Lietuvoje (Adomavičius 2013). Saulės energiją naudojantys vandens šildytuvai gali būti ekonomiškai alternatyva gaminti karštą vandenį namų reikmėms. Juos galima naudoti bet kokioje klimato zonoje,

o jų naudojamas kuras – saulės energija – yra nemokamas, nepavojingas aplinkai ir neišsenkantis energijos šaltinis (DOE).

Saulės energiją naudojančios šildymo sistemos leidžia sumažinti išlaidas, o ilguoju laikotarpiu padeda sutaupyti ir daug energijos. Saulės energija pastatų ir karšto vandens šildymo reikmėms yra pakankamas ir neribotas šaltinis. Apytiksliai skaičiuojama, kad maždaug 30 – 40 % visos pasaulyje šildymui sunaudojamos energijos galėtų būti pagaminta iš saulės energijos, o Europoje ši dalis siekia 20 % (Buker, Riffat 2015). Saulės energiją naudojančių šiluminių technologijų (karšto vandens ir patalpų šildymo) panaudojimo potencialas yra milžiniškas (Buker, Riffat 2015). Naudojant saulės kolektorius galima pagaminti daugiau kaip 50 % viso šilumos poreikio karštam vandeniui gaminti (Cassard et al. 2011), tuo pačiu prisidedant prie klimato kaitos mažinimo.

Moksliniuose straipsniuose teigiama, kad Lietuvoje saulės kolektoriai nuo gegužės iki spalio mėnesio vandenį gali pašildyti 50-70 °C. Kitais mėnesiais saulė nėra tokia intensyvi, todėl pašildomas vanduo gali siekti 15-45 °C (Klevienė, Perednis 2012). Saulės energiją naudojančioms vandens šildymo sistemoms paprastai visada reikia papildomos atsarginės sistemos tiems atvejams, kai saulės šilumos nepakanka vandeniui pašildyti, ar padidėja debesuotumas (pvz. žiemą) (DOE). Nepaisant to, sutaupoma nemažai energijos išteklių (Klevienė, Perednis 2012).

Daugiausiai saulėtų dienų Lietuvoje yra pajūrio pusės dalyje, mažiausiai – rytinėje šalies dalyje. Pajūryje per metus vidutiniškai būna 1840 – 1900 h saulėtų dienų, o šalies rytinėje dalyje tik 1700 h. Nidoje yra didžiausias saulėtų valandų kiekis (1908 h/m.) (Lietuvos saulės energetikos asociacija).

Didžiausias kolektoriaus efektyvumas užtikrinamas, kai Saulės šviesos intensyvumas yra 1000 W/m<sup>2</sup> ir kai šilumos nešėjas cirkuliuoja taip intensyviai, kad kolektoriaus vidutinė temperatūra lygi aplinkoje esančiai temperatūrai. Didėjant temperatūros skirtumui tarp kolektoriaus ir aplinkos, šilumos nuostoliai taip pat didėja, o jo efektyvumas sumažėja (Kytra 2006).

Į pastatų inžinerines sistemas integruoti saulės kolektoriai gali būti įrengiami ant pastatų fasado arba stogo – kiekvienu atveju turi tam tikrą vizualinį poveikį. Atsižvelgiant į rūšį ir išmatavimus, sistema gali būti integruota tokiu būdu, kad ji būtų nematoma, estetiškai pritaikyta arba atrodyti kaip tam tikras architektūrinis akcentas (Buker, Riffat 2015).

Tyrimais nustatyta, kad saulės energiją naudojančių vandens šildytuvų technologijos reikšmingai sumažina energijos sąnaudas, lyginant su elektriniais karšto vandens šildytuvais. Lyginant su elektriniu vandens šildytuvu, saulės energiją naudojantis vandens šildytuvas sunaudoja 58 % mažiau energijos (Kakaza, Folly 2015).

### **1.5.2 Biokuro panaudojimas šilumos gamybai individualiuose namuose**

Reikia ne tik mažinti esamų gyvenamųjų namų energijos poreikius, mažinant energijos intensyvumą (pvz., tikėtina, kad panaudojant geresnes izoliacines medžiagas, susidarys mažesni šilumos nuostoliai), bet ir skatinti perėjimą nuo iškastinio kuro naudojimo prie atsinaujinančių šaltinių energiją naudojančių šildymo sistemų. Keičiant energijos sistemą ypač svarbu pasiekti, kad esamuose namuose veikiančios pasenusios ir neefektyvios iškastinio kuro šildymo sistemos būtų pakeistos į efektyviau veikiančius įrenginius, naudojančius AEI (Michelsen,

Madlener 2016). Pastatų šildymui sunaudojama didžiausia dalis energijos, todėl taupymo potencialas šiame sektoriuje yra didžiulis (Juodis 2013).

Biomasė – viena iš plačiausiai taikomų alternatyvių kuro rūšių. Biomasė – organinė medžiaga išgaunama iš augalų, įskaitant medieną ir iš miškų ir miškininkystės atliekų. Mokslininkai atliko tyrimą, kuriame nustatė, kad biomasė yra ypač svarbi tiek esamose, tiek būsimose AEI naudojančiose šildymo sistemose. Jau dabar biomasės potencialas kai kuriose ES valstybėse (pvz., Lietuvoje, Austrijoje) šilumos gamyboje yra plačiai išnaudojamas, taip pat šiose šalyse santykinai plačiai naudojamos malkomis kūrenamos šildymo sistemos (Kranzl et al. 2013).

Trečdalį Lietuvos teritorijos dengia miškai (32 %), o 82 % visos biomasės yra išgaunama būtent miškuose (Pacesila et al. 2016). Biomasę galima panaudoti tiek šiluminės energijos gamyboje, tiek elektros energijos. 2014 m. kietasis biokuras sudarė 84,7 % visų atsinaujinančių išteklių sąnaudų Lietuvoje. Daugiausiai biokuro buvo sunaudota namų ūkiuose (46,9 %), kiek mažesnė dalis – elektrai ir centralizuotai tiekiamai šilumai gaminti (41,3 %). Lyginant 2013 m. ir 2014 m., kietojo biokuro dalis katilinių ir elektrinių sąnaudose padidėjo 9,6 % (Oficialiosios statistikos portalas 2015). *Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme (žin. 2011-05-24, Nr. 62-2936)* numatyta, kad centralizuotai tiekiamą šiluminę energiją, pagamintą iš AEI, planuojama padidinti nemažiau kaip 60 % šilumos energijos balanse, o namų ūkiuose – ne mažiau 80 %. Lietuvoje didžiausią atsinaujinančios energijos potencialą turi biokuras.

Dabartinėje Lietuvos šildymo rinkoje ypač stipriai dominuoja dviejų tipų šildymo sistemos – centrinis šildymas ir individualios šildymo sistemos, kuriose deginama biomasė. Centrinio šildymo rinkos dalis ypač didelė urbanizuotose vietovėse – taip yra dėl pastaraisiais dešimtmečiais vykdytos centrinio šildymo sistemos plėtros politikos. Dėl įsišaknijusių tradicijų ir ekonominio konkurencingumo kaimiškuose regionuose paplitęs šildymas deginant biomasę – ypač paplitusios malkomis kūrenamos krosnys (Kranzl et al. 2013).

Pastaruoju metu visuomenės dėmesio centre atsidūrė ŠESD, kurių daugiausiai susidaro deginant iškastinį kurą. Vis geriau suvokiamas ir kitų teršalų pavojus, kurie yra tokie pat žalingi, o kartais kelia netgi didesnę grėsmę aplinkai ir visuomenės sveikatai (Li, Kelly, Li, Harris 2014), todėl iškastiniam kurui būtina ieškoti alternatyvių kuro rūšių. Deginant medieną, taip pat išsiskiria CO<sub>2</sub> emisijos, tačiau visos medienos CO<sub>2</sub> emisija yra laikoma neutrali, nes į atmosferą išmetamas CO<sub>2</sub> kiekis prilygsta augančių medžių sugeriamam kiekiui fotosintezės metu (Pa et al. 2013). Be to nustatyta, kad kietasis biokuras išskiria ~ 16,7 karto mažiau ŠESD per visą savo gyvavimo laiką pagamintam energijos vienetui nei akmens anglis, 14,6 karto mažiau nei naftos produktai ir 10,7 karto mažiau nei gamtinės dujos (Verbickas et al. 2013).

Medienos granulės – greitai populiarėjanti biokuro rūšis Lietuvoje. Tai tvarus energijos šaltinis ir efektyvus instrumentas, kovojant su klimato kaita (Sgarbossa et al. 2015). Lyginant malkas su medienos granulėmis, pastarosios turi daug teigiamų aspektų: jų didesnis efektyvumas, todėl reikia mažiau kuro, taip pat mažesnė tarša dėl švaresnio degimo (mažesnis poveikis sveikatai ir aplinkai), paprastesnis kuro tvarkymas ir laikymas, taip pat šio kuro nebereikia džiovinti, nes granulėse esantis drėgmės kiekis negali viršyti 10 % (Pa et al. 2013). Pasak mokslininkų, medienos granulės yra tinkama alternatyva gyvenamųjų namų šildymui, nes šis kuras turi mažai mineralinių medžiagų, todėl į atmosferą išmetama nedaug NO<sub>x</sub> ir kietųjų dalelių. Gyvenamųjų namų šildymui medienos granulės vis dažniau pakeičia malkas, nes automatizuotus medienos granulių katilus naudoti daug



patogiau ir paprasčiau (Pa et al. 2013), o jų naudingumo koeficientas dažniausiai būna daugiau nei 90 %. Atlikus tyrimą, buvo nustatyta, kad poveikis aplinkai naudojant medienos granules yra mažesnis lyginant su malkomis. Naudojant medienos granules poveikis žmonių sveikatai sumažėtų 95 %, ekosistemų kokybei 26 %, o klimato kaitos procesams 17 % (Pa et al. 2013).

Mokslininkai nustatė, kad malkas pakeitus medienos granulėmis bendras CO<sub>2</sub> emisijų lygis sumažėtų 38 %, nes medienos granules deginantys įrenginiai yra efektyvesni, mažiau sunaudojama degalų šio kuro transportavimo metu, taip pat kuro kokybė geresnė. Visgi, iškastinio kuro kilmės CO<sub>2</sub> emisijos išaugtų 30 %, daugiausia tai būtų susiję su papildomais granuliu gamybos procesais. Taip yra todėl, kad granuliu gamybos metu reikalinga elektros energija, o malkų gamyboje reikalingas tik dyzelinis kuras, skirtas medžiams nupjauti, susmulkinti ir transportuoti. Taip pat, deginant granules išmetama mažiau kietųjų dalelių, lyginant su malkomis, todėl bendroji kietųjų dalelių emisija sumažėtų 95 % (Pa et al. 2013).

Pasaulyje medieną naudojančių deginimo įrenginių populiarumas auga siekiant išvengti aukštų ir nuolat kintančių kuro kainų, užtikrinti energetinę nepriklausomybę, siekiant sušvelninti klimato kaitos procesus bei skatinant vietinės ekonomikos vystymąsi (Loughlin, Dodder 2014). Visgi, keičiant iškastinio kuro katilą į atsinaujinančio kuro katilą, gali iškilti kliūčių. Šildymo sistemos yra ilgalaikio vartojimo ir ilgaamžiški įrenginiai, todėl paprastai namų savininkai per savo gyvenimą dažnai nekeičia šių sistemų. Keičiant šilumos katilą, susiduriama su keliomis problemomis – dideli įrengimo kaštai, su energijos išteklių kainomis susijusi finansinė rizika, neigiamas suvokimas apie tam tikras gyvenamųjų namų šildymo sistemų savybes (pvz., naudojimo paprastumą) (Michelsen, Madlener 2016). Dėl šių priežasčių, namų savininkai lėčiau diegia alternatyvias šildymo sistemas iškastiniam kurui. Nepaisant to, medienos granuliu sistemos suteikia daug privalumų namų ūkiams, kurių pajamos yra mažos ir kurie neturi galimybių prisijungti prie gamtinių tinklų. Ši technologija ne tik mažiau teršia aplinką, tačiau yra įperkama ir mažesnes pajamas turintiems asmenims, o kurą galima pirkti ir mažesniais kiekiais (Thomson, Liddell 2015).

Atsižvelgiant į prognozes Europos valstybėse, medienos granulės yra patikima ir pigi energetinė alternatyva (Nunes et al. 2016), todėl tai skatina plėtoti biomasės naudojimą šiluminės energijos gamyboje. Šalyse, kuriose miškų ištekliai yra gausūs, kietoji biomasė gali tapti atsinaujinančiu ir tvariu energijos šaltiniu, teikiančiu energiją, padedančiu vystyti kaimiškiems regionams, bei kuriančiu naujas darbo vietas.

## 2. ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMUI INDIVIDUALIAME NAME GALIMYBIŲ ĮVERTINIMUI TAIKOMI METODAI

Energijos intensyvumo mažinimui individualiame name galimybių įvertinimui taikomi metodai ir etapai pateikti 4 paveiksle.

Siekiant sumažinti energijos vartojimo intensyvumą remiamasi Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcijos principais, kurios pagrindinė idėja pasitelkiama vertinant didėjančių pastatų energijos intensyvumą.

Pastato pirminio vertinimo svarbiausias tikslas yra atlikti pastato energetinį auditą, nustatantį šilumos ir energijos naudojimo intensyvumą bei identifikuojant problematiką. Šiame etape taip pat analizuojami pastato energijos šaltiniai ir energijos gamybos metodai, vertinami energijos pastate suvartojimo rodikliai – šilumos ir elektros energijos metinės sąnaudos įvairioms reikmėms. Pirminio vertinimo metu sudaromas medžiagų ir energijos bei kuro ir energijos balansai. Medžiagų ir energijos balansui sudaryti naudojami matavimo prietaisų rodmenys, namų buhalterinės apskaitos duomenys. Remiantis teorinėmis skaičiavimo metodikomis apskaičiuojami energijos nuostoliai šiluminės energijos gamybos metu, išlakos į aplinkos orą. Antrajame etape pastato analizės metu turi būti identifikuojamos pagrindinės neefektyvios energijos vartojimo priežastys.

Neefektyvaus energijos vartojimo priežastys gali būti:

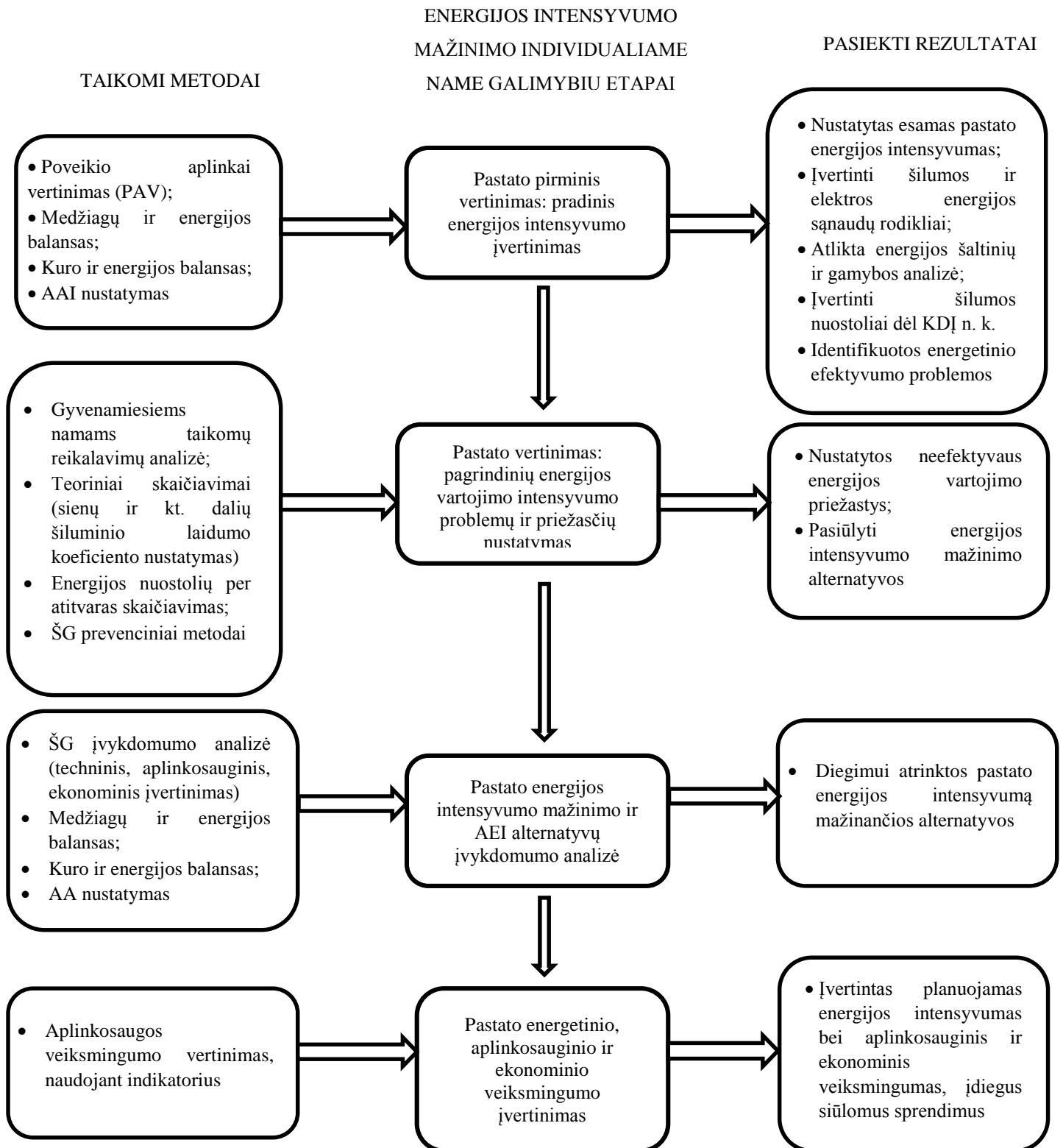
- Dideli energijos nuostoliai per atitvaras;
- Neatsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas šilumos ir energijos gamybai;
- Šilumos energijos gamybos įrangos žemas efektyvumas;
- Pasenusi įranga;
- Pasenusios technologijos;
- Kt.

Įvertinus ir identifikavus gyvenamojo namo energijos intensyvumo problemas, siūlomos alternatyvos ir atliekama jų įvykdomumo analizė. Šiam tikslui naudojama ŠG koncepcijos metodika (Staniškis et al. 2002, Staniškis et al. 2004, Staniškis et al. 2010). Siūlomos alternatyvos paremtos ŠG prevenciniais metodais, kurie skatina spręsti iškilusias aplinkosaugines problemas ir mažinti neigiamą poveikį žmonėms ir aplinkai, racionaliai naudoti gamtinius išteklius. Pastato energijos efektyvumo didinimui plačiausiai naudojami taršos prevenciniai metodai, pvz. (Staniškis et al. 2002, Staniškis et al. 2004, Staniškis et al. 2010):

- Įėjimų pakeitimas (pvz., tuo atveju, jeigu energijos gamybai naudojamas neatsinaujinantis kuras, jis gali būti pakeičiamas biokuru arba kitu AEI);
- Technologijos pakeitimas (pvz., tradicinė šildymo sistema pakeičiama į grindų šildymo sistemą, kaitrinės lempos pakeičiamos į LED);
- Įrangos modernizavimas (pvz., senos įrangos pakeitimas, pastato renovavimas);
- Procesų optimizavimas (pvz., automatizavimo priemonių įdiegimas pastate, katilinėje);
- Ir kt.

Aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimui taikomas santykinų aplinkos apsaugos indikatorių (AAI) lyginamosios analizės metodas. AAI nustatomi prieš projekto įdiegimą ir po jo, bei lyginami tarpusavyje. Šio

metodo esmė susisteminti visą daromą poveikį aplinkai, t. y. įvertinti esamą aplinkosauginį veiksmingumą ir palyginti su planuojamu po projekto (ų) įdiegimo.



4 paveikslas. Metodai, taikomi vertinti energijos intensyvumo mažinimo galimybes individualiame name (pastatas – esamas individualus namas)

Tyrimo metu buvo naudojamosi mokslinė literatūra, teisės aktais, namų buhalterinės apskaitos duomenimis, nekilnojamo turto kadastro ir registro byla, gyventojų suteikta informacija.

### *Elektros energijos sąnaudų įvertinimas*

Atskirų buitinių prietaisų (įrangos) elektros energijos sąnaudos buvo matuojamos elektros energijos matuokliu (žr. 5 pav.). Elektros energijos matuoklis parodo, kiek elektros (kWh) suvartoja prietaisai (įrenginys) per tam tikrą laiką.

Prietaiso pagalba buvo nustatoma, kiek elektros sunaudoja kiekvienas buitinis prietaisas. Elektros energijos sąnaudos buvo matuojamos per tam tikrą prietaisų veikimo laiką, nustatant santykinį indikatorių – elektros sąnaudas per valandą (kWh/val.). Šis indikatorius buvo dauginamas iš vidutinio kiekvieno prietaiso ar įrangos veikimo laiko per metus.

Apšvietimui sunaudojama elektros energija buvo apskaičiuota atsižvelgiant į lemputės galią ir vidutinį veikimo laiką.



5 paveikslas. Elektros energijos sąnaudų matuoklis

### *Gyvenamojo pastato atitvarų šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficientų vertinimas*

Remiantis STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ 1-ame priede pateikiamais šilumos perdavimo per pastatų atitvaras skaičiavimo metodais, skaičiuojamos pastato atitvarų šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficientų vertės.

Atitvaros sluoksnių šiluminė varža skaičiuojama pagal formulę:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}}, \quad (1)$$

čia:

$d$  – sluoksnio storis (m);

$\lambda_{ds}$  – sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K).

Atitvaros suminė šiluminė varža  $R_s$  (m<sup>2</sup>·K/W) apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q), \quad (2)$$

čia:

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos, m<sup>2</sup>·K/W;

$R_g$  – nevedinamo oro tarpo šiluminė varža, m<sup>2</sup>·K/W;

$R_q$  – plono sluoksnio šiluminė varža, m<sup>2</sup>·K/W (žr. 7 lentelę).

7 lentelė. Plonų sluoksnių (plėvelių, kartono ir kt.) šiluminė varža  $R_q$ :

Plono sluoksnio padėtis	$R_q, m^2 \cdot K/W$
Glaudžiai prispaustas prie vieno iš atitvarinės konstrukcijų paviršių	0,02
Tarp atitvaros sluoksnių *	0,04

Šaltinis: STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“

Atitvarų visuminė šiluminė varža apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}, \quad (3)$$

čia:

$R_{si}$  – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža,  $m^2 \cdot K/W$  (žr. 8 lentelę);

$R_s$  – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža,  $m^2 \cdot K/W$ ;

$R_{se}$  – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža,  $m^2 \cdot K/W$ , (žr. 8 lentelę).

8 lentelė. Vidinio ir išorinio paviršių šiluminės varžos  $R_{si}$  ir  $R_{se}$  ( $m^2 \cdot K/W$ )

Vidinio paviršiaus šiluminė varža, $R_{si}, m^2 \cdot K/W$			Išorinio paviršiaus šiluminė varža, $R_{se}, m^2 \cdot K/W$
Šilumos srauto kryptis			
horizontali	aukštyn	žemyn	Visomis kryptimis
0,13	0,10	0,17	0,04

Šaltinis: STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“

Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas  $U$  apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_t}, \quad (4)$$

čia:

$R_t$  – atitvaros visuminė varža  $m^2 \cdot K/W$

*Pirminės energijos (kuro šiluminės energijos gamybai) sąnaudų vertinimas*

Kuro sąnaudos, pagaminti šiluminę energiją vandens šildymo katile (VŠK), apskaičiuojamos pagal formulę (Staniškis et al. 2010):

$$B = \frac{Q \times 3,6}{Q_z \times \eta}, \quad (5)$$

čia:

$B$  – kuro sąnaudos, t/m. arba tūkst.  $nm^3/m$ ;

$Q$  – pagamintas šiluminės energijos kiekis, MWh/m.; 1MWh = 3,6 GJ;

$Q_z$  – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg arba GJ/t;

$\eta$  – šilumos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas.

*Degimo produktų teršalų į aplinkos orą ( $NO_x$ , CO, KD) vertinimas atliekamas, naudojant metodiką, pateiktą (Charkovas, 1997) 1.2 poskyryje „Kuro deginimas nedideliuose kurų deginančiuose įrenginiuose“:*

Azoto oksidų ( $NO_x$ ) išsiskyrimas (t/m.) vertinamas pagal formulę:

$$G_{NO_x} = 0,001 \cdot B \cdot Q_z \cdot K_{NO_x} (1 - \beta), \quad (6)$$

čia:

B – kuro kiekis, t;

$Q_z$  – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg ;

$K_{NO_x}$  – koeficientas, apibūdinantis  $NO_x$  kiekį, deginant biokurą, kg/GJ;

$\beta$  - koeficientas, įvertinantis azoto oksidų susidarymo mažėjimą dėl panaudotų techninių priemonių.

Anglies monoksido (CO) išsiskyrimas (t/m.) vertinamas pagal formulę:

$$G_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (7)$$

čia:

B – kuro kiekis, t;

$q_4$  – šilumos nuostoliai dėl nepilno mechaninio kuro sudeginimo, proc.;

$C_{CO}$  – anglies monoksido kiekis, išsiskiriantis deginant kurui, kg/t, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_z,$$

čia:

$q_3$  – šilumos nuostoliai dėl nepilno cheminio sudeginimo (proc.);

R – koeficientas, įvertinantis šilumos nuostolius dėl CO buvimo dūmuose;

$Q_z$  - kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg.

Kietųjų dalelių (KD) išsiskyrimas (t/m.) vertinamas pagal formulę:

$$G_{KD} = B \cdot A^r \cdot \lambda \cdot (1 - \eta), \quad (8)$$

čia:

B – sudeginamo kuro kiekis, t/m;

$A^r$  – kuro peleningumas, proc.;

$\lambda$  – koeficientas, apibūdinantis degių medžiagų kiekį šlake ir jų dalį lakiuosiuose pelenuose;

$\eta$  – kietųjų dalelių valymo įrenginių naudingumo koeficientas, proc.

Jeigu valymo įrenginių nėra,  $\eta = 0$ .

$SO_x$  išlakos į aplinkos orą, deginant akmens anglis ir biokurą, vertinamos pagal formulę, kuri pateikta EMEP/EEA metodikoje („Air pollutant emission inventory guidebook 2013“ / 1 Energy/ 1A Combustion / 1A4 Small combustion):

$$SO_x = \text{kuro kiekis (GJ)} \cdot \text{taršos faktorius} \left(\frac{g}{GJ}\right), \quad (9)$$

KD išsiskyrimas į aplinkos orą deginant gamtines dujas, vertinamos pagal formulę, kuri pateikta EMEP/EEA metodikoje („Air pollutant emission inventory guidebook 2013“ / 1 Energy / 1A Combustion / 1A4 Small combustion):

$$KD = \text{kuro kiekis (GJ)} \cdot \text{taršos faktorius } \frac{g}{GJ}, \quad (10)$$

ŠESD – CO<sub>2</sub> emisijos, deginant akmens anglis ir gamtines dujas, vertinamos pagal formulę pateiktą LAAIF metodikoje (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija, 2010):

$$CO_2 \text{ emisijos} = \text{sunaudojamo kuro kiekis} \cdot \text{kuro žemutinė šiluminė vertė} \left( \frac{TJ}{t} \right) \cdot \text{emisijų faktorius} \left( \frac{tCO_2}{TJ} \right) \quad (11)$$

9 lentelė. Akmens anglių ir medienos granuliu charakteristikos, naudojamos skaičiavimams

	Akmens anglis	Medienos granulės	Gamtinės dujos
Q <sub>ž</sub> , MJ/kg	25,12 <sup>1</sup>	17,7 <sup>2</sup>	33,49 <sup>1</sup>
K <sub>NOx</sub>	0,2 <sup>3</sup>	0,11 <sup>4</sup>	0,075 <sup>4</sup>
β	0 <sup>3</sup>	0 <sup>4</sup>	0 <sup>4</sup>
q <sub>4</sub>	5 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	0,5 <sup>4</sup>
q <sub>3</sub>	0,5 <sup>3</sup>	1 <sup>4</sup>	0,5 <sup>4</sup>
R	1 <sup>3</sup>	1 <sup>4</sup>	0,5 <sup>4</sup>
A <sup>r</sup>	9,7 <sup>5</sup>	0,6 <sup>2</sup>	-
λ	0,0023 <sup>3</sup>	0,005 <sup>4</sup>	-
SO <sub>x</sub> , g/GJ	900 <sup>6</sup>	11 <sup>6</sup>	0,3 <sup>6</sup>
CO <sub>2</sub> , tCO <sub>2</sub> /TJ	95 <sup>7</sup>	-	56,9 <sup>4</sup>
KD, g/GJ			1,2 <sup>6</sup>

Informacijos šaltiniai:

<sup>1</sup> Kuro ir energijos balanso sudarymo metodika 4 priedas, 2004;

<sup>2</sup> Medienos granuliu charakteristikos;

<sup>3</sup> Charkovas, 1997;

<sup>4</sup> Staniškis et al., 2010;

<sup>5</sup> Akmens anglių charakteristikos;

<sup>6</sup> European Environmental Agency, 2013;

<sup>7</sup> Nacionalinė inventorizacijos ataskaita, 2005.

Saulės kolektorių pagaminamas šilumos kiekis Q apskaičiuojamas pagal formulę (Kytra, 2006):

$$Q = I \cdot \eta_i \cdot A, \quad (12)$$

čia:

I – saulės šviesos intensyvumas, W/m<sup>2</sup>;

η<sub>i</sub> – kolektoriaus efektyvumo koeficientas, esant konkrečioms Saulės intensyvumo ir temperatūrų skirtumams tarp kolektoriaus ir aplinkos reikšmių;

A – saulės kolektoriaus paviršiaus plotas, m<sup>2</sup>.

Netiesioginis poveikis dėl elektros energijos sąnaudų skaičiuojamas pagal formulę pateiktą LAAIF metodikoje (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija, 2010):

$$CO_2 = \text{sunaudota elektros energija} \left( \frac{MWh}{m.} \right) \cdot \text{taršos faktorius} \left( \frac{tCO_2}{MWh} \right) \quad (13)$$

Pastaba: Taršos faktorius – 0,2762 tCO<sub>2</sub>/MWh (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija, 2010)

Šilumos kiekis, reikalingas pašildyti vandenį iki reikiamos temperatūros skaičiuojamas pagal formulę (Gudzinskas et al., 2011):

$$Q_1 = C \cdot m \cdot (t_2 - t_1) \quad (14)$$

čia:

C – savitoji šiluma, vandens 4200 J/kg °C;

m – sunaudojamo vandens kiekis, kg;

t<sub>2</sub> – pašildyto vandens temperatūra, °C, 50 – 60 °C (Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003 m. liepos 23 d. įsakymu Nr. V-455 patvirtinta Lietuvos higienos norma „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“);

t<sub>1</sub> – pradinė vandens temperatūra, °C.



### 3. INDIVIDUALAUS NAMO ENERGIJOS INTENSYVUMO ANALIZĖ IR PROBLEMATIKA

Išsamiai tyrimo analizei buvo pasirinktas vieno aukšto gyvenamasis namas su mansarda Kauno miesto pietrytinėje dalyje. Šis individualus gyvenamasis namas pastatytas 1995 m. Bendras namo plotas – 281,58 m<sup>2</sup>, gyvenamasis namo plotas 156,01 m<sup>2</sup>. Namu antrasis aukštas (mansarda) negyvenamas ir nešildomas, po pastatu įrengtas nešildomas rūsys. Namas pastatytas iš plytų mūro. *Statybos techniniame reglamente STR 1.12.06:2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“ (Žin. 2002-11-13, Nr. 109-4837)* numato, kad pastatai pastatyti iš plytų mūro gyvuoja 100 metų (žr. 4 lentelę). Atsižvelgiant į tai, šį pastatą nusidėvėjus būtina modernizuoti bei palaikyti jo gerą techninę ir energetinę būklę.

Per gyvavimo trukmę buvo atliktos kelios pastato rekonstrukcijos:

- 2010 m. buvo atlikta namo šlaitinio stogo rekonstrukcija, kurios metu asbestcemenčio lakštai buvo pakeisti į eternito šiferį. Stogas buvo papildomai apšiltintas akmens vata.
- 2013 m. atlikta išorės sienų ir cokolio rekonstrukcija, plytų mūro sienos buvo apšiltintos 100 mm polistireniniu putplasčiu (EPS). Seni, pralaidūs, neefektyvūs langai buvo pakeisti į naujos kartos medinius, vienos kameros stiklo paketo, langus.

Namu rūsyje įrengta katilinė, kurioje sumontuotas kietuoju kuru – akmens anglimis kūrenamas Viadrus U 26-5 vandens šildymo katilas (VŠK). Katilo galingumas 23,5-30 kW, jo teorinis naudingumo koeficientas (n. k.) – iki 80 %. Katilas apšildo 156,01 m<sup>2</sup> namo plotą. VŠK veikia tik šaltuoju (šildymo) sezono metu – iki 7,5 mėnesių per metus. Pastate įrengtas kombinuotas karšto vandens paruošimo mazgas. Buitinėms reikmėms naudojamas vanduo šiltojo sezono metu (~ 4,5 mėn.) pašildomas elektriniu vandens šildytuvu.

Kaip buvo minėta, analizuojame individualiame name nuo 2010 m. atlikta nemažai energijos efektyvumo didinimo darbų. Šiame tyrime vertinamos galimybės dar daugiau sumažinti namo energijos intensyvumą bei pereiti prie AEI naudojimo.

#### 3.1. Individualaus namo pradinis energijos intensyvumo įvertinimas ir poveikio aplinkos orui analizė (pastato pirminis įvertinimas)

Pradiniam aplinkos apsaugos įvertinimui buvo sudarytas medžiagų bei energijos ir kuro ir energijos balansai, kuris susistemina informaciją apie individualaus gyvenamojo pastato šiluminės ir elektros energijos sąnaudas. Tyrimui buvo naudojami 2015 m. duomenys.

Įvedinių srautų vertės nustatytos pagal buhalterinius namų ūkio duomenis ir matavimo prietaisų rodmenis. Katilinės įvedinių srautai:

- sunaudojamas kuro kiekis (akmens anglių), t/m.;
- elektros energijos sąnaudos, MWh/m.;
- vandens sąnaudos, m<sup>3</sup>/m.

Individualaus namo analizuojami įvedinių srautai:

- šilumos energijos sąnaudos, MWh/m.;

- elektros energijos sąnaudos, MWh/m.;
- šalto ir karšto vandens sąnaudos, m<sup>3</sup>/m.

Analizuojame pastate naudojamas termofikacinis vanduo (namo apšildymui bei karšto vandens ruošimui) bei vanduo, skirtas buitinėms reikmėms.

Išvedinių srautų vertės (išlakos iš stacionaraus oro taršos šaltinio, pagaminamas šilumos kiekis ir kt.) apskaičiuotos teoriškai pagal skaičiavimo metodikas. Tyrimo metu naudotos metodikos pateiktos 2 skyriuje. Katilinės išvedinių srautai:

- pagaminta šiluminė energija, MWh/m.;
- šiluminės energijos gamybos nuostoliai, MWh/m.
- teršalų išlakos į aplinkos orą, t/m.;
- ŠESD, t/m.
- atliekos, t/m.

Individualaus namo išvedinių srautai:

- šiluminės energijos nuostoliai per atitvaras, MWh/m.;
- elektros energijos nuostoliai dėl neefektyvaus energijos naudojimo, MWh/m.;
- buitinės nuotekos, m<sup>3</sup>/m.;
- atliekos, t/m.

Individualaus namo medžiagų ir energijos bei kuro ir energijos balansas (2015 m.) pavaizduotas 6 paveiksle.

#### *Šilumos energijos sąnaudų individualiame name įvertinimas – kuro ir energijos balanso sudarymas*

Kaip buvo minėta, individualaus namo rūsyje įrengtas 23,5 – 30 kW galios VŠK. Šiluminė energija gaminama deginant akmens anglis. Per metus sudeginama iki 5 t (3 TNE, arba 34,89 MWh, arba 125,6 GJ). Tokiu būdu galima garyti išvadą, kad kuro naudojimo intensyvumas analizuojamame name – 0,22 MWh/m<sup>2</sup>.

Katilo n. k. – iki 80 %. Įvertinta, kad esant nurodytam n. k., šilumos gamybos metu deginant akmens anglis, per metus susidaro iki 6,98 MWh šilumos nuostolių. Katilinėje pagaminta šilumos energija naudojama patalpų šildymui ir karšto vandens paruošimui šaltojo sezono metu.

Išlakos į aplinkos orą deginant akmens anglis buvo skaičiuojamos remiantis (6), (7), (8) ir (9) formulėmis:

$$G_{NO_x} = 0,001 \cdot 5 \cdot 25,12 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0) = 0,025 \frac{t}{m.}$$

$$G_{CO} = 0,001 \cdot 12,56 \cdot 5 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 0,06 \frac{t}{m.}$$

$$C_{CO} = 0,5 \cdot 1 \cdot 25,12 = 12,56 \text{ kg/t}$$

$$G_{KD} = 5 \cdot 9,7 \cdot 0,0023 \cdot (1 - 0) = 0,11 \frac{t}{m.}$$

$$G_{SO_x} = 125,6 \text{ GJ} \cdot 900 \frac{g}{GJ} = 113040 \text{ g} = 0,113 \frac{t}{m.}$$

ŠESD apskaičiuotos pagal formulę (11):

$$CO_2 = 5 \frac{t}{m} \cdot 0,02512 \frac{TJ}{t} \cdot 95 \frac{tCO_2}{TJ} = 11,932 \frac{t}{m}.$$

Apskaičiuota, kad deginant akmens anglis, per metus susidaro 0,349 t pelenų. Pelenai negali būti naudojami kaip trąša, nes sudėtyje turi daug kenksmingų medžiagų, todėl atšaldyti yra šalinami mišrių atliekų konteineryje.

Pagal VŠK technines charakteristikas, akmens anglimis šildomas katilas sunaudoja apie 8 kWh elektros 1MWh šilumos pagaminti ( $8kWh_{el}/MWh_s$ ). Įvertinta, kad gaminant 27,91 MWh šilumos, sunaudojama apie 223 kWh/m. elektros energijos (0,223 MWh/m.).

Netiesioginė įtaka aplinkos orui dėl elektros energijos sąnaudų, apskaičiuota naudojant formulę (13):

$$CO_2 = 0,223 \frac{MWh}{m} \cdot 0,2762 t \frac{CO_2}{MWh} = 0,062 t \frac{CO_2}{m}.$$

Analizuojamame pastate sunaudojama  $134 m^3/m.$ , įsk. iki 50 % – karšto. Kieto kuro katilas buitiniams tikslams naudojamą vandenį šildo tik 7,5 mėn. Energijos kiekis, reikalingas  $41,875 m^3$  vandens pašildyti nuo  $15 ^\circ C$  iki  $55 ^\circ C$  apskaičiuojamas pagal formulę (14):

$$Q_1 = 4200 J/(kg \ ^\circ C) \cdot 41\ 875\ kg \cdot (55^\circ C - 15^\circ C) = 7,04\ GJ/m. =$$

$$1,96\ MWh/m.$$

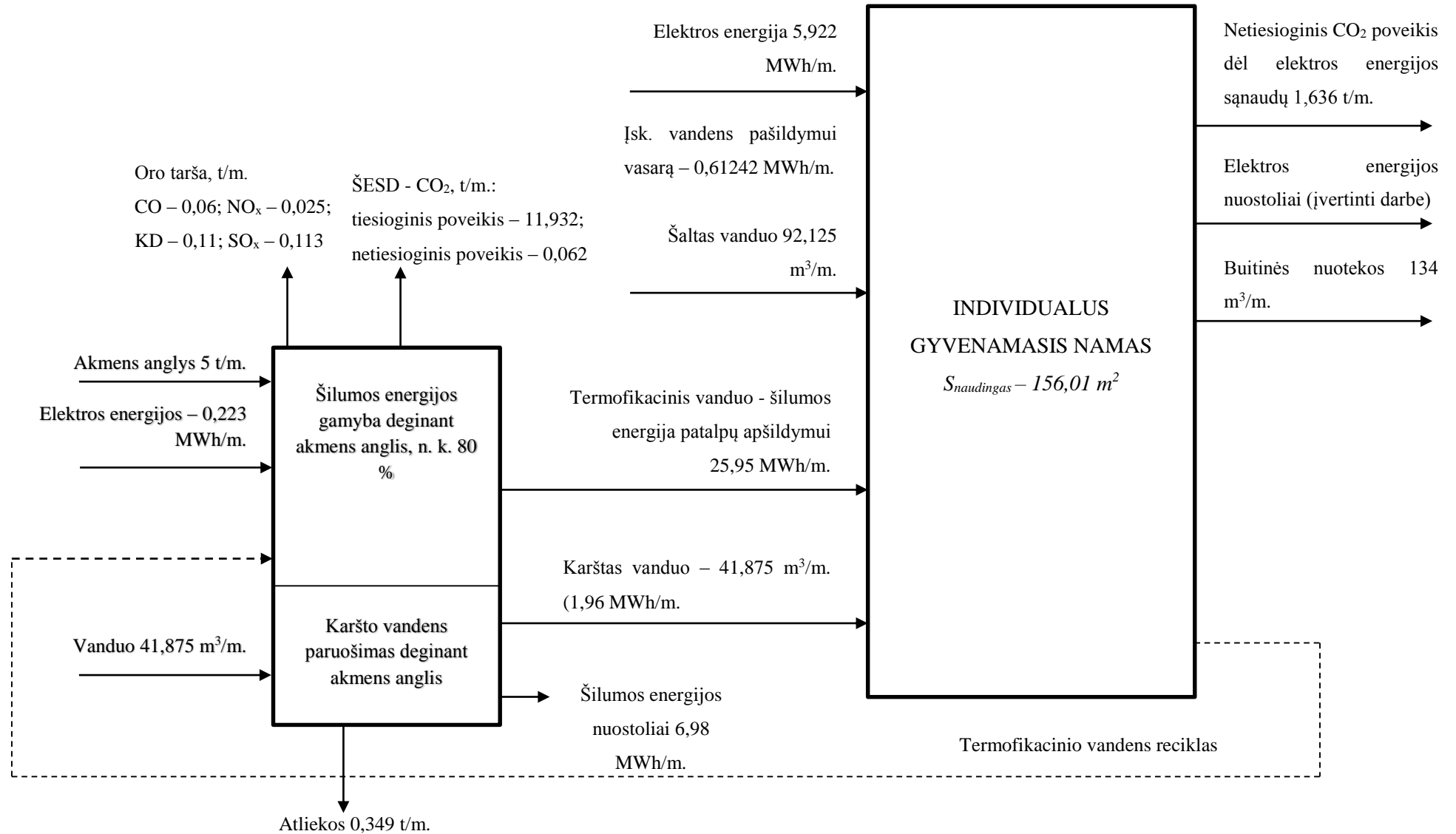
Tyrimo metu atlikti skaičiavimai tik patvirtino teiginį, kad deginant akmens anglis pasenusiuose ir neefektyviuose katiluose, į aplinkos orą išsiskiria teršalai ir ŠESD, kurios turi neigiamą poveikį klimato kaitos procesams, oro kokybei ir gyvenimo sąlygoms aplinkinėse teritorijose, ypač šildymo sezono metu (Stolarski et al. 2013). Nepaisant to, kad iškastinis kuras (pvz. akmens anglis) yra pigesnis, siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, reikėtų atnaujinti seną ir neefektyvią šildymo sistemą, pakeičiant ją AEI (pvz. biokuru, įdiegiant šiuolaikinį VŠK su n. k. nemažesniu nei 90 %).

#### *Elektros energijos intensyvumas individualiame name*

Bendros pastato elektros energijos sąnaudos vertintos pagal apskaitą, kuri vedama pagal namo elektros skaitliuko rodmenis. Analizuojamame individualiame name per metus sunaudojama 5921,68 kWh elektros energijos. Tokiu būdu galima daryti išvadą, kad elektros energijos intensyvumas analizuojame name –  $0,04\ MWh/m^2$ .

Netiesioginė įtaka aplinkos orui dėl elektros energijos sąnaudų apskaičiuojama pagal formulę (13):

$$CO_2\ kiekis \left( \frac{t}{m} \right) = 5,922 \frac{MWh}{m} \cdot 0,2762 \frac{tCO_2}{MWh} = 1,636 \frac{tCO_2}{m}.$$



6 paveikslas. Tyrimui pasirinkto individualaus gyvenamojo namo medžiagų ir energijos balansas bei šilumos energijos gamybos kuro ir energijos balansas  
Pastaba: individualaus namo medžiagų ir energijos balanse neparodyti naudojamų medžiagų sąnaudų ir susidariusių atliekų srautai, kadangi jie nebuvo analizuojami šiame darbe.

### 3.2. Pastato energetinis vertinimas: pagrindinių energijos vartojimo intensyvumo problemų nustatymas

Šilumos energijos gamybos nuostoliai (6,98 MWh/m.) įvertinti 3.1 poskyryje. Pagrindinė nuostolių priežastis – žemas katilo n. k. (iki 80 %).

#### *Elektros energijos sąnaudų įvairioms reikmėms vertinimas ir nuostolių priežasčių identifikavimas*

Namuose buitinių prietaisų elektros energijos sąnaudos buvo matuojamos elektros energijos matuokliu (žr. 5 pav.). Vandens šildytuvo elektros energijos sąnaudos buvo apskaičiuotos pagal techninius parametrus, o apšvietimui sunaudojama elektros energija – pagal naudojamų lempučių galios parametrus bei vidutinį veikimo laiką kiekviename gyvenamojo namo kambaryje.

Karštas vanduo elektriniu vandens šildytuvu yra ruošiamas tik šiltuoju metų laiku (~ 4,5 mėn.). Per šį laikotarpį pagaminama ~ 25 125 l karšto vandens. Pagal vandens šildytuvo techninius parametrus buvo įvertinta, kad karšto vandens ruošimui sunaudojama 612,42 kWh/m. elektros energijos.

Išanalizavus elektros energijos sąnaudas (žr. 10 lentelė) buvo nustatyta, kad daugiausiai elektros energijos tiriamajame objekte yra sunaudojama apšvietimo reikmėms (44,77 % viso energijos kiekio). Šias dideles elektros sąnaudas apšvietimo reikmėms galima būtų sieti su kaitrinių lempų naudojimu ir žmogiškuoju faktoriumi, kuomet išėjus iš kambario pamirštama išjungti įjungtą šviesą.

Karštas vanduo elektriniu vandens šildytuvu yra šildomas tik 4,5 mėn. per metus, tačiau elektros energijos sąnaudos vandens pašildymui sudaro net 10,34 % viso sunaudoto elektros energijos kiekio.

10 lentelė. Elektros energijos sąnaudos individualiame name

Duomenų rinkimas	Elektros prietaisai	Vnt.	įrenginio galia, kW	kWh/val.	Veikimo laikas val./mėn.	kWh/mėn.	kWh/m.	PASTABA
skaičiuota	Apšvietimas svetainė	12	0,1		105	126,00	1512	
skaičiuota	Apšvietimas miegamasis kambarys 1	1	0,1		120	12,00	144	
skaičiuota	Apšvietimas miegamasis kambarys 2	1	0,1		30	3,00	36	
skaičiuota	Apšvietimas miegamasis kambarys 3	2	0,1		48	9,60	115,2	
skaičiuota	Apšvietimas virtuvė 100W	1	0,1		118	11,80	141,6	
skaičiuota	Apšvietimas rūsys	7	0,04		10	2,80	33,6	
skaičiuota	Apšvietimas holas	13	0,04		50	26,00	312	
skaičiuota	Apšvietimas WC	1	0,04		16	0,64	7,68	
skaičiuota	Apšvietimas koridorius	3	0,06		120	21,60	259,2	
skaičiuota	Apšvietimas vonia	1	0,075		50	3,75	45	
skaičiuota	Apšvietimas antras aukštas	5	0,075		10	3,75	45	
	<b>Bendros apšvietimo sąnaudos</b>	<b>47</b>				<b>220,94</b>	<b>2651,28</b>	
matuota	Skalbimo mašina	1	-	0,39	12	4,68	56,16	0,58 kWh per 1 skalbimą,
matuota	Plaukų džiovintuvas	1	2	1,14	1,5	1,71	20,52	0,19 kWh/10 min.
matuota	Nešiojamo kompiuterio pakrovėjas	2	0,09	0,4	200	80,00	960	0,2 kWh/val. vienas pc
matuota	Drėgmės surinkėjas	1	2,2	0,2	10	2,00	24	0,05 kWh/15 min.
matuota	Televizorius	1	-	0,02	74	1,48	17,76	0,01 kWh/27 min.
matuota	Stacionarus kompiuteris	1	-	0,12	20	2,40	28,8	0,12 kWh/1 val. (darbo)
matuota	El. Orkaitė	1	-	0,76	4	3,04	36,48	0,57 kWh/45 min.
matuota	Mikro bangų krosnelė	1	-	0,96	0,6	0,58	6,912	0,08 kWh/5 min.
matuota	Šaldytuvas	1	-	0,034	720	24,48	293,76	0,65 kWh/19 val.
matuota	Šaldiklis	1	-	0,036	720	25,92	311,04	1,78kWh/49 val.
matuota	El. Virdulys	1	1,7	1,7	15	25,50	306	0,17 kWh/6 min.
skaičiuota	Katilinė	1					223	
skaičiuota	Vandens šildytuvas	1				136,09	612,42	
skaičiuota	kiti smulkūs elektros prietaisai					30,96	371,548	
					<b>viso:</b>	<b>786,56</b>	<b>5921,68</b>	

*Šilumos nuostolių per atitvaras įvertinimas individualiame name*

Kaip parodė literatūros analizės rezultatai, Lietuvoje pastatų šildymo reikmėms sunaudojama ~ 40 % visos pagaminamos šiluminės energijos. Šilumos energijos nuostoliai pastatuose per visas atitvaras susidaro dažniausiai dėl blogos izoliacijos, per ventiliacines sistemas arba dėl namo natūralaus nusidėvėjimo

*Lietuvos higienos normoje HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ (žin., 2009-12-31, Nr. 159-7219)* numato, kad šaltuoju metų laiku temperatūra patalpose turėtų būti ne žemesnė nei 18 – 22 °C. Vidutinė temperatūra analizuojame individualiame name šaltojo sezono metu siekia 21 °C, todėl galima patvirtinti, kad patalpų temperatūra atitinka higienos normos reikalavimus.

Per gyvavimo laiką pastatas jau nekartą yra rekonstruotas. Rekonstrukcijų metu buvo pakeisti seni ir neefektyvūs langai į naujos kartos vienos kameros medinius langus, taip pat apšiltintos pastato sienos, bei pakeista ir apšiltinta stogo danga. Preliminariai įvertinus pastato būklę ir atsižvelgus į atliktas renovacijas manoma, kad pastatas galėtų atitikti C – D klasę.

Siekiant įvertinti analizuojamo pastato esamą šiluminę būklę, analizės metu pagal darbo metodikoje patektas formules (1), (2), (3) ir (4) buvo skaičiuojami šilumos nuostoliai per gyvenamojo pastato atitvaras. Atliekant šiuos skaičiavimus buvo remtasi nekilnojamojo turto kadastro byla, apžiūros metu surinktais duomenimis, pastato statybos projektu ir gyventojų suteikta informacija apklausos metu.

Skaičiavimų metu buvo įvertinta stogo, langų, durų, sienų, cokolio, grindų, langų ir durų šilumos nuostoliai (MWh/m.), apskaičiuotas šilumos perdavimo koeficientas (žr. 11 lentelę) ir palygintas su norminėmis ir leistinosiomis reikšmėmis (žr. 12 lentelę).

*11 lentelė. Individualaus pastato sienų, cokolio, stogo, grindų, lauko durų ir langų šiluminės varžos  $R$ ,  $m^2 \cdot K/W$ , šilumos perdavimo koeficientas  $U$ ,  $W/(m^2 \cdot K)$  ir šilumos nuostolių įvertinimas  $MWh/m$ .*

Sluoksnis	Storis	Projektinis šilumos laidumo koeficientas	Šiluminė varža,
	d, m	$\lambda_{ds}$ , $W/(m \cdot K)$	$R = d/\lambda_{ds}$ , $m^2 \cdot K/W$
<b>SIENOS</b>			
Polistireninis putplastis (EPS)	0,1	0,035 <sup>1</sup>	2,86
Kalkių – smėlio – cemento tinkas	0,02	0,9 <sup>2</sup>	0,02
Plytos	0,12	0,8 <sup>2</sup>	0,15
Oro tarpas	0,06		0,18
Dujų silikato blokelis	0,2	0,125 <sup>2</sup>	1,6
<b>Atitvaros sluoksnių suminė varža <math>R_s</math>, <math>m^2 \cdot K/W</math></b>			4.81
<b>Atitvaros visuminė šiluminė varža <math>R_t</math>, <math>m^2 \cdot K/W</math></b>	0,13+4,58+0,04 = <b>4,98</b>		
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, <math>U</math>, <math>W/m^2 \cdot K</math></b>	1/4,98 = <b>0,2</b>		
Šilumos nuostoliai: $0,2 \cdot 142,33 \cdot 26 \cdot 225 \cdot 24 / 1000000 =$ <b>3,99 MWh/m.</b>			

11 lentelės tęsinys

<b>COKOLIS</b>			
Betonas	0,48	2 <sup>3</sup>	0,24
Polistireninis putplastis (EPS)	0,1	0,038 <sup>1</sup>	2,63
Kalkių – cemento – smėlio tinkas	0,02	0,9 <sup>2</sup>	0,02
Plytos	0,088	0,8 <sup>2</sup>	1,1
<b>Atitvaros sluoksnių suminė varža R<sub>s</sub>, m<sup>2</sup>·K/W</b>			<b>3,99</b>
<b>Atitvaros visuminė šiluminė varža, m<sup>2</sup>·K/W</b>	<b>0,13+3,99+0,04 = 4,16</b>		
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, U, W/ m<sup>2</sup>·K</b>	<b>1/4,16 = 0,24</b>		
Šilumos nuostoliai: (0,24*69*17*225*24)/1000000 = <b>1,52 MWh/m.</b>			
<b>STOGAS</b>			
OSB plokštė (orientuotų medžio drožlių plokštės)	0,0125	0,13 <sup>2</sup>	0,096
Polietilininė plėvelė			0,02
Mineralinė vata	0,25	0,041 <sup>3</sup>	6,1
Difuzinė plėvelė			0,02
<b>Atitvaros sluoksnių suminė varža R<sub>s</sub>, m<sup>2</sup>·K/W</b>			<b>6,24</b>
<b>Atitvaros visuminė šiluminė varža, m<sup>2</sup>·K/W</b>	<b>6,24+0,10+0,04 = 6,38</b>		
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, U, W/ m<sup>2</sup>·K</b>	<b>1/6,38 = 0,16</b>		
Šilumos nuostoliai: (0,16*172,3*27*225*24)/1000000 = <b>4,02 MWh/m.</b>			
<b>GRINDYS VIRŠ NEŠILDOMO RŪSIO</b>			
G/b plokštės	0,12	2 <sup>2</sup>	0,06
Medžio pjuvenų plokštė	0,02	0,18 <sup>2</sup>	0,11
Mineralinė vata	0,05	0,042 <sup>3</sup>	1,19
<b>Atitvaros sluoksnių suminė varža R<sub>s</sub>, m<sup>2</sup>·K/W</b>			<b>1,36</b>
<b>Atitvaros visuminė šiluminė varža, m<sup>2</sup>·K/W</b>	<b>0,17+1,36+0,04 = 1,57</b>		
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, U, W/ m<sup>2</sup>·K</b>	<b>1/1,57 = 0,64</b>		
Šilumos nuostoliai: 0,64*128,68*17*225*24/1000000 = <b>7,56 MWh/m.</b>			
<b>LAUKO DURYS</b>			
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, U, W/ m<sup>2</sup>·K</b>	<b>1,3<sup>4</sup></b>		
Šilumos nuostoliai: (1,3*2,53*26*225*24)/1000000 = <b>0,46 MWh/m.</b>			
<b>LANGAI</b>			
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, U, W/ m<sup>2</sup>·K</b>			<b>1,4<sup>5</sup></b>
Šilumos nuostoliai: (1,4*23,06*26*225*24)/1000000 = <b>4,53 MWh/m.</b>			

<sup>1</sup> Polistireninio putplasčio (EPS100) šilumos laidumo koeficientas;<sup>2</sup> STR 2.05.01:2005 8 priedas;<sup>3</sup> STR 2.01.09:2005 3 priedas;<sup>4</sup> Šarvuotų durų šilumos laidumo koeficientas;<sup>5</sup> Ramanauskas et al., 2005

Šilumos nuostolių per atitvaras analizės (teorinio vertinimo) metu buvo nustatyta, kad per visas pastato atitvaras prarandama 22,08 MWh/m. šilumos energijos. Analizuojant kiekvienos atitvaros šilumos nuostolius,



buvo pastebėta, kad daugiausia šilumos prarandama per grindis virš nešildomo pogrindžio (34,24 %) ir per pastato langus (20,52 %). Mokslinėje literatūroje, didelis šilumos laidumas yra įvardijamas kaip neigiama langų šiluminė savybė (Ramanauskas et al. 2005). Analizuojamame individualiame name langų plotas didelis, todėl daug šilumos yra prarandama per juos.

Nepaisant to, kad sienos ir stogas yra apšiltinti ir rekonstruoti, šilumos praradimas per juos yra nemažas palyginti su kitomis atitvaromis: per stogą prarandama 18,21 % šilumos, o per sienas – 18,07 % šilumos. Moksliniuose tyrimuose nustatyta, kad 63 % šilumos nuostolių tenka dideliems ir prastai izoliuotiems sienų ir stogo plotams (Ahern et al. 2013), todėl analizuojame name šilumos nuostoliai yra santykinai nedideli.

Šilumos nuostolių įvertinimo metu buvo apskaičiuoti tik šilumos nuostoliai per atitvaras. Tai yra teoriniai skaičiavimai, neatsižvelgiant į nuostolius dėl infiltracijos, natūralaus ir mechaninio vėdinimo, šilumos nuostolius per ilginis šiluminius tiltelius, šilumos nuostolius šilumnešio vamzdynuose nešildomose patalpose. Nebuvo analizuojamas šilumos pritekėjimas nuo Saulės spinduliuotės per skaidrias atitvaras, vidinį šilumos išsiskyrimą iš vidinių šilumos šaltinių ir dėl žmonių buvimo patalpose.

Įvertinus gyvenamojo pastato esamą būklę ir palyginus šilumos perdavimo koeficientą su leistinu ir norminiu koeficientais, buvo nustatyta, kad visos atitvaros atitinka nustatytus reikalavimus išskyrus grindis virš nešildomo pogrindžio (žr. 12 lentelė). Galima teigti, kad visų atitvarų išskyrus grindis virš nešildomo pogrindžio, šiluminė būklė yra gera, pastato atitvaros atitinka C ir B energinio naudingumo klasės pastatų normines vertes. Remiantis gautais rezultatais, daroma išvada, kad papildomai reikia apšiltinti grindis virš nešildomo pogrindžio.

12 lentelė. Individualaus namo atitvarų plotai ir šiluminės technikos charakteristikos

Atitvaros pavadinimas	Plotas, m <sup>2</sup>	Esamas, U	Norminis U <sub>N</sub>	Leistinas, U <sub>MN</sub>	Pastabos
Cokolio sienos	69	0,24	0,25	≤0,35	Atitinka reikalavimus
Išorės sienos	215	0,2	0,2	≤0,3	Atitinka reikalavimus
Mediniai langai (nauji)	23,06	1,4	1,6	≤1,9	Atitinka reikalavimus
Šarvuotos lauko durys (naujos)	2,53	1,3	1,6	≤1,9	Atitinka reikalavimus
Grindys virš nešildomo pogrindžio	128	0,64	0,25	≤0,35	Reikia apšiltinti
Stogas	172,3	0,16	0,16	≤0,25	Atitinka reikalavimus

Pastabos:

- esamas U – apskaičiuotas atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, W/m<sup>2</sup>·K (žr. 11 lentelę);
- norminis U<sub>N</sub> ir leistinas U<sub>MN</sub> – pagal koeficientus pateiktus 6 lentelėje, W/m<sup>2</sup>·K

Pastato energetinės analizė metu nustatyti santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) pateikti 13 lentelėje. Šie indikatoriai bus naudojami toliau, atliekant energetinio ir aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimą. Po planuojamų alternatyvų įdiegimo numatoma, kad rodikliai pasikeis, todėl darbo pabaigoje bus lyginami santykiniai indikatoriai prieš projekto įdiegimą ir po įdiegimo.

13 lentelė. Energijos sąnaudų indikatoriai analizuojamame individualiame name ( $S_{naudingas} = 156,01 \text{ m}^2$ )

<b>Energetinio efektyvumo įvertinimui</b>		AAI	
Energijos naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.		216,8
Elektros energijos intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.		37,96
Šilumos energijos naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.		178,9
Energijos iš neatsinaujinančių energijos išteklių naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.		216,8
Elektros energija iš neatsinaujinančių išteklių	kWh/m <sup>2</sup> /m.		37,96
Šilumos energija iš neatsinaujinančių išteklių	kWh/m <sup>2</sup> /m.		178,9
Šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras	kWh/m <sup>2</sup> /m.		141,5
Kuro sąnaudos šilumos energijai gaminti	TNE/MWh		0,107
Energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu	kWh/MWh		250
<b>Aplinkosauginio efektyvumo įvertinimui</b>		AAI	
Gaminant šilumos energiją, išsiskyręs teršalų kiekis į aplinkos orą	kg/MWh		11
	kg/m <sup>2</sup> /m.		2
Gaminant šilumos energiją, ŠESD kiekis	kg/MWh		427,5
	kg/m <sup>2</sup> /m.		76,5
ŠESD dėl elektros energijos sąnaudų	kg/m <sup>2</sup> /m.		10,5
Atliekų kiekis gaminant šilumos energiją	kg/MWh		12,5
	kg/m <sup>2</sup> /m.		2,2
<b>Ekonominio efektyvumo įvertinimui</b>		AAI	
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos energijai	EUR/m <sup>2</sup> /m.		9,44
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant šilumos energiją	EUR/m <sup>2</sup> /m.		4,62
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant elektros energiją	EUR/m <sup>2</sup> /m.		4,82

Pastaba:

#### AAI energetinio efektyvumo įvertinimui:

AAA, susieti su galutinės energijos naudojimo intensyvumu:

1.1 Energijos naudojimo intensyvumas:  $(5,92 + 27,91 \text{ MWh/m.}) / 156,01 \text{ m}^2 = 216,8 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ :

1.1.1 elektros energijos naudojimo intensyvumas -  $5921,68 \text{ kWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 37,96 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;

1.1.2 šilumos energijos naudojimo intensyvumas -  $27,91 \text{ MWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 178,9 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;

2.1 Energijos iš neatsinaujinančių energijos išteklių naudojimo intensyvumas –  $216,8 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ :

1.2.1 Elektros energijos iš neatsinaujinančių išteklių -  $5921,68 \text{ kWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 37,96 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;

2.1.2 Šilumos energijos iš neatsinaujinančių išteklių -  $27,91 \text{ MWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 178,9 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;

3.1 Šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras –  $22,08 \text{ MWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 141,5 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$

4.1 Kuro sąnaudos šilumos energijai gaminti –  $3 \text{ TNE/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 0,107 \text{ TNE/MWh}$

5.1 Energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu -  $6,98 \text{ MWh/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 250 \text{ kWh/MWh.}$

#### AAI aplinkosauginio efektyvumo įvertinimui:

2.1 Gaminant šilumos energiją, išsiskyres teršalų kiekis į aplinkos orą:

- $0,308 \text{ t/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 11 \text{ kg/MWh}$ ;
- $0,308 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 2 \text{ kg/m}^2/\text{m.}$

2.2 Gaminant šilumos energiją, ŠESD (CO<sub>2</sub>) kiekis:

- $11,932 \text{ t/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 427,5 \text{ kg CO}_2/\text{MWh}$ ;
- $11,932 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 76,5 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{m.}$

2.3 ŠESD -CO<sub>2</sub> kiekis dėl elektros energijos sąnaudų:

- $1,636 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 10,5 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{m.}$

2.4 Atliekų kiekis gaminant šilumos energija:

- $0,349 \text{ t/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 12,5 \text{ kg/MWh}$ ;
- $0,349 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 2,2 \text{ kg/m}^2/\text{m.}$

**AAI ekonominio efektyvumo įvertinimui (čia jau paskaičiuokite)**

3.1 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos energijai:

$$1472,05 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 9,44 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$$

3.2 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant šilumos energiją:

$$720 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 4,62 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$$

3.3 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant elektros energiją:

$$752,05 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 4,82 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$$

#### 4. ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO GALIMYBĖS INDIVIDUALIAME GYVENAMAJE PASTATE IR JŲ ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ

Atlikus pastato energetinį vertinimą, buvo identifikuotos pagrindinės problemos, susijusios su dideliu energijos vartojimo intensyvumu bei nustatytos jų susidarymo priežastys:

- iškastinio kuro (akmens anglių) katilo naudojimas šilumos energijos gamybai; katilo n. k. - iki 80 %, todėl per metus susidaro dideli šilumos energijos nuostoliai (2015 m. – iki 6,98 MWh/m.);
- grindys virš nešildomo pogrindžio apšiltintos plonu mineralinės vatos sluoksniu, todėl per jas kasmet prarandama apie 7,56 MWh šilumos energijos;
- karštas vanduo šiltuoju metų laiku ruošiamas elektriniu vandens šildytuvu, o šaltuoju – VŠK, deginant akmens anglis;
- namuose įrengtas apšvietimas su neefektyviomis kaitrinėmis lemputės, todėl apšvietimui sunaudojama 44,77 % viso elektros energijos kiekio;

Siekiant sumažinti energijos intensyvumą pasirinktame individualiame name, darbe siūlomos alternatyvos:

1. Namų apšvietimo sistemos modernizavimas:
  - a. Neefektyvių kaitrinių lempų pakeitimas į energetiškai efektyvias šviesos diodų lempas (LED);
  - b. Judesio daviklių įrengimas tuose kambariuose, kuriuose nėra dienos šviesos apšvietimo.
2. Grindų virš namo nešildomo pogrindžio apšiltinimas storesniu izoliaciniu sluoksniu, taip sumažinant šilumos nuostolius per šią pastato atitvarą.
3. Šilumos gamybos sistemos modernizavimas: esamo neefektyvaus akmens anglimis kūrenamo katilo pakeitimas į biokuro granulėmis kūrenamą katilą (minimalus efektyvumas – 90 proc.) su automatiniu kuro padavimu į pakurą ir automatinę parametrų kontrolę.
4. Saulės šildymo kolektorių (SŠK) įdiegimas šilto vandens gamybai. Ruošiant karštą vandenį saulės energija tikimasi sumažinti poveikį aplinkai, bei energijos iš neatsinaujinančių energijos išteklių naudojimo intensyvumą pastate.

##### 4.1. Apšvietimo sistemos modernizavimo individualiame name įvykdomumo analizė

###### *Techninis įvertinimas*

Apšvietimui Europos Sąjungoje (ES-27) sunaudojama 10 % gyvenamųjų pastatų sunaudojamos energijos (Bertoldi et al. 2012). Analizuojamame gyvenamajame individualiame name elektros energijos sąnaudos siekia 5,922 MWh per metus (arba iki 17,51 % nuo bendrų namo energijos sąnaudų). Išsamiai išanalizavus didelių elektros energijų sąnaudų priežastis buvo nustatyta, kad 44,77 % (2,65 MWh) visos elektros energijos sudaro apšvietimo elektros energijos sąnaudos. Naudojamų kaitrinių lempų metinės elektros energijos sąnaudos pateiktos bendroje elektros energijos lentelėje (žr. 14 lentelę).

Dideles energijos sąnaudas apšvietimo reikmėms galima būtų paaiškinti tuo, kad patalpose vis dar naudojami šviestuvai su neefektyvomis kaitrinėmis lemputėmis. Šių lempų veikimo trukmė tik iki 1000 val. Siekiant sumažinti energijos intensyvumą, nuspręsta optimizuoti apšvietimo sistemą pakeičiant naudojamas kaitrines lempas naujomis efektyvomis šviesos diodų (LED) lempomis. Šios lempos naudoja mažiau elektros energijos, jų tarnavimo laikas siekia 15 000 val. (dega 15 kartų ilgiau lyginant su kaitrinėmis lempomis), todėl laikui bėgant jos atsiperktų.

14 lentelėje pateikti naudojamų kaitrinių lempų techniniai parametrai. Analizuojamame individualiame name instaliuota 3170 W apšvietimo galia.

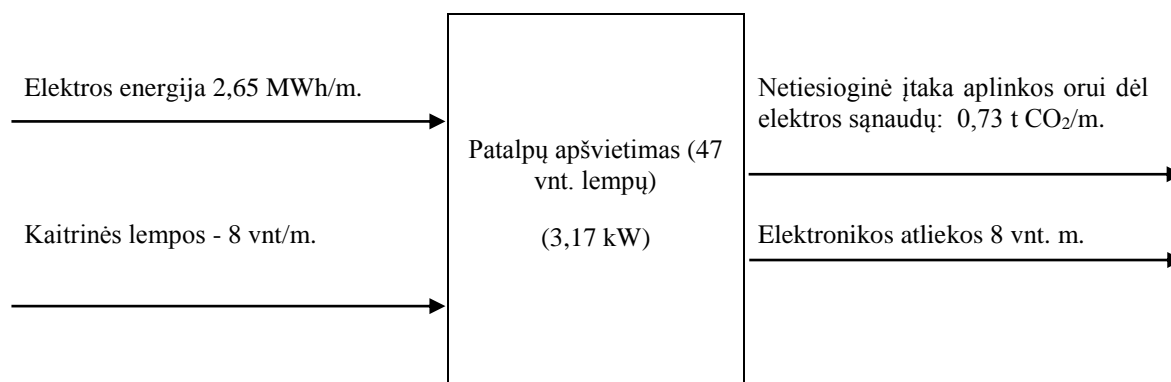
14 lentelė. Naudojamų kaitrinių lempų (E27) techniniai parametrai

Kiekis vnt.	Lempos tipas	Lempos galia, W	Bendra galia, W	Lempos lizdas	Šviesos srautas, lm	Vid. tarnavimo laikas, val.
21	Kaitrinė	40	840	E27	415	1000
3	Kaitrinė	60	180	E27	710	1000
6	Kaitrinė	75	450	E27	935	1000
17	Kaitrinė	100	1700	E27	1340	1000
Bendra instaliuota galia			3170 W			

Apšvietimui naudojamų elektros energijos sąnaudų netiesioginė įtaka aplinkos orui apskaičiuojama pagal formulę (14):

$$CO_2 = 2,65 \frac{MWh}{m.} \cdot 0,2762 t \frac{CO_2}{MWh} = 0,73 \frac{tCO_2}{m.}$$

Individualaus namo patalpų apšvietimo sistemos medžiagų ir energijos balansas prieš medžiagų ir energijos balansas pateiktas 7 paveiksle. Įvertinta, kad per metus perdega ~ 8 kaitrinės lemputės.



7 paveikslas. Gyvenamųjų patalpų apšvietimo sistemos metinis medžiagų ir energijos balansas (esama būklė)

Nustatyta, kad šviesos diodų (LED) lempos yra energetiškai efektyvi technologija, padedanti sumažinti energijos sąnaudas. Nepaisant to, kad diegiant šią technologiją reikalingos didelės pradinės investicijos, jos naudoja reikšmingai mažiau elektros energijos, nes jų veikimo laikas yra iki 15 kartų ilgesnis. Literatūroje teigiama, kad tokia apšvietimo sistema greitai atsiperka.

Siūlomų LED lempų techniniai parametrai pateikti 15 lentelėje. Verta paminėti, kad lempos yra tokio pačio cokolio tipo, todėl nereikia modernizuoti ir keisti esančių namuose šviestuvų. Planuojama instaliuoti 425 W galios apšvietimo sistemą. Lyginant su esama apšvietimo situacija, planuojamos apšvietimo sistemos galia yra 7,45 karto mažesnė.

15 lentelė. Siūlomų LED lempų (E27) techniniai parametrai

Kiekis vnt.	Lempos tipas	Lempos galia, W	Bendra galia, W	Lempos lizdas	Šviesos srautas, lm	Vid. tarnavimo laikas, val.
21	LED	6	126	E27	470	15000
3	LED	8	24	E27	806	15000
6	LED	9	54	E27	1140	15000
17	LED	13	21	E27	1522	15000
Bendra instaliuota galia:			425			

### *Aplinkosauginis įvertinimas*

Optimizavus apšvietimą ir įdiegus LED lempas, planuojama sumažinti elektros energijos sąnaudas. Teoriniais skaičiavimais buvo nustatyta, kad apšvietimo elektros energijos sąnaudos bus 0,355 MWh/m. Dėl ilgo veikimo laiko, sumažės perdegusių lempučių skaičius. Teoriškai įvertinta, kad per metus perdegs ~ 0,5 lempučių.

16 lentelė. Siūlomų LED lempų (E27) metinės elektros energijos sąnaudos

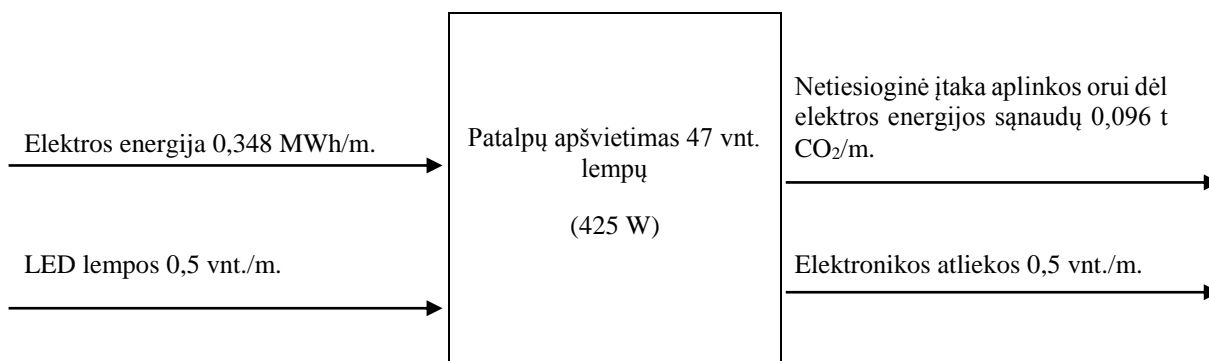
Kiekis vnt.	Lempos galia, W	Veikimo laikas val./mėn.	Elektros sąnaudos, kWh/m.	Lempų atliekos/m.
12	13	1260	196,56	0,08
1	13	1440	18,72	0,096
1	13	360	4,68	0,02
2	13	576	14,98	0,04
1	13	1416	18,41	0,09
7	6	120	5,04	0,008
13	6	600	46,80	0,04
1	6	192	1,15	0,01
3	8	1440	34,56	0,096
1	12	600	7,20	0,04
5	12	120	7,20	0,008
<b>viso:</b>			<b>355,30</b>	<b>0,5</b>

Nustatyta, kad į judesį reaguojančios apšvietimo sistemos gali sutaupyti 3-38 % elektros energijos (Bellia et al. 2015). Tinkamai sumontuoti šviestuvai su judesio davikliais sutaupo elektros energiją nesumažindami komforto jausmo namuose. Siekiant kaip įmanoma labiau sumažinti elektros energijos intensyvumą, siūloma įdiegti judesio daviklius dviejuose kambariuose, kuriuose nėra dienos apšvietimo ir šviesa reikalinga bet kuriuo

paros metu įėjus žmogui (tualetas, koridorius). Įdiegus judesio daviklius per metus papildomai galima būtų sutaupyti 7,32 kWh.

Apšvietimui sunaudojamos elektros energijos netiesioginė įtaka aplinkos orui apskaičiuojama pagal formulę (13):

$$CO_2 = 0,348 \frac{MWh}{m.} \cdot 0,2762 t \frac{CO_2}{MWh} = 0,096 \frac{tCO_2}{m.}$$



8 paveikslas. Gyvenamųjų patalpų apšvietimo sistemos metinis medžiagų ir energijos balansas modernizavus sistemą

### ***Ekonominis įvertinimas***

Individualaus namo patalpų apšvietimo sistemos optimizavimo ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas pateiktas 17 lentelėje.

17 lentelė. Gyvenamųjų patalpų apšvietimo sistemos modernizavimo ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas

Srautai proceso (įrenginio) įėjime ir išėjime, srautų dimensija	Sąnaudos prieš projekto įdiegimą			Sąnaudos po projekto įdiegimo			Sutaupoma (sumažėja)	
	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/m.
Elektros energija, kWh	2651,28	0,127	336,71	347,98	0,127	44,19	2303,3	292,52
Lempos (kaip žaliava), vnt.	8	12,5	20	0,5	18,91	4,46	7,5	15,54
Lempų atliekos, vnt.	8	-	-	0,5	-	-	7,5	-
Netiesioginis poveikis dėl elektros sąnaudų CO <sub>2</sub> , t	0,73	-	-	0,096	-	-	0,634	-
<b>Iš viso:</b>		<b>356,71 EUR</b>			<b>48,65 EUR</b>		<b>308,06 EUR</b>	

Pastaba: <sup>1</sup>vidutinė lempų kaina, EUR/vnt.

### *Aplinkosauginė nauda*

- Sutaupoma elektros energijos – iki 2,3 MWh/m. (87 %);
- Sumažėja elektroninių atliekų kiekis – iki 7,5 vnt./m.;
- Sumažėja netiesioginis poveikis aplinkos orui dėl elektros energijos sutaupymo – 0,634 t CO<sub>2</sub>/m.

Kaitrinių lempų apšvietimo sistemą pakeitus į LED, analizuojame name kasmet galima sutaupyti apie 307 EUR. Parinktų LED lempų ir daviklių kainos nurodytos 18 lentelėje.

18 lentelė. Parinktų naujų LED lempų ir daviklio investicijos

Investicija	Vnt.	Vnt. kaina, EUR	Kaina, EUR
LED lemputė 6 W	21	7,49	157,29
LED lemputė 8 W	3	4,69	14,07
LED lemputė 9 W	6	9,99	59,94
LED lemputė 13 W	17	14,99	254,83
Judesio daviklis	2	6,66	13,32
<b>Iš viso (lempų):</b>	<b>49</b>	<b>Vidutinė (lempų kaina): 8,91 EUR/vnt.</b>	<b>499,45</b>

Investicijų atsipirkimo trukmė:

$$AT = \frac{499,45}{308,06} = 1,6 \text{ metai}$$

Įvertina, kad modernizavus gyvenamojo pastato apšvietimo sistemą, elektros energijos sąnaudos turėtų sumažėti 87 %. Atsižvelgiant į naujos sistemos investicijas ir ekonominį sutaupymą, apšvietimo sistema turėtų atsipirkti per 1,6 metus.

## **4.2. Pastato grindų virš nešildomo pogrindžio energetinės būklės gerinimas**

### *Techninis įvertinimas*

Esamų statinių energetinio intensyvumo mažinimas neabejotinai prisidėtų prie energijos efektyvumo didinimo ir ŠESD mažinimo tikslų įgyvendinimo šalyje. Moksliniuose straipsniuose minima, kad pasauliniu mastu gyvenamasis būstas suvartoja apie 16-50 % visos energijos. Nustatyta, kad dėl esamų statinių prastų energetinių savybių, atliekant „standartinę“ renovaciją, energijos sutaupoma nuo 41 % (Čekijos Respublikoje) iki 75 % (Italijoje, vidutinio klimato juostoje) – skaičiuojant nuo metinio pirminio energijos poreikio, kuris suvartojamas patalpoms šildyti ir buitiniam karštam vandeniui paruošti. Atliekant „pažangesnę“ renovaciją, galima sutaupyti nuo 49 % (Danijoje) iki 86 % (Graikijoje) minėtos energijos (Ballarini et al. 2014).

Šilumos nuostolių per analizuojamo individualaus gyvenamojo pastato atitvaras analizės metu buvo nustatyta, kad būtent per pastato grindis virš nešildomo rūsio prarandama daugiausiai šilumos energijos (iki 34,24 %). Grindys virš nešildomo rūsio pagamintos iš gelžbetoninės plokštės, iš viršaus apdengtos medžio pjuvenų



plokšte. Ši perdanga apšildyta tik 5 cm storio mineraline vata, todėl per metus prarandama iki 7,56 MWh šilumos energijos.

Siekiant sumažinti energijos intensyvumą individualiame gyvenamajame name siūloma apšiltinti esamas grindis virš nešildomo rūšio 18 cm Paroc akmens vatos plokšte. Ši perdangos rekonstrukcija leistų pagerinti ne tik estetinį vaizdą, tačiau kartu padidintų perdangos energetinį efektyvumą ir sumažintų šilumos energijos poreikį namuose.

19 lentelė pateikti šilumos nuostolių skaičiavimo duomenys per atitvarą (grindis virš nešildomo rūšio) individualiame name prieš renovaciją ir po jos. Pagal atliktus skaičiavimus matyti, kad papildomas izoliacijos sluoksnis ant grindų virš nešildomo rūšio leistų sumažinti energijos suvartojimą 5,67 MWh/m. Tai reiškia, kad pastato apšildymui reikėtų mažiau šiluminės energijos.

19 lentelė. Individualaus gyvenamojo pastato grindų virš nešildomo rūšio šiluminės varžos  $R$ ,  $m^2 \cdot K/W$ , ir šilumos perdavimo koeficiento  $U$   $W/(m^2 \cdot K)$ , esamos situacijos ir numatomos vertinimas

Iki pastato renovavimo (esama situacija)				Po pastato renovavimo (numatoma situacija)			
Sluoksnis	Storis	Projektinis šilumos laidumo koeficientas	Šiluminė varža,	Sluoksnis	Storis	Projektinis šilumos laidumo koeficientas	Šiluminė varža $R$
	$d$ , m	$\lambda_{ds}$ , $W/(m \cdot K)$	$R = d/l_{ds}$ , $m^2 \cdot K/W$		$d$ , m	$\lambda_{ds}$ , $W/(m \cdot K)$	$R = d/l_{ds}$ , $m^2 \cdot K/W$
G/b plokštė	0,12	2	0,06	G/b plokštė	0,12	2	0,06
Medžio pjuvenų plokštė	0,02	0,18	0,11	Medžio pjuvenų plokštė	0,02	0,18	0,11
Mineralinė vata	0,05	0,042	1,19	Mineralinė vata	0,05	0,042	1,19
				PAROC akmens vatos plokštė	0,18	0,039	4,62
Atitvaros sluoksnių visuminė varža $R_s$ , $m^2 \cdot K/W$			<b>1,36</b>	Atitvaros sluoksnių visuminė varža $R_s$ , $m^2 \cdot K/W$			<b>5,98</b>
<b>Atitvaros visuminė šiluminė varža, <math>m^2 \cdot K/W</math></b>			$0,17+1,36+0,04 =$ <b>1,57</b>	<b>Atitvaros visuminė šiluminė varža, <math>m^2 \cdot K/W</math></b>			$0,17+5,98+0,04 =$ <b>6,19</b>
<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, <math>U</math>, <math>W/m^2 \cdot K</math></b>			$1/1,57 =$ <b>0,64</b>	<b>Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, <math>U</math>, <math>W/m^2 \cdot K</math></b>			$1/6,19 =$ <b>0,16</b>
Šilumos nuostoliai: $0,64 \cdot 128,68 \cdot 17 \cdot 225 \cdot 24 / 1000000 =$ <b>7,56 MWh/m.</b>				Šilumos nuostoliai: $0,16 \cdot 128,68 \cdot 17 \cdot 225 \cdot 24 / 1000000 =$ <b>1,89 MWh/m.</b>			

### *Aplinkosauginis įvertinimas*

Numatoma, kad atlikus perdangos virš nešildomo rūšio renovaciją, bus sutaupoma 5,67 MWh/m. šilumos energijos, todėl pastato apšildymui ir karšto vandens ruošimui reikalinga šiluminė energija sumažės nuo 27,91 MWh/m. iki 22,24 MWh/m. (neatsižvelgiant į šilumos nuostolius dėl katilo n. k.).

Akmens anglių sąnaudos reikalingos pagaminti 22,24 MWh/m. šiluminės energijos skaičiuojamos pagal darbo metodikoje pateiktą formulę (5):

$$B = 22,24 \frac{MWh}{m.} \cdot \frac{3,6}{25,12 \frac{GJ}{t} \cdot 0,8} = 3,98 \frac{t}{m.}$$

Išlakos į aplinkos orą deginant akmens anglis buvo skaičiuojamos remiantis (6), (7), (8) ir (9) formulėmis:

$$G_{NO_x} = 0,001 \cdot 3,98 \cdot 25,12 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0) = 0,02 \frac{t}{m.}$$

$$G_{CO} = 0,001 \cdot 12,56 \cdot 3,98 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 0,05 \frac{t}{m.}$$

$$C_{CO} = 0,5 \cdot 1 \cdot 25,12 = 12,56 \text{ kg/t}$$

$$G_{KD} = 3,98 \cdot 9,7 \cdot 0,0023 \cdot (1 - 0) = 0,09 \frac{t}{m.}$$

$$G_{SO_x} = 99,96 \text{ GJ} \cdot 900 \frac{g}{GJ} = 89964 \text{ g} = 0,09 \frac{t}{m.}$$

ŠESD apskaičiuotos pagal formulę (11):

$$CO_2 = 3,98 \frac{t}{m.} \cdot 0,02512 \frac{TJ}{t} \cdot 95 \frac{tCO_2}{TJ} = 9,5 \frac{t}{m.}$$

Apskaičiuota, kad deginant akmens anglis, per metus susidaro 0,276 t pelenų. Kaip jau minėta anksčiau, deginant akmens anglis susidarę pelenai negali būti naudojami kaip trąša, nes sudėtyje turi daug kenksmingų medžiagų, todėl atšaldyti yra šalinami mišrių atliekų konteineryje.

Pagal VŠK technines charakteristikas, akmens anglimis šildomas katilas sunaudoja apie 8 kWh elektros 1 MWh šilumos pagaminti ( $8\text{kWh}_{el}/\text{MWh}_s$ ). Įvertinta, kad po projekto įdiegimo gaminant 22,24 MWh šilumos, sunaudojama apie 177,92 kWh/m. elektros energijos.

Netiesioginė įtaka aplinkos orui dėl elektros energijos sąnaudų, apskaičiuota naudojant darbo metodikoje pateiktą formulę (13):

$$CO_2 = 0,178 \frac{MWh}{m.} \cdot 0,2762 \text{ t} \frac{CO_2}{MWh} = 0,049 \text{ t} \frac{CO_2}{m.}$$

### ***Ekonominis įvertinimas***

Individualaus namo šiluminės energijos gamybos, rekonstravus perdangą virš nešildomo rūsio, ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas pateiktas 20 lentelėje.

20 lentelė. Šiluminės energijos gamybos, rekonstravus perdangą virš nešildomo rūšio, ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas

Rodikliai	Sąnaudos prieš projekto įdiegimą			Sąnaudos po projekto įdiegimo			Sutaupoma/ sumažėja	
	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/m.
Šilumos energijos gamyba, MWh	27,91			22,24 <sup>1</sup>			5,67	
Akmens anglis, t/m.	5	144	720	3,98	144	573,12	1,02	146,88
Išlakos į aplinkos orą, t/m.:								
CO	0,06			0,05			0,01	
NO <sub>x</sub>	0,025			0,02			0,005	
KD	0,11			0,09			0,02	
SO <sub>x</sub>	0,113			0,09			0,023	
ŠESD - CO <sub>2</sub>	11,932			9,5			2,432	
Atliekos, šalinamos mišrių atliekų konteineryje, t/m.	0,349			0,276			0,073	
Elektros energijos sąnaudos, kWh	223	0,127	28,32	177,92	0,127	22,60	45,08	5,72
Netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos sąnaudų, CO <sub>2</sub> , t	0,062			0,049			0,013	
<b>Iš viso, EUR:</b>			<b>748,32</b>			<b>595,72</b>		<b>152,60</b>

Pastaba:

<sup>1</sup>šilumos energijos gamyba sumažėtų iki 22,24 MWh/m., kadangi nebūtų nuostolių per atitvarą (5,67 MWh/m.)

**Aplinkosauginė nauda:**

- apšiltinus namo grindis virš nešildomo rūšio, sumažėtų šiluminės energijos poreikis pastato apšildymui – iki 5,67 MWh/m.;
- gaminant mažiau šiluminės energijos, sumažėtų deginamo kuro (akmens anglių) sąnaudos – iki 1,02 MWh/m. arba iki 0,6 TNE;
- sumažėtų išlakų (CO, NO<sub>x</sub>, KD, SO<sub>x</sub>) išmetimas į aplinkos orą – iki 0,058 t/m.;
- sumažėtų ŠESD – iki 2,432 t CO<sub>2</sub>/m.

Rekonstravus pastato perdangą virš analizuojamo pastato nešildomo rūšio, kasmet būtų galima sutaupyti iki 153 EUR. Projekto investicijos pateiktos 21 lentelėje.

21 lentelė. Grindų virš nešildomo rūšio rekonstrukcijos investicijos

Medžiagos, įranga ir darbai	Kaina, EUR
Paroc akmens vatos plokštės	3114,06
Plokščių montavimo darbai	1158,12
<b>Iš viso, EUR</b>	<b>4272,18</b>

Pastaba: informacija surinkta tiekėjų apklausos būdu

Projekto investicijų atsipirkimo trukmė:

$$AT = \frac{4272,18}{152,60} = 28 \text{ metai}$$

Įvertinta, kad renovavus pastato grindis virš nešildomo rūšio Paroc akmens vatos plokštėmis, sumažėtų analizuojamo individualaus gyvenamosios paskirties namo šilumos poreikis, dėl to kasmet būtų sutaupoma 152,60 EUR. Šio projekto investicijų atsipirkimo trukmė labai ilga – net 28 metai.

Kitų atliktų mokslinių tyrimų analizės rezultatai parodė, kad papildomos izoliacijos sluoksnio ant perdangos įdiegimas gali būti realizuojamas, jeigu turi ekonominį pagrindimą, pavyzdžiui, naujuose pastatuose, kai nereikalingos investicijos į esamų perdangų ardymą ir kitus remonto darbus, ir kai vertinami grynieji pinigų srautai per 20 – 30 metų. Esamų pastatų renovavime šios investicijos ekonomiškai naudingos tik tuomet, kai perdangos beveik neapšiltintos, t. y. labai didelis atitvaros šilumos perdavimo koeficientas (Alev et al. 2015).

### 4.3. Šiluminės energijos gamybos modernizavimo įvykdomumo analizė

#### *Techninis įvertinimas*

Visuomenės dėmesio centre atsidūrė deginant iškastinį kurą į atmosferą išmetamos ir šiltnamio efektą sukeliančios dujos, ypač CO<sub>2</sub>, tačiau vis geriau suvokiamas ir kitų teršalų keliamas pavojus, kurie yra tokie pat žalingi, o kartais kelia netgi dar didesnę grėsmę aplinkai ir visuomenės sveikatai (Nunes et al. 2016). Analizuojamame objekte šilumos energija gaminama deginant iškastinį kurą – akmens anglį pasenusiame ir neefektyviai veikiančiame katile. Siekiant sumažinti aplinkos taršą, siūloma modernizuoti esamą šilumos energijos gamybos sistemą. Akmens anglimis kūrenamą katilą siūloma keisti į efektyviau veikiančius įrenginius, naudojančius AEI. Numatoma, kad artimiausiais dešimtmečiais daugeliui gyvenamųjų namų savininkų teks pakeisti iškastinį kurą naudojančias ir daug CO<sub>2</sub> išmetančias šildymo sistemas į labiau aplinką tausojančias ir AEI naudojančias šildymo sistemas. Vis dėlto, šildymo sistemos yra ilgalaikio vartojimo ir ilgaamžiški įrenginiai, todėl paprastai namų savininkai per savo gyvenimą neturi daug galimybių pakeisti šias sistemas (Michelsen, Madlener 2016).

Viena iš alternatyvių kuro rūšių galėtų būti biomasė. Didelę dalį Lietuvos teritorijos dengia miškai (~ 32 %) (Pacesila et al. 2016), todėl ši kuro rūšis būtų vietinės kilmės. Biomasės potencialas Lietuvoje jau yra gan plačiai išnaudojamas (Kranzl et al. 2013).

Dėl neefektyvaus katilo naudojimo individualiame name susidaro dideli šilumos nuostoliai (iki 6,98 MWh/m.). Deginant akmens anglis išsiskiria didelis ŠESD kiekis, bei kitos išlakos (SO<sub>x</sub>, KD, NO<sub>x</sub>, CO) į orą. Medienos granulės yra tinkama alternatyva gyvenamiesiems namams. Tai tvarus ir efektyvus energijos šaltinis, kuris degimo metu į atmosferą išmeta CO, NO<sub>x</sub> ir kietųjų dalelių mažiau, palyginti su akmens anglimis. Deginant medieną taip pat išsiskiria CO<sub>2</sub> emisijos, tačiau visos medienos CO<sub>2</sub> emisijos yra laikomos neutraliomis, nes į atmosferą išmetamas šių dujų kiekis prilygsta augančių medžių sugeriamam kiekiui fotosintezės metu (Pa et al. 2013). Šių katilų naudingumo koeficientas dažniausiai būna daugiau nei 90 %, todėl šilumos nuostoliai yra

minimalūs. Siekiant sumažinti didelius šilumos nuostolius ir neigiamą poveikį aplinkai, dėl degimo metu susidariusių išlakų į orą siūloma naudojamą akmens anglimis kūrenamą katilą pakeisti į granulėmis kūrenamą katilą.

Pagal apšildomų patalpų plotą parinktas 17 kW granulėmis kūrenamas katilas su granulių laikymo talpa ir automatine kuro padavimo sistema bei technologinių parametrų kontrole. Jo naudingo veikimo koeficientas iki 92 %. Granulių katilo techninės charakteristikos pateiktos 1-ame priede, medienos granulių charakteristikos – 2-ame priede.

### *Aplinkosauginis įvertinimas*

Granulių sąnaudos reikalingos 27,91 MWh šilumos kiekiui pagaminti VŠK apskaičiuojamos pagal formulę (5):

$$B = 27,91 \frac{MWh}{m.} \cdot \frac{3,6}{17,7 \frac{GJ}{t} \cdot 0,92} = 6,2 \frac{t}{m.}$$

Išlakos į aplinkos orą deginant medienos granules skaičiuojamos remiantis (6), (7) ir (8) formulėmis:

$$G_{NO_x} = 0,001 \cdot 6,2 \frac{t}{m.} \cdot 17,7 \frac{MJ}{kg} \cdot 0,1 \cdot (1 - 0) = 0,01 \frac{t}{m.}$$

$$G_{CO} = 0,001 \cdot 17,7 \frac{kg}{t} \cdot 6,2 \frac{t}{m.} \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 0,11 \frac{t}{m.}$$

$$C_{CO} = 1 \cdot 1 \cdot 17,7 = 17,7 \text{ kg/t}$$

$$G_{KD} = 6,2 \frac{t}{m.} \cdot 0,6 \cdot 0,005 \cdot (1 - 0) = 0,019 \frac{t}{m.}$$

$$G_{SO_2} = 109,74 \text{ GJ} \cdot 11 \frac{g}{GJ} = 0,001 \frac{t}{m.}$$

Įvertinta, kad deginant medienos granules, per metus susidaro 0,016 t pelenų. Biokuro pelenai gali būti panaudojami kaip trąša augalams, todėl jų šalinti nereikia.

Pagal technines charakteristikas įvertinta, gaminant 27,91 MWh šilumos energijos kiekį deginant medienos granules, bus sunaudota 474,47 kWh elektros energijos.

Medienos granulėmis kūrenamas katilas yra automatizuotas, todėl elektros sąnaudos yra didesnės, lyginant su akmens anglimis kūrenamu katilu. Nepaisant to, tokią įrangą labai lengva prižiūrėti, nereikalingas nuolat prižiūrintis asmuo.

Netiesioginė įtaka aplinkos orui dėl elektros energijos sąnaudų apskaičiuojama pagal formulę (13):

$$CO_2 \text{ kiekis} = 0,474 \cdot 0,2762 \text{ t} \frac{CO_2}{MWh} = 0,13 \text{ t} \frac{CO_2}{m.}$$

22 lentelė. Šiluminės energijos gamybos, akmens anglis pakeičiant medienos granulėmis, ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas

Rodikliai	Sąnaudos prieš projekto įdiegimą			Sąnaudos po projekto įdiegimo			Sutaupoma/ sumažėja	
	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/m.
Katilo galingumas, kW	23,5 – 30			17				
Energijos nuostoliai, MWh	6,98			2,39			4,59	
Šilumos energijos gamyba, MWh	27,91			27,91				
Akmens anglis, t/m.	5	144	720				5	-272
Biokuro sąnaudos, t/m.				6,2	160	992	-6,02	
Išlankos į aplinkos orą, t/m.:								
CO	0,06			0,11			-0,05	
NO <sub>x</sub>	0,025			0,01			0,015	
K.D.	0,11			0,019			0,091	
SO <sub>x</sub>	0,113			0,001			0,112	
ŠESD - CO <sub>2</sub>	11,932						11,932	
Atliekos, šalinamos mišrių atliekų konteineryje, t/m.	0,349			0			0,349	
Atliekos, naudojami kaip trąšai, t/m.					0,016		-0,016	
Elektros energijos sąnaudos, kWh	223	0,127	28,32	474,47	0,127	60,26	-251,47	-31,94
Netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos sąnaudų – CO <sub>2</sub> , t	0,062			0,13			-0,068	
<sup>1</sup> Darbo laikas įvertintas, val.	228	5	1125					912
<b>Iš viso, EUR:</b>	<b>1873,32</b>			<b>1052,26</b>			<b>821,06</b>	

Pastaba:

<sup>1</sup>Granulinio katilo priežiūros darbo laikas nevertinamas, nes jis yra automatizuotas ir tik kas 3 – 7 dienas reikia papildyti kuro išteklius.

***Aplinkosauginė nauda:***

- įdiegus sistemą būtų nebenaudojamas iškastinis kuras;
- 65,76 % sumažėtų šilumos nuostoliai deginant kurą;
- sumažėtų išlankos (NO<sub>x</sub>, KD, SO<sub>x</sub>) kiekis, išmetamas į aplinkos orą – iki 0,218 t/m.;
- deginant biokuro granules, ŠESD kiekis prilyginamas 0.

### ***Ekonominis įvertinimas***

Medienos granulės yra brangesnis kuras, lyginant su akmens anglimis, todėl ekonominės sąnaudos didėtų. Tik įvertinus prižiūrinčio asmens darbo laiko sąnaudas galima pasiekti finansinės naudos. Namuose samdomo žmogaus prižiūrinčio akmens anglimis kūrenamo katilo darbą nėra, šį darbą atlieka gyventojas. Šildymo sezonu katilo prižiūrėjimui apytiksliai yra skiriama 1 h per dieną. Nepaisant to, per sugaištą laiką katilo prižiūrėjimui, jis galėtų uždirbti pinigų darbe.

Pakeitus akmens anglimis kūrenamą katilą į medienos granulėmis kūrenamą katilą kasmet būtų galima sutaupyti 821,06 EUR (įvertinus darbo sąnaudas). Visgi, neįvertinus darbo sąnaudų sutaupymų nebūtų, tačiau reikėtų atsižvelgti ne tik į kiekybę, tačiau ir į kokybę. Įdiegus biokuro granulėmis kūrenamą katilą, užtikrinamas komforto lygis namuose, nes katilas yra automatizuotas ir jo nereikia prižiūrėti kiekvieną dieną, be to tai yra lokalus ir atsinaujinantis išteklius, beveik neteršiantis aplinkos.

Šio projekto investicijos pateiktos 23 lentelėje.

*23 lentelė. Biokuro granulėmis kūrenamo katilo įdiegimo investicijos*

Įranga, medžiagos, darbai	Kaina, EUR
Granulinis katilas 17 kW	2352,9
Katilo montavimo kaštai įskaitant elektrotechniką ir automatiką	300
Seno katilo demontavimas	50
Iš viso, eur	2702,9

Projekto atsipirkimo trukmė vertinant nuosavų lėšų investiciją:

$$AT = \frac{2702,9}{821,06} = 3,3 \text{ metai}$$

Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondo (LAAIF) Klimato kaitos programa suteikia galimybę individualių namų savininkams gauti 30 % paramą projektų išlaidoms kompensuoti. Subsidiją galima gauti, diegiant AEI individualiuose namuose ir sumažinant neigiamą poveikį aplinkai, ypatingai ŠESD – CO<sub>2</sub>. Įvertinus galimybę gauti šią subsidiją, namo gyventojų nuosavos lėšos katilo įsigijimui sumažėtų iki 1892,03 EUR. Atitinkamai sumažėtų šių lėšų atsipirkimo trukmė.

Nuosavų lėšų atsipirkimo trukmė, vertinant LAAIF gautą paramą:

$$AT = \frac{1892,03}{821,06} = 2,3 \text{ metai}$$

Žemiau pateikti skaičiavimai vertinant atvejį, kai gyvenamos patalpos apšildomos šilumos energija, kuri pagaminta deginant plačiai naudojamą ir brangų kurą – gamtines dujas, t. y. kai jau šiuo metu katilas dirba automatinio režimu ir nereikalauja darbo sąnaudų.

Reikalingos gamtinių dujų sąnaudos apskaičiuojamos pagal (5) formulę:

$$B = \frac{27,91 \cdot 3,6}{33,49 \cdot 0,89} = 3,37 \text{ tūkst. nm}^3$$

Išlakos į aplinkos orą deginant gamtines dujas skaičiuojamos remiantis (6), (7), (9) ir (10) formulėmis:

$$G_{CO} = 0,001 \cdot 8,3725 \cdot 3,3 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) = 0,03 \frac{t}{m.}$$

$$C_{CO} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 33,49 = 8,3725 \frac{kg}{tūkst. nm^3}$$

$$G_{NO_2} = 0,001 \cdot 3,3 \cdot 33,49 \cdot 0,075 \cdot (1 - 0) = 0,008 \frac{t}{m.}$$

$$G_{SO_2} = 110,51 \text{ GJ} \cdot 0,3 \frac{g}{GJ} = 33,153 \text{ g} = 0,00003 \frac{t}{m.}$$

$$G_{KD} = 110,51 \text{ GJ} \cdot 1,2 \frac{g}{GJ} = 132,612 \text{ g} = 0,0001 \frac{t}{m.}$$

ŠESD apskaičiuojamos pagal formulę (11):

$$G_{CO_2} = 3,37 \cdot 33,49 \cdot \frac{56,9}{1000} = 6,42 \frac{t}{m.}$$

Gaminant šilumos energiją, deginant gamtines dujas, elektros sąnaudos siekia iki 11 kWh<sub>e</sub>/MWh<sub>s</sub>.

24 lentelė. Šiluminės energijos gamybos, gamtines dujas pakeičiant medienos granulėmis, ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas

Rodikliai	Sąnaudos prieš projekto įdiegimą			Sąnaudos po projekto įdiegimo			Sutaupoma/ sumažėja	
	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/m.
Katilo galingumas, kW	7-19,2			17				
Šilumos energijos nuostoliai, MWh	3,45			2,39			1,06	
Šilumos energijos gamyba, MWh	27,91			27,91				
Gamtinės dujos, nm <sup>3</sup> .	3371	0,42	1415,82	0	0	0	3371	423,82
Biokuro sąnaudos, t/m.	0	0	0	6,2	160	992	-6,02	
Išlakos į aplinkos orą, t/m.:								
CO	0,03			0,11			-0,08	
NO <sub>x</sub>	0,008			0,01			-0,002	
K.D.	0,0001			0,019			-0,0189	
SO <sub>x</sub>	0,00003			0,001			-0,00097	
CO <sub>2</sub>	6,42						6,42	
Atliekos, naudojami kaip trąša, t/m.					0,016		-0,016	
Elektros energijos sąnaudos kWh	307	0,127	38,99	474,47	0,127	60,26	-167,47	-21,27
Netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos sąnaudų, CO <sub>2</sub> , t	0,13			0,13			0	
<b>Iš viso, EUR:</b>			<b>1454,81</b>			<b>1052,26</b>		<b>402,55</b>



***Aplinkosauginė nauda:***

- 31 % sumažėtų šilumos nuostoliai gamybos;
- deginant biokuro granules į orą neišsiskirtų CO<sub>2</sub> išlakos, todėl būtų sumažinamas indėlis į klimato šiltėjimą.

Tuo atveju, jeigu esamoje situacijoje šilumos energija būtų gaminama, deginant gamtines dujas, biokuro katilo investicijų atsipirkimo trukmė būtų virš 6 metų.

$$AT = \frac{2702,9}{402,55} = 6,7 \text{ metai}$$

Nuosavų lėšų atsipirkimo trukmė, vertinant LAAIF gautą paramą, sumažėtų 2 metais:

$$AT = \frac{1892,03}{402,55} = 4,7 \text{ metai}$$

Modernizuojant šilumos gamybos sistemą ir keičiant VŠK, galima susidurti su keliomis problemomis: ganėtinai dideli įrengimo kaštai, neigiamas suvokimas apie tam tikras šildymo sistemų savybes (pvz. naudojimo paprastumą). Atsižvelgiant į tai, namų savininkai rečiau keičia šildymo sistemas alternatyvias iškastiniam kurui. Reikėtų paminėti, kad medienos granuliu sistema suteikia daug privalumų namų ūkių savininkams, pavyzdžiui, palyginti su akmens anglimis. Kaip jau buvo minėta, ši sistema yra automatizuota, ją labai lengva prižiūrėti, taip pat kuro sąnaudas galima pirkti mažesniais kiekiais. Medienos granulės yra patikima ir sąlyginai pigi alternatyva Europoje (Nunes et al. 2016).

**4.4. Karšto vandens paruošimo, naudojant saulės kolektorių sistemą, įvykdomumo analizė*****Techninis įvertinimas***

Saulės energija – nemokamas, nepavojingas aplinkai ir neišsenkantis AEI, kuris Saulėje vykstančių reakcijų metu išskiria energiją. Saulės energija gali būti panaudojama aktyviuoju ir pasyviuoju būdais. Naudojant saulės energiją aktyviuoju būdu energijos gamybai reikalinga tam tikra įranga, pvz. saulės kolektorius. Saulės šilumos kolektoriai – šilumą kaupiantys įrenginiai, kurie viduje tekančių skysčių dėka saulės radiaciją paverčia šilumos energija, kurią perneša šilumos nešėjas. Saulės kolektoriai gali būti naudojami pastatams šildyti ir karštam vandeniui ruošti (Kumar et al. 2015). Šiuo būdu veikiančios energijos vandens gamybos sistemos gali sumažinti karšto vandens gamybai sunaudojamo kuro kiekį nuo 50 % iki 70 % (Buker, Riffat 2015).

Karšto vandens pašildymui sunaudojama 612,42 kWh/m. elektros energijos šiltuoju metų laiku ir 1,96 MWh/m. šiluminės energijos.

Šiluminės energijos kiekis, reikalingas 67 m<sup>3</sup> vandens pašildyti nuo 15 °C iki 55 °C, apskaičiuojamas pagal formulę (14):

$$Q = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 67000 \cdot (55 \text{ } ^\circ C - 15 \text{ } ^\circ C) = 11,256 \frac{GJ}{m} = 3,13 \frac{MWh}{m}.$$

$$Q = 260 \frac{kWh}{m\acute{e}n.}$$

Gyvenamuosiuose namuose dažniausiai naudojami plokštieji arba vakuuminiai saulės kolektoriai. Karšto vandens paruošimo naudojant saulės kolektorių analizės įvykdymui vertinimui pagal tiekėjų nurodytą informaciją buvo pasirinkta diegti 2 vnt. plokščiųjų saulės kolektorių TS 300 (saulės kolektoriaus techninės charakteristikos pateiktos 3 – me priede). Šių kolektorių plotas – 4,06 m<sup>2</sup>, efektyvumas – 80 %. SŠK gali būti įrengtas ant individualaus namo 222 m<sup>2</sup> ploto šlaitinio stogo. Remiantis literatūra, įrengiant saulės kolektorius ant pastato stogo svarbu, kad plokštuma būtų pasvirusi reikiamu kampu ir būtų orientuota į pietų pusę. Nustatyta, kad saulės kolektorių optimaliausias pasvirimo kampas Lietuvoje yra tada, kai saulės kolektoriaus plokštuma pasvirusi 37 ° kampu (Kytra 2006). Siekiant įvertinti saulės panaudojimą tam tikroje, vietoje svarbu įvertinti saulės energiją patenkančią į horizontalųjį paviršių. Saulės energijos kiekis patenkantis į horizontalųjį paviršių priklauso nuo vietovės. Analizuojamu atveju, individualus namas yra pastatytas Kaune, todėl būtent šios vietovės saulės energijos parametrai yra analizuojami toliau, jie pateikti 25 lentelėje (Daugiametė pilnutinė vidutinė saulės ekspozicija, 2012).

Šilumos kiekis Q, kurį pagamina saulės kolektorius, apskaičiuojamas pagal formulę (12):

$$Q = 16 \cdot 0,8 \cdot 4 = 51 kWh$$

Tokiu pačiu principu apskaičiuojami ir kitų mėnesių šilumos kiekiai.

25 lentelėje pateikti duomenys apie SŠK pagamintą šilumos kiekį (kWh/mėn.). Kiekvieno mėnesio teoriniai skaičiavimai palyginti su individualaus namo gyventojų poreikiais. Nustatyta, kad balandžio – rugsėjo mėnesiais SŠK patenkina gyventojų poreikius, tačiau spalio – kovo mėnesiais pašildoma temperatūra nėra pakankama, todėl vandenį reikia papildomai pašildyti kitomis namuose esančiomis šildymo sistemomis (iš viso reikia papildomai pagaminti 901 kWh šilumos energijos). Atsižvelgiant į tai, vis tiek sutaupoma nemažai energijos išteklių.

25 lentelė. SŠK pagamintos šilumos energijos kiekio kWh palyginimas su poreikiu individualiame name

	Saulės energijos intensyvumas Kaune <sup>1</sup> , kWh/m <sup>2</sup>	SŠK paviršiaus plotas <sup>2</sup> , m <sup>2</sup>	Teoriškai SŠK pagaminta energija, kWh	Šilumos poreikis karštam vandeniui pašildyti, kWh/mėn.	Skirtumas – papildomos energijos poreikis (-) arba atliekamos energijos perteklius (+), kWh/mėn.
Sausis	16	4	51	260	-209
Vasaris	33	4	106	260	-154
Kovas	70	4	224	260	-36
Balandis	99	4	317	260	57
Gegužė	146	4	467	260	207
Birželis	155	4	496	260	236
Liepa	150	4	480	260	220
Rugpjūtis	138	4	442	260	182
Rugsėjis	90	4	288	260	28
Spalis	52	4	166	260	-94
Lapkritis	16	4	51	260	-209
Gruodis	19	4	61	260	-199
<b>Iš viso:</b>	<b>976 kWh/m<sup>2</sup>/m.</b>		<b>3149 kWh/m.</b>	<b>3120 kWh/m.</b>	<b>29 kWh/m.</b>

Pastabos:

<sup>1</sup>Daugiametė pilnutinė vidutinė saulės ekspozicija, 2012;

<sup>2</sup>Parinktas SŠK optimalus plotas.

### *Aplinkosauginis įvertinimas*

Šaltuoju metų laiku SŠK patenkina dalį gyventojų karšto vandens poreikio, todėl papildomai kurą deginančiu katilu reikės pagaminti tik 0,901 MWh/m. šilumos energijos karštam vandeniui ruošti. Reikalingas kuro kiekis apskaičiuojamas pagal formulę (5):

$$B = 0,901 \cdot \frac{3,6}{25,12 \cdot 0,8} = 0,16 \frac{t}{m.}$$

Šiltuoju metų laiku SŠK patenkina visą gyventojų karšto vandens poreikį, todėl sutaupoma iki 612,42 kWh elektros energijos.

Netiesioginė įtaka aplinkos orui dėl elektros sąnaudų apskaičiuojama pagal formulę (14):

$$CO_2 = 0,61 \frac{MWh}{m.} \cdot 0,2762 t \frac{CO_2}{MWh} = 0,17 \frac{tCO_2}{m.}$$

26 lentelė. Saulės kolektorių įrengimo individualiame name ekonominis ir aplinkosauginis įvertinimas

Srautai, dimensija	Sąnaudos prieš projekto įdiegimą			Sąnaudos po projekto įdiegimo			Sutaupoma (sumažėja)	
	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	Vnt./m.	EUR/m.
Akmens anglių sąnaudos, t	0,35	144	50,4	0,16	144	23,04	0,19	27,36
Elektros energija katilinei, kWh	15,202	0,127	1,93	6,95	0,127	0,88	8,252	1,05
Elektros energija boileriye, kWh	612,42	0,127	77,78	0	0	0	612,42	77,78
Netiesioginis poveikis dėl elektros sąnaudų -CO <sub>2</sub> , t	0,17			0			0,17	
Iš viso:	130,11			23,92			106,19	

**Aplinkosauginė nauda:**

- įrengus SŠK, karšto vandens ruošimui būtų maksimaliai naudojamas AEI;
- elektros energijos būtų sutaupoma iki 0,62 MWh/m.;
- karšto vandens gamybai sunaudojamo kuro sąnaudos sumažėtų 48,6 %.
- ŠESD kiekis sumažėtų iki 0,17 tCO<sub>2</sub>/m.

**Ekonominis įvertinimas**

SŠK įrengimo investicijos pateiktos 27 lentelėje.

27 lentelė. SŠK įrengimo investicijos

Įranga, medžiagos, darbai	Vnt.	Kiekis	EUR/vnt.	EUR
Saulės kolektoriai „Ensol“ vertikalūs	vnt.	2	294,00	588,00
Montavimo rinkinys su perėjimu	vnt.	1	127,55	127,55
Saulės kolektorių laikikliai (virš stogo dangos)	kompl.	1	123,00	123,00
Nuorinimo rinkinys	vnt.	1	18,83	18,83
Valdiklis „Prozeda“ (Vokietija)	vnt.	1	136,00	136,00
Cirkuliacinis mazgas	vnt.	1	254,00	254,00
Išsiplėtimo indas 18l, 10bar	vnt.	1	18,00	18,00
Skystis kolektorių užpildymui (Glikolis)	vnt.	1	50,18	50,18
Saulės kolektorių montavimo darbai	vnt.	2	150,00	300,00
Sistemos paleidimo, derinimo darbai	vnt.	1	85,00	85,00
<b>Iš viso su PVM</b>				<b>2057,68</b>

Pastabos: SŠK tiekėjų duomenimis, SŠK investicijos ir jų įdiegimas 4 asmenų šeimai karšto vandens ruošimui siektų nuo 2030 iki 4050 EUR su PVM. Apklauso būdu parenkama 2 SŠK sistema, tiekėjas – Viessmann

SŠK įdiegimo karšto vandens paruošimui investicijų atsipirkimo trukmė:

$$AT = \frac{2057,68}{106,19} = 19,4 \text{ metai}$$

Projekto atsipirkimo trukmė, vertinant galimą 30 % LAAIF paramą:

$$AT = \frac{1440,38}{106,19} = 13,6 \text{ metai}$$

Kol kas plačiai taikomos AEI ES, Lietuvoje atsiperka ilgai. Saulės šildymo kolektorių įdiegimo individualiame name ilgą atsipirkimo laikotarpį galima būtų sieti su tuo, kad Lietuvoje saulės energija nėra pakankama žiemos metu, todėl šiuo laikotarpiu vandenį reikia papildomai pašildyti. Saulės energiją naudojančios šildymo sistemos leidžia sumažinti išlaidas ruošiant karštą vandenį, tačiau dėl didelių pradinių investicijų atsipirkimo laikas yra gan ilgas. Nepaisant to, saulės kolektorių diegimo nauda yra kur kas didesnė negu ekonominė. Įdiegus šią AEI šildymo sistemą, didėja šalies energetinė nepriklausomybė nuo iškastinio kuro. Taip pat šių sistemų naudojamas kuras (saulė) yra nemokamas, nepavojingas aplinkai ir neišsenkantis kuro šaltinis.

9 paveiksle pateiktas individualaus analizuojamo pastato pietinės pusės vaizdas. Stogo plotas 222 m<sup>2</sup>. Parenkant tinkamą vietą, svarbu atsižvelgti į tai, kad saulės kolektoriai būtų atsukti į pietus ir pasviręs 37 ° kampu, taip galima pasiekti maksimalią šilumos gamybą. Įvertinus pastato orientaciją pietų kryptimi, paveiksle pateikta galima saulės kolektorių montavimo vieta.



9 paveikslas. Individualaus gyvenamojo pastato stogas ir SK pastatymo optimali vieta

Analizuojamam individualiam gyvenamosios paskirties statiniui nėra galimybių panaudoti vasarą pagamintą perteklinę šilumos energiją kitiems tikslams (pvz., lauko baseino vandens apšiltinimui, perdavimui į tinklus ir pan.), todėl nesiūloma atskirai diegti šios priemonės, nes ji ekonomiškai nenaudinga.

Kitiems individualiems gyvenamosios paskirties pastatams būtina bandyti analizuoti ir kitas AEI naudojimo galimybes, pvz. geoterminės energijos panaudojimas karšto vandens ruošimui ir patalpų apšildymui, naudojant šilumos siurblių (Aleksandravičius, Zinevičius 2012). Atlikus tiekėjų apklausą, nustatyta, kad tokio projekto investicijos siekia nuo 8000 iki 9000 EUR be PVM. Vertinant tai, kad šuo metu šilumos energijos gamybos ir naudojimo tiesioginiai kaštai pastate – 825 EUR/m., tokio projekto atsipirkimo trukmė siektų apie 10 metų. Investicijos būtų dvigubai didesnės, palyginti su SŠK ir biokuro katilo įdiegimo investicijomis, taip pat integravimas į esamo pastato šilumos sistemą kol kas yra techniškai sudėtingas, geoterminės energijos naudojimo projektas būtų šiam individualiam gyvenamosios paskirties pastatui toliau nebuvo analizuojamas.

## 5 ENERGIJOS INTENSYVUMO MAŽINIMO ALTERNATYVŲ ĮDIEGIMO INDIVIDUALIAME NAME ENERGETINIO, APLINKOSAUGINIO IR EKONOMINIO VEIKSMINGUMO ĮVERTINIMAS

Daugelyje pasaulio šalių individualus namas yra antras pagal populiarumą būstas, todėl sumažėjęs energijos poreikis namų ūkiuose padėtų sumažinti ir nacionaliniu mastu suvartojamą energijos kiekį bei ŠESD (Hamilton et al. 2016). Mokslinėje literatūroje, minima, kad įdiegus kelias energetinio efektyvumo didinimo priemones pasiekiamas geresnis rezultatas, nei jas diegiant atskirai.

Darbe buvo analizuojamos keturios energijos intensyvumo mažinimo alternatyvos – apšvietimo optimizavimas, grindų virš nešildomo pogrindžio apšiltinimas, saulės kolektorių įdiegimas ir katilinės modernizavimas, pakeičiant iškastinį kurą į AEI.

Apšiltinus perdangą virš nešildomo rūšio per metus būtų galima sutaupyti 5,67 MWh šilumos energijos pastato patalpų šildymo poreikiams, o įdiegus saulės kolektorių sistemą – 1,037 MWh/m. šilumos energijos karšto vandens ruošimui.

Planuojamo biokuro granulių sąnaudos, reikalingos likusiam šilumos kiekiui (21,203 MWh) pagaminti apskaičiuojamos pagal formulę (5):

$$B = 21,203 \frac{MWh}{m.} \cdot \frac{3,6}{17,7 \frac{GJ}{t} \cdot 0,92} = 4,7 \frac{t}{m.}$$

Išlakos į aplinkos orą deginant medienos granules skaičiuojamos remiantis darbo metodikoje pateiktomis formulėmis (6), (7) ir (8):

$$G_{NO_x} = 0,001 \cdot 4,7 \frac{t}{m.} \cdot 17,7 \frac{MJ}{kg} \cdot 0,1 \cdot (1 - 0) = 0,008 \frac{t}{m.}$$

$$G_{CO} = 0,001 \cdot 17,7 \frac{kg}{t} \cdot 4,7 \frac{t}{m.} \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 0,08 \frac{t}{m.}$$

$$C_{CO} = 1 \cdot 1 \cdot 17,7 = 17,7 \text{ kg/t}$$

$$G_{KD} = 4,7 \frac{t}{m.} \cdot 0,6 \cdot 0,005 \cdot (1 - 0) = 0,014 \frac{t}{m.}$$

$$G_{SO_2} = 83,19 \text{ g} \cdot 11 \frac{g}{GJ} = 0,0009 \frac{t}{m.}$$

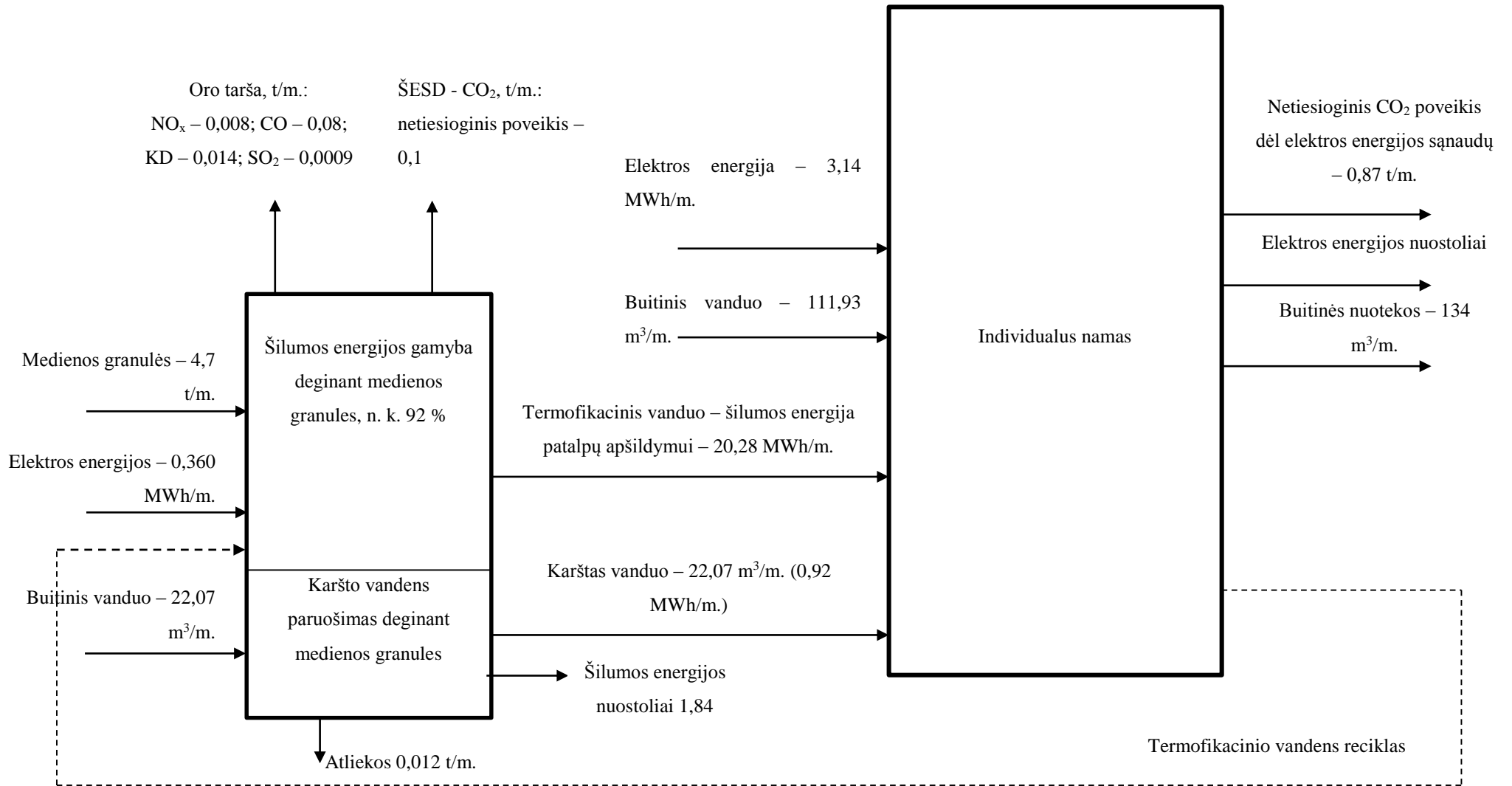
Įvertinta, kad deginant medienos granules, per metus susidarytų 0,012 t pelenų.

Medienos granulėmis kūrenamas katilas sunaudoja 17 kWh/MWh šilumos pagaminti. Gaminant 21,2 MWh šilumos energijos kiekį, sunaudojama 360,4 kWh elektros energijos.

Optimizavus apšvietimo sistemą ir įdiegus saulės kolektorius per metus galima būtų sutaupyti 2,92 MWh elektros energijos. Katilo elektros energijos sąnaudos šiek tiek padidėtų, dėl naujo automatizuoto katilo įdiegimo. Individualiame name sunaudojamo elektros energijos kiekio netiesioginė įtaka aplinkos orui apskaičiuojama pagal formulę (13):

$$CO_2 = 3,14 \frac{MWh}{m.} \cdot 0,2762 \frac{tCO_2}{MWh} = 0,87 \text{ tCO}_2/m.$$

Medžiagų ir energijos balansas modernizavus esančią apšvietimo sistemą, apšiltinus perdangą virš nešildomo rūšio, modernizavus kuro katilą ir įdiegus saulės kolektorių sistemą pateiktas 10 paveiksle.



10 paveikslas. Tyrimui parinkto individualaus gyvenamojo namo medžiagų ir energijos balansas bei šilumos energijos gamybos kuro ir energijos balansas

Pastaba: individualaus namo medžiagų ir energijos balanse neparodyti naudojamų medžiagų sąnaudų ir susidariusių atliekų srautai, kadangi jie nebuvo analizuojami



Išsamiam rezultatų įvertinimui, buvo naudojami aplinkosauginiai indikatoriai įdiegus visas darbe siūlomas alternatyvas, kurie pateikti 28 lentelėje.

28 lentelė. Energijos sąnaudų indikatorių individualiame name prieš pasiūlymų įdiegimą ir po jų, vertinimas (Naudingasis plotas – 156,01 m<sup>2</sup>)

	Vnt./m.	AAI <sub>iki</sub>	AAI <sub>po</sub>	Veiksmingumo rezultatas <sup>1</sup>
<b>Energetinio efektyvumo įvertinimui</b>				
Energijos naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	216,8	156,03	Sumažėjo 28,03 %
Elektros energijos intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	37,96	20,15	Sumažėjo 46,92 %
Šilumos energijos naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	178,9	135,91	Sumažėjo 25,03 %
Energijos iš neatsinaujančių energijos išteklių naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	216,8	20,15	Sumažėjo 90,71 %
Elektros energija iš neatsinaujančių išteklių	kWh/m <sup>2</sup> /m.	37,96	20,15	Sumažėjo 46,92 %
Šilumos energija iš neatsinaujančių išteklių	kWh/m <sup>2</sup> /m.	178,9	0	Sumažėjo 100 %
Šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras	kWh/m <sup>2</sup> /m.	141,5	105,76	Sumažėjo 25,26 %
Kuro sąnaudos šilumos energijai gaminti	TNE/MWh	0,107	0,094	Sumažėjo 12,15 %
Energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu	kWh/MWh	250	86,78	Sumažėjo 65,29 %
<b>Aplinkosauginio efektyvumo įvertinimui</b>				
Gaminant šilumos energiją, išsiskyres teršalų kiekis į aplinkos orą	kg/MWh	11	4	Sumažėjo 63,64 %
	kg/m <sup>2</sup> /m.	2	0,7	Sumažėjo 65 %
Gaminant šilumos energiją, ŠESD kiekis	kg/MWh	427,5	0	Sumažėjo 100 %
	kg/m <sup>2</sup> /m.	76,5	0	Sumažėjo 100 %
ŠESD dėl elektros energijos sąnaudų	kg/m <sup>2</sup> /m.	10,5	5,6	Sumažėjo 46,67 %
Atliekų kiekis gaminant šilumos energiją	kg/MWh	12,5	0,6	Sumažėjo 95,2 %
	kg/m <sup>2</sup> /m.	2,2	0,08	Sumažėjo 96,36 %
<b>Ekonominio efektyvumo įvertinimui</b>				
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos energijai	EUR/m <sup>2</sup> /m.	9,44	7,38	Sumažėjo 21,82 %
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant šilumos energiją	EUR/m <sup>2</sup> /m.	4,62	4,82	Padidėjo 4,33 %
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant elektros energiją	EUR/m <sup>2</sup> /m.	4,82	2,56	Sumažėjo 46,89 %

Pastaba:

**AAI energetinio efektyvumo įvertinimui:**

AAA, susieti su galutinės energijos naudojimo intensyvumu:

1.1 Energijos naudojimo intensyvumas:  $(3,14 + 21,203 \text{ MWh/m.}) / 156,01 \text{ m}^2 = 156,03 \text{ kWh/m}^2/\text{m.};$

1.1.1 elektros energijos naudojimo intensyvumas –  $3143,36 \text{ kWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 20,15 \text{ kWh/m}^2/\text{m.};$

1.1.2 šilumos energijos naudojimo intensyvumas –  $21,203 \text{ MWh/ m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 135,91 \text{ kWh/m}^2/\text{m.};$

1.2 Energijos iš neatsinaujančių energijos išteklių naudojimo intensyvumas –  $20,15 \text{ kWh/m}^2/\text{m.},$  įsk.:

1.2.1 Elektros energijos iš neatsinaujinančių išteklių -  $3143,36 \text{ kWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 20,15 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;

1.2.2 Šilumos energijos iš neatsinaujinančių išteklių -  $0 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;

1.3 Šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras –  $16,5 \text{ MWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 105,76 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$

1.4 Kuro sąnaudos šilumos energijai gaminti –  $2 \text{ TNE/m.} / 21,203 \text{ MWh/m.} = 0,094 \text{ TNE/MWh}$

1.5 Energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu –  $1,84 \text{ MWh/m.} / 21,203 \text{ MWh/m.} = 86,78 \text{ kWh/MWh.}$

#### **AAI aplinkosauginio efektyvumo įvertinimui:**

2.1 Gaminant šilumos energiją, teršalų į aplinkos orą kiekis:

- $0,103 \text{ t/m.} / 21,203 \text{ MWh/m.} = 4 \text{ kg/MWh}$ ;
- $0,103 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 0,7 \text{ kg/m}^2/\text{m.}$

2.2 Gaminant šilumos energiją, ŠESD (CO<sub>2</sub>) kiekis:

- $0 \text{ kg CO}_2/\text{MWh}$ ;
- $0 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{m.}$

2.3 ŠESD – CO<sub>2</sub> kiekis dėl elektros energijos sąnaudų:

- $0,87 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 5,6 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{m.}$

2.4 Atliekų kiekis gaminant šilumos energija:

- $0,012 \text{ t/m.} / 21,203 \text{ MWh/m.} = 0,6 \text{ kg/MWh}$ ;
- $0,012 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 0,08 \text{ kg/m}^2/\text{m.}$

#### **AAI ekonominio efektyvumo įvertinimui**

3.4 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos energijai:

$1151,21 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 7,38 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$

3.5 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant šilumos energiją:

$752 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 4,82 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$

3.6 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant elektros energiją:

$399,22 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 2,56 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$

Įvertinus ir palyginus aplinkos apsaugos indikatorius prieš ir po siūlomų projektų įdiegimą buvo nustatyta, kad siūlomi projektai tiek energetiniu, tiek aplinkosauginiu požiūriu reikšmingai sumažina su energija susijusių rodiklių reikšmes. Vertinant ekonominį efektyvumą buvo pastebėta, kad šilumos energijos išlaidos padidėtų 4,33 % vienam kvadratiniam metrui. Taip yra dėl didesnės medienos granulių kuro kainos. Nepaisant to, elektros energijos išlaidos vienam kvadratiniam metrui sumažėtų 46,89 %. Vertinant bendras energijos išlaidas (įskaitant šilumos ir elektros energiją) – išlaidos sumažėtų 21,28 %. Atlikto tyrimo rezultatai, įrodė, kad siūlomų projektų įdiegimas pagerintų energetinį efektyvumą analizuojamame gyvenamajame name ir sumažintų energijos vartojimo intensyvumą.

Analizuojamam gyvenamajam pastatui energijos intensyvumo mažinimui siūloma diegimui pasirinkti 2 aplinkosauginiu ir ekonominiu požiūriu efektyviausias alternatyvas – siūloma modernizuoti apšvietimo ir šildymo sistemas. Šių alternatyvų AAI pateikti 29 lentelėje.

29 lentelė. Energijos sąnaudų indikatorių individualiame name esama situacija ir modernizavus apšvietimo ir šildymo sistemas, vertinimas (Naudingasis plotas 156,01 m<sup>2</sup>)

	Vnt./m.	AAI <sub>iki</sub>	AAI <sub>po</sub>	Veiksmingumo rezultatas <sup>1</sup>
<b>Energetinio efektyvumo įvertinimui</b>				
Energijos naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	216,8	203,7	Sumažėjo 6,04 %
Elektros energijos intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	37,96	24,81	Sumažėjo 34,64 %
Šilumos energijos naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	178,9	178,9	Nepakito
Energijos iš neatsinaujančių energijos išteklių naudojimo intensyvumas	kWh/m <sup>2</sup> /m.	216,8	24,81	Sumažėjo 88,56 %
Elektros energija iš neatsinaujančių išteklių	kWh/m <sup>2</sup> /m.	37,96	24,81	Sumažėjo 34,64 %
Šilumos energija iš neatsinaujančių išteklių	kWh/m <sup>2</sup> /m.	178,9	0	Sumažėjo 100 %
Šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras	kWh/m <sup>2</sup> /m.	141,5	141,5	Nepakito
Kuro sąnaudos šilumos energijai gaminti	TNE/MWh	0,107	0,094	Sumažėjo 12,15 %
Energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu	kWh/MWh	250	85,63	Sumažėjo 65,75 %
<b>Aplinkosauginio efektyvumo įvertinimui</b>				
Gaminant šilumos energiją, išsiskyręs teršalų kiekis į aplinkos orą	kg/MWh	11	5	Sumažėjo 54,55 %
	kg/m <sup>2</sup> /m.	2	0,9	Sumažėjo 55 %
Gaminant šilumos energiją, ŠESD kiekis	kg/MWh	427,5	0	Sumažėjo 100 %
	kg/m <sup>2</sup> /m.	76,5	0	Sumažėjo 100 %
ŠESD dėl elektros energijos sąnaudų	kg/m <sup>2</sup> /m.	10,5	6,9	Sumažėjo 34,3 %
Atliekų kiekis gaminant šilumos energiją	kg/MWh	12,5	0,6	Sumažėjo 95,2 %
	kg/m <sup>2</sup> /m.	2,2	0,1	Sumažėjo 95,5 %
<b>Ekonominio efektyvumo įvertinimui</b>				
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos energijai	EUR/m <sup>2</sup> /m.	9,44	9,51	Padidėjo 0,74 %
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant šilumos energiją	EUR/m <sup>2</sup> /m.	4,62	6,36	Padidėjo 37,7 %
Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant elektros energiją	EUR/m <sup>2</sup> /m.	4,82	3,15	Sumažėjo 34,6 %

Pastaba:

**AAI energetinio efektyvumo įvertinimui:**

AAA, susieti su galutinės energijos naudojimo intensyvumu:

2.1 Energijos naudojimo intensyvumas:  $(3,87 + 27,91 \text{ MWh/m.}) / 156,01 \text{ m}^2 = 203,7 \text{ kWh/m}^2/\text{m.};$

1.2.1 elektros energijos naudojimo intensyvumas –  $3869,85 \text{ kWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 24,81 \text{ kWh/m}^2/\text{m.};$

2.1.2 šilumos energijos naudojimo intensyvumas –  $27,91 \text{ MWh/ m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 178,9 \text{ kWh/m}^2/\text{m.};$

- 2.2 Energijos iš neatsinaujančių energijos išteklių naudojimo intensyvumas –  $24,81 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ , įsk.:
- 1.2.1 Elektros energijos iš neatsinaujančių išteklių -  $3869,85 \text{ kWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 24,81 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;
- 1.5.2 Šilumos energijos iš neatsinaujančių išteklių -  $0 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$ ;
- 1.6 Šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras –  $22,08 \text{ MWh/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 141,5 \text{ kWh/m}^2/\text{m.}$
- 1.7 Kuro sąnaudos šilumos energijai gaminti –  $2,62 \text{ TNE/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 0,094 \text{ TNE/MWh}$
- 1.8 Energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu –  $2,39 \text{ MWh/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 85.63 \text{ kWh/MWh.}$

#### **AAI aplinkosauginio efektyvumo įvertinimui:**

2.1 Gaminant šilumos energiją, teršalų į aplinkos orą kiekis:

- $0,14 \text{ t/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 5 \text{ kg/MWh}$ ;
- $0,14 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 0,9 \text{ kg/m}^2/\text{m.}$

2.2 Gaminant šilumos energiją, ŠESD (CO<sub>2</sub>) kiekis:

- $0 \text{ kg CO}_2/\text{MWh}$ ;
- $0 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{m.}$

2.3 ŠESD – CO<sub>2</sub> kiekis dėl elektros energijos sąnaudų:

- $1,07 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 6,9 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{m.}$

2.4 Atliekų kiekis gaminant šilumos energija:

- $0,016 \text{ t/m.} / 27,91 \text{ MWh/m.} = 0,6 \text{ kg/MWh}$ ;
- $0,016 \text{ t/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 0,1 \text{ kg/m}^2/\text{m.}$

#### **AAI ekonominio efektyvumo įvertinimui**

3.7 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos energijai:

$$1483,47 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 9,51 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$$

3.8 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant šilumos energiją:

$$992 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 6,36 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$$

3.9 Individualaus gyvenamojo namo išlaidos naudojant elektros energiją:

$$491,47 \text{ EUR/m.} / 156,01 \text{ m}^2 = 3,15 \text{ EUR/m}^2/\text{m.}$$

Įvertinus esamą situaciją ir po apšvietimo ir šildymo sistemos modernizavimo, buvo nustatyta, kad tiek energetiniu, tiek aplinkosauginiu požiūriu reikšmingai sumažėjo su energija susijusių rodiklių reikšmės. Visgi, analizuojant ekonominius indikatorius buvo nustatyta, kad individualaus pastato išlaidos energijai padidėtų iki 0,74 %. Taip yra todėl, kad siūlomas medienos granuliu kuras yra brangesnis nei iškastinis akmens anglių kuras.

## IŠVADOS

1. Gavus leidimą modernizuoti ir pradėjus statybos darbus nuo 2014 m. sausio 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip C. Namų ūkio sektorius – vienas iš daugiausiai galutinės energijos suvartojančių ūkio sektoriaus. Būtent todėl šiame darbe tyrimui pasirinkti esami individualūs gyvenamieji pastatai.
2. Tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti, ar įmanoma sumažinti energijos intensyvumą esamame gyvenamosios paskirties pastate, kuriame jau įdiegtos kelios šilumos energijos intensyvumą mažinančios renovacijos. Tyrimui parinkto standartinio individualaus namo (iki 200 m<sup>2</sup> ploto, statyba – 1995 m.) nustatytas energijos intensyvumas – 216,8 kWh/m<sup>2</sup>/m., visa naudojama energija – iš neatsinaujančių energijos išteklių.
3. Pastato energetinio vertinimo metu nustatytos energijos neefektyvaus vartojimo pagrindinės priežastys: pirminės energijos nuostoliai (iki 250 kWh/MWh šilumos energijos pagaminti) atsiranda dėl akmens anglimis kūrenamo katilo žemo n. k. (iki 80 proc.); šilumos energijos nuostoliai per pastato atitvaras sudaro 141,5 kWh/m<sup>2</sup>/m., neefektyvi pasenusi pastato apšvietimo sistema, ne šildymo sezono metu karšto vandens ruošimui naudojamas elektrinis vandens šildytuvas, kt.
4. Darbe siūlomi projektai paremti Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcija, bei atsinaujančių energijos išteklių (AEI) naudojimu. Buvo atrinktos keturios alternatyvos išsamiai įvykdomumo analizei: 1) pastato apšvietimo sistemos optimizavimas, pakeičiant kaitrines lempas į LED ir judesio jutiklių įdiegimas apšvietimo sistemoje, 2) perdangos virš pastato nešildomo rūšio apšiltinimas, 3) šiluminės energijos gamybos modernizavimas pereinant nuo akmens anglių prie biokuro granuliu naudojimo, 4) saulės šilumos kolektorių įrengimas ir naudojimas karšto vandens ruošimui.
5. Alternatyvų įvykdomumo analizės rezultatai parodė, kad namo apšvietimo sistemos optimizavimas leistų iki 87 % sumažinti elektros energijos sąnaudas pastate. Šis projektas – tikrai ŠG, jos investicijų atsipirkimo trukmė – iki 1,6 metų. Papildomai izoliavus perdangą (128,68 m<sup>2</sup>) virš nešildomo rūšio būtų galima sutaupyti iki 20 % pastate naudojamos šilumos energijos. Bet investicijos ekonomiškai nepagrindžiamos (atsipirkimo trukmė – iki 28 metų). Katilinės modernizavimas leistų virš 65 % sumažinti šilumos gamybos nuostolius ir pereiti prie AEI naudojimo. Medienos granuliu kuras yra brangesnis, todėl ekonominė nauda gaunama tik tuomet, kai vertinamas darbo laiko sumažėjimas dėl automatinio katilinės valdymo. Šios alternatyvos investicijos atsipirktų per 3,3 metus. Tuo atveju, jeigu statinyje šilumos energija būtų gaminama deginant gamtines dujas, siūlomos alternatyvos investicijos atsipirktų per 6,9 metus. Saulės kolektorių įdiegimas ir saulės energijos naudojimas karšto vandens ruošimui individualiame gyvenamajame pastate leistų sutaupyti iki 1,1 kWh/m<sup>2</sup> šilumos energijos, iki 4 kWh/m<sup>2</sup> elektros energijos. Bet investicijos ekonomiškai nepagrindžiamos (atsipirkimo trukmė – iki 20 metų).
6. Analizuojamam gyvenamajam pastatui energijos intensyvumo mažinimui siūloma diegimui pasirinkti 2 aplinkosauginiu ir ekonominiu požiūriu efektyviausias alternatyvas. Jų įdiegimas leistų sumažinti statinio energijos naudojimo intensyvumą - virš 6 proc., įsk. elektros energijos – apie 35 proc. 100 proc. šilumos energijos būtų gaminama iš AEI. Oro teršalų kiekis sumažėtų virš 54 proc., ŠESD – 100 proc. (tiesioginė įtaka), ir iki 35 proc. (netiesioginė įtaka). Individualaus gyvenamojo pastato išlaidos elektros energijos

sumažėtų beveik 35 proc. (nuo 4,82 iki 3,15 EUR/ m<sup>2</sup>/m., vertinant 2016 metų kainas), tačiau bendros energijos išlaidos padidėtų iki 1 proc., dėl naudojamo brangesnio kuro.

7. Darbe pasiūlytų ir įvertintų energijos efektyvumo, aplinkosauginio veiksmingumo didinimo ir ekonominio efektyvumo indikatoriai gali būti pritaikyti, analizuojant energijos intensyvumo mažinimo galimybių įvykdomumą, visuose individualiuose gyvenamosios paskirties pastatuose.

## LITERATŪRA

Mokslinė literatūra:

ACOSTA, I., CAMPANO, M.Á and MOLINA, J.F. Window Design in Architecture: Analysis of Energy Savings for Lighting and Visual Comfort in Residential Spaces. *Applied Energy* [interaktyvus]. 2016, 4/15, vol. 168, pp. 493-506 [žiūrėta 2016-03-01]. ISSN 0306-2619. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.005>.

AHERN, C., GRIFFITHS, P. and O'FLAHERTY, M. State of the Irish Housing stock—Modelling the Heat Losses of Ireland's Existing Detached Rural Housing Stock & Estimating the Benefit of Thermal Retrofit Measures on this Stock. *Energy Policy* [interaktyvus]. 2013, 4, vol. 55, pp. 139-151 [žiūrėta 2016-03-01] ISSN 0301-4215. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.039>.

ALEKSANDRAVIČIUS, T. A., ZINEVIČIUS F. Single family house: heat pump or gas boiler? *Energetika* [interaktyvus]. 2012, vol. 58/4, p. 195 – 199 [žiūrėta 2016-05-20]. Prieiga per: <http://www.geotermijosasociacija.lt/dokumentai/2560-1515-1-PB.pdf>

ALEV, Ü, ALLIKMAA, A. and KALAMEES, T. Potential for Finance and Energy Savings of Detached Houses in Estonia. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2015, 11, vol. 78, pp. 907-912 [žiūrėta 2016-02-05]. ISSN 1876-6102. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.017>.

ATIEH, A. and AL SHARIFF, S. Case Study on the Return on Investment (ROI) for using Renewable Energy to Power-Up Typical House in Saudi Arabia. *Sustainable Cities and Society* [interaktyvus]. 2015, 9, vol. 17, pp. 56-60 [žiūrėta 2016-02-06]. ISSN 2210-6707. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2015.03.008>.

BALLARINI, I., CORGNATI, S.P. and CORRADO, V. Use of Reference Buildings to Assess the Energy Saving Potentials of the Residential Building Stock: The Experience of TABULA Project. *Energy Policy* [interaktyvus]. 2014, 5, vol. 68, pp. 273-284 [žiūrėta 2016-03-01]. ISSN 0301-4215. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.027>.

BELLIA, L., FRAGLIASSO, F. and PEDACE, A. Lighting Control Systems: Factors Affecting Energy Savings' Evaluation. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2015, 11, vol. 78, pp. 2645-2650 [žiūrėta 2016-02-05] ISSN 1876-6102. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.336>.

BUKER, M.S. and RIFFAT, S.B. Building Integrated Solar Thermal Collectors – A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2015, 11, vol. 51, pp. 327-346 [žiūrėta 2016-02-04]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.009>.

CASSARD, H., DENHOLM, P. and ONG, S. Technical and Economic Performance of Residential Solar Water Heating in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2011, 10, vol. 15, no. 8, pp. 3789-3800 [žiūrėta 2016-02-04]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.016>.

CHEW, I., KALAVALLY, V., OO, N.W. and PARKKINEN, J. Design of an Energy-Saving Controller for an Intelligent LED Lighting System. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2016, 5/15, vol. 120, pp. 1-9 [žiūrėta 2016-01-28]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.041>.

DAS, A. and PAUL, S.K. Artificial Illumination during Daytime in Residential Buildings: Factors, Energy Implications and Future Predictions. *Applied Energy* [interaktyvus]. 2015, 11/15, vol. 158, pp. 65-85 [žiūrėta 2016-01-28]. ISSN 0306-2619. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.006>.

DASCALAKI, E.G., DROUTSA, K.G., BALARAS, C.A. and KONTOYIANNIDIS, S. Building Typologies as a Tool for Assessing the Energy Performance of Residential Buildings – A Case Study for the Hellenic Building

Stock. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2011, 12, vol. 43, no. 12, pp. 3400-3409 [žiūrėta 2016-02-05]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.002>.

GAN, C.K., SAPAR, A.F., MUN, Y.C. and CHONG, K.E. Techno-Economic Analysis of LED Lighting: A Case Study in UTeM's Faculty Building. *Procedia Engineering* [interaktyvus]. 2013, vol. 53, pp. 208-216 [žiūrėta 2016-02-08]. ISSN 1877-7058. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.028>.

GRAM-HANSEN, K. Existing Buildings – Users, Renovations and Energy Policy. *Renewable Energy* [interaktyvus]. 2014, 1, vol. 61, pp. 136-140 [žiūrėta 2016-04-05]. ISSN 0960-1481. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.05.004>.

HAMILTON, I.G., SUMMERFIELD, A. J., SHIPWORTH, D. STEADMAN, J. P., ORESZCZYN, T., LOWE, R. J. Energy Efficiency Uptake and Energy Savings in English Houses: A Cohort Study. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2016, 4/15, vol. 118, pp. 259-276 [žiūrėta 2016-04-03]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.024>.

JUODIS, E. Šilumos šnaudų gyvenamųjų namų šildymui palyginimo ir poreikių prognozavimo pagal šildymo dienolaipsnius taikomumo ribos. *Energetika* [interaktyvus]. 2013, vol. 59/1, pp. 1-10 [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.6001/energetika.v59i1.2614>.

KAKAZA, M. and FOLLY, K. Effect of Solar Water Heating System in Reducing Household Energy Consumption. *IFAC-PapersOnLine* [interaktyvus]. 2015, vol. 48, no. 30, pp. 468-472 [žiūrėta 2016-04-07]. ISSN 2405-8963. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.12.423>.

KLEVIENĖ, A. and PEREDNIS, E. Saulės Energijos Paklausos Didinimo Prielaidos. *Energetika* [interaktyvus]. 2012, vol. 58/3, pp. 148-157 [žiūrėta 2016-04-12]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.6001/energetika.v58i3.2464>.

KRANZL, L., HUMMEL, M., MÜLLER, A. and STEINBACH, J. Renewable Heating: Perspectives and the Impact of Policy Instruments. *Energy Policy* [interaktyvus]. 2013, 8, vol. 59, pp. 44-58 [žiūrėta 2016-03-04] ISSN 0301-4215. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.03.050>.

KUMAR, A., BARENDAR, P. and QURESHI, U. Historical and Recent Development of Photovoltaic Thermal (PVT) Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2015, 2, vol. 42, pp. 1428-1436 [žiūrėta 2016-02-06]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.044>.

KUMAR, R. and ROSEN, M. A. A Critical Review of Photovoltaic–thermal Solar Collectors for Air Heating. *Applied Energy* [interaktyvus]. 2011, 11, vol. 88, no. 11, pp. 3603-3614 [žiūrėta 2016-02-08]. ISSN 0306-2619. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.04.044>.

LI, Y., KELLY, D. M., LI, M., HARRIS, J. M. Development of a New 3d Euler-Lagrange Model for the Prediction of Scour Around Offshore Structures. *Coastal Engineering Proceedings* [interaktyvus]. 2014, vol. 1, no. 34, pp. 15-20 [žiūrėta 2016-02-15]. Prieiga per: <https://icce-ojs-tamu.tdl.org/icce/index.php/icce/article/view/7320>.

LOUGHLIN, D.H. and DODDER, R.S. Engineering Economic Assessment of Whole-House Residential Wood Heating in New York. *Biomass and Bioenergy* [interaktyvus]. 2014, 1, vol. 60, pp. 79-87 [žiūrėta 2016-02-18]. ISSN 0961-9534. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.10.029>.

MANCARELLA, P., GAN, C.K. and STRBAC, G. Optimal Design of Low-Voltage Distribution Networks for CO2 Emission Minimisation. Part II: Discrete Optimisation of Radial Networks and Comparison with Alternative Design Strategies. *IET Generation, Transmission & Distribution* [interaktyvus]. 2011, vol. 5, no. 1, pp. 47-56 [žiūrėta 2016-02-19]. ISSN 1751-8687. Prieiga per: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5669383&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F4082359%2F5669377%2F05669383.pdf%3Farnumber%3D5669383>.



MICHELSEN, C.C. and MADLENER, R. Switching from Fossil Fuel to Renewables in Residential Heating Systems: An Empirical Study of Homeowners' Decisions in Germany. *Energy Policy* [interaktyvus]. 2016, 2, vol. 89, pp. 95-105 [žiūrėta 2016-02-25]. ISSN 0301-4215. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.018>.

MIŠKINIS, V., GALINIS, A., KONSTANTINAVIČIŪTĖ, I. and LEKAVIČIUS, V. Energijos vartojimo Lietuvoje ir ES šalyse tendencijos. *Energetika* [interaktyvus]. 2014, vol. 60 (2), pp. 96-112 [žiūrėta 2016-05-02]. Prieiga per: <http://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/view/2934>.

MOOSAVIAN, S.M., RAHIM, N.A., SELVARAJ, J. and SOLANGI, K.H. Energy Policy to Promote Photovoltaic Generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2013, 9, vol. 25, pp. 44-58 [žiūrėta 2016-04-09]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.030>.

NUNES, L.J.R., MATIAS, J.C.O. and CATALÃO, J.P.S. Wood Pellets as a Sustainable Energy Alternative in Portugal. *Renewable Energy* [interaktyvus]. 2016, 1, vol. 85, pp. 1011-1016 [žiūrėta 2016-03-29]. ISSN 0960-1481. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.065>.

PA, A., BI, X.T. and SOKHANSANJ, S. Evaluation of Wood Pellet Application for Residential Heating in British Columbia Based on a Streamlined Life Cycle Analysis. *Biomass and Bioenergy* [interaktyvus]. 2013, 2, vol. 49, pp. 109-122 [žiūrėta 2016-04-06]. ISSN 0961-9534. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.11.009>.

PACESILA, M., BURCEA, S.G. and COLESCA, S.E. Analysis of Renewable Energies in European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2016, 4, vol. 56, pp. 156-170 [žiūrėta 2016-04-15]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.152>.

RAMANAUSKAS, Juozas, BLIŪDŽIUS, Raimondas and STANKEVIČIUS, Vytautas., 2005. *Langų šiluminės savybės*: monografija [interaktyvus]. Kaunas: Technologija, 2005. [žiūrėta 2016-02-21]. ISBN 9955-09-983-6. Prieiga per: [http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:B.03~2005~ISBN\\_9955-09-983-6/DS.001.0.01.BOOK](http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:B.03~2005~ISBN_9955-09-983-6/DS.001.0.01.BOOK).

RISHOLT, B., TIME, B. and HESTNES, A.G. Sustainability Assessment of nearly Zero Energy Renovation of Dwellings Based on Energy, Economy and Home Quality Indicators. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2013 5, vol. 60, pp. 217-224 [žiūrėta 2016-03-12]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.017>.

SGARBOSSA, A. et al. A Multivariate SIMCA Index as Discriminant in Wood Pellet Quality Assessment. *Renewable Energy* [interaktyvus]. 2015, 4, vol. 76, pp. 258-263 [žiūrėta 2016-03-19]. ISSN 0960-1481. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.041>.

SHAN, F., TANG, F., CAO, L. and FANG, G. Performance Evaluations and Applications of Photovoltaic-thermal Collectors and Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2014, 5, vol. 33, pp. 467-483 [žiūrėta 2016-04-10]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.018>.

STANIŠKIS, Jurgis Kazimieras, STASIŠKIENĖ, Žaneta and KLIPOVA, Irina. *Subalansuotos pramonės plėtros strategija: teorija ir praktika*: monografija. Kaunas: Technologija, 2004. ISBN 9955-09-718-3.

STANIŠKIS, Jurgis Kazimieras, STASIŠKIENĖ, Žaneta and KLIPOVA, Irina. *Švaresnė Gamyba: sisteminis požiūris*: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 2002. ISBN 9955-09-312-9.

STANIŠKIS, Jurgis Kazimieras, STASIŠKIENĖ, Žaneta, KLIPOVA, Irina and VARŽINSKAS, Visvaldas. *Darniosios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas*: mokslo monografija. Kaunas: Technologija, 2010. ISBN 978-9955-25-815-5.

STOLARSKI, M.J., KRZYŻANIAK, M., WARMIŃSKI, K. and ŚNIEG, M. Energy, Economic and Environmental Assessment of Heating a Family House with Biomass. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2013, 11, vol. 66, pp. 395-404 [žiūrėta 2016-04-13]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.050>.

TĂPURICĂ, O.C. Integrating Market Based Instruments for Pollution Control - Strategic Option for Enhancing Competitiveness within Energy Industry. *Economia Seria Management* [interaktyvus]. 2011, vol. 14, no. 2, pp. 406-416 [žiūrėta 2016-04-04]. Prieiga per: <http://www.management.ase.ro/reveconomia/2011-2/12.pdf>.

THOMSON, H. and LIDDELL, C. The Suitability of Wood Pellet Heating for Domestic Households: A Review of Literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2015, 2, vol. 42, pp. 1362-1369 [žiūrėta 2016-04-06]. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.009>.

VERBICKAS, D., JUKNYS, R. and KLEIŠMANTAS, A. Kietojo Biokuro Naudojimas Lietuvos Šilumos Gamybos Sektoriuje, Tolesnės Perspektyvos Ir Poveikis Aplinkai. *Energetika* [interaktyvus]. 2013, vol. 59/3, pp. 144-152 [žiūrėta 2016-03-02]. Prieiga per: doi <http://dx.doi.org/10.6001/energetika.v59i3.2706>.

Teisės aktai:

EUROPOS KOMISIJA. *Energetikos veiksmų planas 2050 m.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-05-02]. 2011. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=CELEX:52011DC0885>

Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2010/31/ES. *Dėl pastatų energinio naudingumo: 2010 m. gegužės 19 d.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: [http://www3.lrs.lt/pls/inter1/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=57396](http://www3.lrs.lt/pls/inter1/dokpaieska.showdoc_l?p_id=57396)

Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2009/28/EB. *Dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją (iš dalies keičianti bei vėliau panaikinanti Direktyvas 2001/77/EB ir 2003/30/EB): 2009 m. balandžio 23 d.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: [http://www3.lrs.lt/pls/inter1/dokpaieska.dok\\_priedas?p\\_id=18371](http://www3.lrs.lt/pls/inter1/dokpaieska.dok_priedas?p_id=18371)

Europos Parlamento ir Tarybos direktyva Nr. 2012/27/ES. *Dėl energijos vartojimo efektyvumo (iš dalies keičiamos direktyvos 2009/125/EB ir 2010/30/ES bei kuria panaikinamos direktyvos 2004/8/EB ir 2006/32/EB): 2012 m. spalio 25 d.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:LT:PDF>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2013 m. gruodžio 9 d., Nr. 129-6566. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.29F6A2858E2D>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.09:2005 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2005 m. gruodžio 20d. D1-624. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=268553&Condition2=>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2005 m. kovo 18 d. Nr. D1-156. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=260821](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=260821)

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl statybos techninio reglamento STR 2.02.01:2004 „Gyvenamieji pastatai“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2003 m. gruodžio 24 d. Nr. 705. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-12]. Prieiga per:

[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=226882](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=226882)

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl statybos techninio reglamento STR 1.12.06:2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2002 m. spalio 30 d. Nr. 565 [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-12]. Prieiga per <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.FCD9602FAB5D>

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Lietuvos Respublikos statybos įstatymas: 1996 kovo 19 d., Nr. I-1240.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-20]. Prieiga per: [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=297903](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=297903)

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Dėl Lietuvos higienos normos HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas: 2009 m. gruodžio 29 d. Nr. V-1081. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.480FD840BA61>

LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Dėl energijos vartojimo efektyvumo veiksmų plano patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas: 2014 m. gegužės 30 d. Nr. 1-149. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: [http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_neeap\\_lt\\_lithuania.pdf](http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_neeap_lt_lithuania.pdf)

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl Klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2010 m. balandžio 6d. Nr. D1-275. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=369461&p\\_query=&p\\_tr2=](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=369461&p_query=&p_tr2=)

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Dėl Lietuvos higienos normos HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo.* Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas: 2003 m. liepos 23 d. Nr. V-455. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.2099D15473C7>

STATISTIKOS DEPARTAMENTAS PRIE LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS. *Kuro ir energijos balanso sudarymo metodika: 2004 lapkričio 24 d. Nr. DĮ-228; paskutiniai pasikeitimai – 2008 m. liepos 31 d. Nr. DĮ-154.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-13]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.55F2081A61B9>

Internetinės nuorodos:

AKMENS ANGLIŲ CHARAKTERISTIKOS. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: <https://www.kuras.lt/akmens-anglys/31-akmens-anglys-dpk-60-130.html>

DAUGIAMETĖ PILNUTINĖ SAULĖS EKSPOZIJA. [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2016-05-01]. Prieiga per: <http://www.zaliaideja.lt/zh/saule/saules-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>

DEPARTMENT OF ENERGY. *Solar water heaters.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-02-05]. Prieiga per: <http://energy.gov/energysaver/solar-water-heaters>

EUROPOS KOMISIJA. *Strategijos „Europa 2020“ tikslai.* [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2016-03-04]. Prieiga per: [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index\\_lt.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_lt.htm)

EUROPOS KOMISIJA. *2030 m. Klimato ir energetikos politikos strategija*. [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2016-03-04]. Prieiga per: <http://www.consilium.europa.eu/lt/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>

EUROSTAT duomenys. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-02-01]. Prieiga per: [http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020\\_31&plugin=1](http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_31&plugin=1)

LIETUVOS APLINKOS APSAUGOS INVESTICIJŲ FONDAS. *Kas Gali Gauti Paramą*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-09]. Prieiga per: <http://www.laaif.lt/lt/kas-gali-gauti-parama/>.

LIETUVOS SAULĖS ENERGETIKOS ASOCIACIJA. *Saulės energijos ištekliai*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-02-10]. Prieiga per: <http://www.lsea.lt/saules-energijos-istekliai>

LIETUVOS ŠILUMOS TIEKĖJŲ ASOCIACIJA. *Šilumos suvartojimo analizė*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-04]. Prieiga per: <http://lsta.lt/lt/pages/apie-silumos-uki/silumos-suvartojimo-analize>

LIETUVOS VĖJO ELEKTRINIŲ ASOCIACIJA. *Įregistruota Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetikos konfederacija, jungianti visas Lietuvoje veikiančias atsinaujinančių išteklių asociacijas*. [INTERAKTYVUS]. 2012 [žiūrėta 2016-03-07]. Prieiga per: <http://www.lvea.lt/index.php/lt/news/news/view/iregistruota-lietuvos-atsinaujinanciu-istekliu-energetikos-konfederacija>

MEDIENOS GRANULIŲ CHARAKTERISTIKOS. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: <http://kietasbiokuras.lt/granul%C4%97s/granules-1393>

OFICIALIOSIOS STATISTIKOS PORTALAS. *Energetikos statistika 2014 m.* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016-04-09]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?eventId=62509>

POLISTIRENINIS PUTPLASTIS (EPS100) ŠILUMOS LAIDUMO KOEFICIENTAS. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-02]. Prieiga per: <http://www.kaunosilas.lt/polistireninis-putplastis/savybes/silumos-laidumas/>

ŠARVUOTŲ DURŲ ŠILUMOS LAIDUMO KOEFICIENTAS. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-02]. Prieiga per: <http://www.skydas.com/lt/durys-namui/skydas-standart>

Kita literatūra:

ADOMAVIČIUS V. *Mažosios atsinaujinančių išteklių energijos sistemos: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija, 2013. ISBN 978-609-02-0945-5

BERTOLDI, P., HIRL, B. and LABANCA, N. *Energy Efficiency Status Report 2012 - Electricity Consumption and Efficiency Trends in the EU-27*. [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2016-02-08]. ISBN 978-92-79-25604-2. Prieiga per: <https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/energy-efficiency-status-report-2012.pdf>.

CHARKOVAS. Teršalų, išmetamų į atmosferą iš pagrindinių technologinių mašinų gamybos įrenginių, normatyviniai rodikliai. 1997 (Tomas I). 1 paragrafas „Kuro deginimas“ (*Rus.: Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий машиностроения 1997 г. (Том I), параграф 1 „Сжигание топлива“*)

ENERGETIKOS AGENTŪRA. *2013 metų ataskaita apie pažangą įgyvendinant nacionalinius energijos vartojimo efektyvumo tikslus*. [interaktyvus]. 2015, Vilnius [žiūrėta 2016-02-16]. Prieiga per: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/LT\\_Annual%20Report%202015\\_lt.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/LT_Annual%20Report%202015_lt.pdf).

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013* [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2016-05-24]. Prieiga per: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>

GALINIS, A., MIŠKINIS, V., KONSTANTINAVIČIŪTĖ, I., NORVAIŠA, E., TARVYDAS D., PAŽĖRAITĖ, A., GATAUTIS, R., LEKEVIČIUS, V., ALĖBAITĖ, I. *Lietuvos Energetikos Sektoriaus Perspektyvinė Plėtros Analizė, Atsižvelgiant Į ES Strategines Inicijatyvas Energetikos Sirtyje* [interaktyvus]. 1st ed. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2014. [žiūrėta 2016-05-04]. Prieiga per: <http://www.esparama.lt/documents/10157/490675/4.+Tyrimo+ataskaita.pdf/371cd8c6-b121-4a01-9361-470f702bacf0>

GUDZINSKAS J., LUKOŠEVIČIUS V., MARTINAITIS V., TUOMAS E. *Šilumos vartotojo vadovas*. Vilnius: Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija, 2011. ISBN 978-609-95258-0-8.

GURSKIS, V., et al. *Efektyvaus Energijos Vartojimo Pastatuose Vadovas*. S. M. LIJANA ALELIŪNĖ ed., Kaunas: Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, 2008. ISBN 978-9955-751-20-5.

KYTRA S. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*: mokomoji knyga. Kaunas, Technologija, 2006. ISBN 9955-25-159-X.

LAAIF „Išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimo vertinimo metodika“, 2010-04-06 patvirtinta Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymu Nr. D1-275 „Dėl klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ (paskutinis pakeitimas 2014-04-27 Nr. D1-377).

LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS. *Lietuvos energetika 2014*. 2015. ISSN 1822-5268

LIETUVOS STATISTIKOS DEPARTAMENTAS. *Kuro ir energijos balansas 2014*. Vilnius, 2015. ISSN 2029-5944

Nacionalinė inventorizacijos ataskaita, pateikta Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos sekretoriatui – „National Greenhouse Gas Emission Inventory Report of the Republic of Lithuania“, Vilnius 2005.

STATISTIKOS DEPARTAMENTAS PRIE LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS. *Darnaus vystymosi rodikliai 2016*. Vilnius, 2016.

USTINOVIČIUS L., AMBRASAS G., ALCHIMOVIIENĖ J., IGNATAVIČIUS Č., VILUTIENĖ T. *Statinių eksploatavimas ir atnaujinimas*: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012. ISBN 978-609-457-350-7.

**PRIEDAI****PRIEDAS NR. 1**

Kuro rūšis: Durpių briketai, medienos granulės, akmens anglis, grūdai, pjuvenų briketai

Katilo galingumas 17 kW

Katilo efektyvumas 92 %

Šildomų patalpų plotas 130 – 160 m<sup>2</sup>

Informacijos šaltinis: <https://www.gerikatilai.lt/kamen-lenkija/1819-granulinis-katilas-kamen-pellet-plus-17-kw.html>

**PRIEDAS NR. 2****Lietuviškos granulės**

Pasirinktos granulės pagamintos iš spygliuočių ir lapuočių medienos, kuri susmulkinama, išdžiovinama ir suformuojama į 6 arba 8 mm skersmens cilindrus. Ekologiškas ir aplinką tausojantis kuras.

Charakteristikos:

Tankis: 1,2 – 1,3 kg/dm

Drėgnumas: 7 %

Peleningumas: 0,6 %

Kaloringumas: 17,7 MJ/kg

Kaina - **160,00 Eur/t**

**PRIEDAS NR. 3****TS 300 saulės kolektorius**

*Techninės charakteristikos:*

Kolektoriaus plotas 2 m<sup>2</sup>

Absorberio plotas 1,76 m<sup>2</sup>

Pakuotės matmenys 1040 x 2040

Stiklo storis 4 mm

Saulės absorbcija Minimali 0,94

Efektyvumas 80 %

Normali vidutinė temperatūra kolektoriuje 100 °C

Įmanoma maksimali temperatūra kolektoriuje 1000 W/m prie lauko 25 °C 178 °C

Energijos išgavimas\* 700-930 kWh/m.

**\* Maksimalus kolektoriaus energijos išgavimas priklauso nuo montavimo kryptių, geografinės vietovės ir vandens poreikio.**

