



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Energijos tausojimas ir anglies dioksido mažinimas gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas

Baigiamasis magistro projektas

Igor Berezovskij

Projekto autorius

doc. dr. Irina Kliopova

Vadovė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Energijos tausojimas ir anglies dioksido mažinimas gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas

Baigiamasis magistro projektas

Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Igor Berezovskij

Projekto autorius

doc. dr. Irina Kliopova

Vadovė

doc. dr. Visvaldas Varžinskas

Recenzentas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Igor Berezovskij

Energijos tausojimas ir anglies dioksido mažinimas gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Igor Berezovskij, baigiamasis projektas tema „Energijos tausojimas ir anglies dioksido mažinimas gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas“ 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.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema Energijos tausojimas ir anglies dioksido mažinimas gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas

Reikalavimai ir sąlygos
(tikslinti pavadinimą
pagal poreikį)

Išteklių bei energijos naudojimo efektyvumas apdirbamojoje pramonėje – Lietuvai aktuali tematika. Įvairiuose Lietuvos ūkio sektoriuose atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad lyginant su ES-15 šalimis, Lietuvos apdirbamoji pramonė turi nemažą išteklių taupymo potencialą. Energetiniai ištekliai naudojami visuose pramoniniuose procesuose, tad pramonė tiesiogiai ir/ar netiesiogiai daro poveikį globaliniam atšilimui dėl ŠESD išskirimo. Magistrantas eksperimentui parinktoje apdirbamosios pramonės įmonėje (pasiūlo savo arba parenka vadovas) naudojant Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcijos principus, poveikio aplinkai vertinimo metodus turi atlikti aplinkosaugos auditą, atlikti srautų analizę ir sudaryti įmonės medžiagų ir energijos balansą, nustatyti išteklių neefektyvaus naudojimo priežastis. Naudojant mokinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus, magistratūroje įgytas žinias, magistrantas eksperimentui parinktai įmonei turi pasiūlyti alternatyvas, kurių įdiegimas leistų padidinti energijos naudojimo efektyvumą, tausoti išteklius ir, tuo pačiu, mažinti poveikį aplinkai ir klimato kaitai. Darbe turi būti atlikta detali 2-3 siūlomų inovacijų įvykdomumo analizė (techninis, aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas) bei įvertintas įmonės aplinkosaugos veiksmingumas po atrinktos (-ų) inovacijos (-jų) įdiegimo.

Vadovas / Vadovė

doc. dr. Irina Kliopova

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Berezovskij, Igor. Energijos tausojimas ir anglies dioksido mažinimas gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas; Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Aplinkos inžinerija (E03) – pagrindinė, Gamybos inžinerija (E10), Verslas (L01), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: gamyba, šiltnamio efektą sukeliančios dujos, CO₂, klimato kaita, energijos intensyvumas, rekuperacija, švaresnė gamyba, procesų optimizacija, įrangos modernizacija.

Kaunas, 2020. 68 p.

Santrauka

Baigiamasis darbas yra skirtas energijos tausojimui ir anglies dioksido kiekio mažinimui gaminant ir naudojant rekuperacines sistemas.

Energijos gamybos ir transporto sektoriai šiuo metu yra didžiausi šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) išskiriantys ūkio sektoriai visame pasaulyje. Lietuvoje pramonės sektoriaus veikla 2017 m. išskyrė 3638,23 kt CO₂, šis kiekis sudarė 17,8 % nuo tuometinių Lietuvos ūkio sektorių išskirtų ŠESD emisijų.

Klimato kaitą veikiančių ŠESD mažinimas yra vienas svarbiausių su aplinkosauga susijusių Europos Sąjungos (ES) tikslų. Remiantis *Nacionaline energetinės nepriklausomybės strategija*, Lietuva įsipareigojo iki 2030 metų sumažinti energijos sunaudojimo intensyvumą 1,5 karto ir iki 2050 metų – 2,4 karto. Kad būtų sėkmingai įvykdyti Lietuvos įsipareigojimai ES, pramonės ir energetikos objektuose turi būti diegiamos inovacijos, padedančios tausoti įrangos, procesų bei žmogiškojo darbo resursus, tuo pačiu didinant bendrą veiklos efektyvumą. Švaresnės gamybos (ŠG) projektų diegimas pramonės objektuose taikant ŠG naudojamus metodus, leidžia pasiekti šį tikslą.

Baigiamojo magistro projekto tikslas – išanalizuoti energijos efektyvumo didinimo galimybes gaminant ir naudojant pramonėje rekuperacines vėdinimo sistemas. Gamybos procesų analizei parinktas objektas – vėdinimo įrenginių ir vėdinimo sistemų elementų gamintojas UAB „Komfovent“.

Pasirinktame objekte ŠG diegimo galimybių įvertinimas pradėtas nuo aplinkosauginio audito 2018 m., naudojant ŠG diegimo pramonės įmonėse metodiką, buvo identifikuotos pagrindinės aplinkosaugos problemos, nustatytos jų priežastis. Išmetamų ŠESD kiekio sumažinimo vertinimui naudojami emisijų (taršos) faktoriai, pateikti Lietuvos išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimo vertinimo metodikoje: vertinant netiesioginį išmetamą CO₂ kiekį dėl elektros sąnaudų Lietuvoje – 0,707 t CO₂/MWh, deginant gamtines dujas – 1,8961 t CO₂/tūkst. nm³.

Darbe pateikti ir detalieji įvertinti energijos naudojimo efektyvumą ir tuo pačiu – aplinkosauginį veiksmingumą didinantys pagalbinių procesų optimizavimo sprendimai:

- patalpų apšvietimo sistemos modernizavimas, esamus šviestuvų su metalo halogeno kaitinimo elementais pakeičiant šviesos diodų (LED) technologijos šviestuvais su automatiniu valdymu;
- eksploatuojamų vėdinimo įrenginių su IE1 klasės varikliais atnaujinimas įdiegiant naujesnius IE3 klasės variklius;

- vėdinimo įrenginio „P – 40“ šilumokaičio pakeitimas rotaciniu šilumokaičiu, kurio šilumos gražinimo efektyvumas yra 83 %;

Pirmieji 2 apšvietimo ir vėdinimo sistemų modernizavimo projektai buvo įgyvendinti 2018 – 2019 metais. Tai sudarė galimybes įvertinti įmonės aplinkosaugos veiksmingumo santykinų rodiklių pasikeitimą pagal 2019 m. duomenis. Elektros energijos sąnaudos produkcijos vienetui 2019 m. sumažėjo iki 9,795 kWh. Netiesioginės CO₂ emisijos dėl elektros energijos sąnaudų produkcijos vienetui sumažėjo 7 kg CO₂. Trečiojo projekto įdiegimas leistų sumažinti šiluminės energijos sąnaudas produkcijos vienetui – iki 4 kWh arba 9 %. ŠESD emisijos į aplinką dėl įmonės katilinėje deginamų gamtinių dujų sumažėtų 4,11 t CO₂/vnt.

Darbe vienam iš įmonės gaminamų vėdinimo įrenginių „DOMEKT–R–450–V“ tiriama energetinio veiksmingumo analizė siekiant sumažinti jo elektros energijos suvartojimą bei netiesioginių CO₂ emisijų į aplinką kiekį įrenginio naudojimo etape. Vertinant 10 metų laikotarpį, naujų ventiliatorių įdiegimas sudarytų galimybę sutaupyti 3390 kWh bei sumažintų netiesioginių CO₂ emisijų dėl elektros energijos vartojimo – 2,39 t.

Darbo pabaigoje yra pristatomos rekomendacijos rekuperacinių vėdinimo sistemų naudojimui pramoniniuose objektuose. Pateikiamas pavyzdys, apskaičiuojant šiluminės energijos sąnaudų pokytį skirtingo energetinio naudingumo klasės 100 m² ploto administraciniuose pastatuose, juose įdiegus skirtingo efektyvumo rekuperacinius įrenginius. Rekomenduojama papildoma įranga ir vėdinimo sistemų modifikacijos padedančios optimizuoti jų darbo veiklą ir didinančios energijos vartojimo efektyvumą.

Berezovskij, Igor. Energy Efficiency and Carbon Dioxide Reduction through the Production and Use of Recuperative Systems. Master's Final Degree Project / Assoc. Prof. Dr. Irina Kliopova; Institute of Environmental Engineering; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Environmental Engineering (E03) – main study field, Production and Manufacturing Engineering (E10), Business (L01), Engineering Sciences.

Keywords: production, greenhouse gases, CO₂, climate change, energy intensity, recuperation, cleaner production, process optimization, equipment modernization.

Kaunas, 2020. 68.

Summary

This final master's project is dedicated to energy saving and carbon footprint reduction in production and use of recuperation systems.

The energy production and transport sectors are currently the largest emitters of greenhouse gases (GHG) in the world. Lithuanian industrial activity emitted 3638.23 kt CO₂ in 2017, which accounted for 17.8% of the total GHG emissions of all economic sectors of Lithuania

Reducing GHGs that affect the climate change is one of the most important environmental objectives of the European Union (EU). In accordance with the *National Energy Independence Strategy*, Lithuania has committed itself to reduce the intensity of energy consumption by 1,5 times by 2030 and 2,4 times by 2050. In order to successfully fulfill Lithuania's obligations to the EU, innovations must be implemented in industrial and energy facilities in order to conserve the resources of equipment, processes and human labor, while increasing the overall efficiency of operations. The implementation of cleaner production projects in industrial facilities allow us to achieve this objective by using the methods which are used by cleaner production.

The aim of the final master's project is to analyze the possibilities of increasing energy efficiency in the production and the use of recuperative ventilation systems in industry. The selected object of the studies, for the analysis of production processes, is the production company of ventilation equipment and ventilation system's elements – UAB 'Komfovent'.

The assessment of the possibilities of cleaner production implementation in the selected object started from the environmental audit in 2018. The main environmental problems and their causes were identified using the methodology of cleaner production implementation in industrial enterprises. Emission (pollution) factors which are presented in the Lithuanian Greenhouse Gas Emission Reduction Assessment Methodology are used to assess the reduction of GHG emissions: estimating indirect CO₂ emissions due to electricity consumption in Lithuania, the following emission factor is used 0.707 t CO₂ / MWh, for evaluation of acquiring emissions from burning of natural gas in the fuel burning equipment is 1.8961 t CO₂ / thousand nm³.

This paper presents and evaluates in detail the efficiency of auxiliary processes that increase, at the same time, the energy and environmental efficiency:

- Modernization of the indoor lighting system by replacing the existing luminaires with metal halide heating elements with newer light emitting diode (LED) technology luminaires with automatic control;
- Upgrading of existing air handling units with currently equipped IE1 class motors by installing newer IE3 class motors;
- Upgrading the heat exchanger of the ventilation unit “P – 40” by using a rotary heat exchanger with a heat recovery efficiency of 83%.

The first 2 modernization projects of lighting and ventilation systems were implemented in 2018-2019. Thus, electricity consumption per unit of production in 2019 decreased to 9,795 kWh. Due to electricity consumption, the indirect CO₂ emissions decreased by 7 kg CO₂. The implementation of the third project would allow to reduce the thermal energy consumption per unit of production unit – up to 4kWh or 9 %, GHG emissions to the environment would be reduced by 4.11 t CO₂/unit.

In this project, the energy efficiency analysis was performed for one of the ventilation units ‘DOMEKT – R – 450 – V’ manufactured by the company in order to reduce its electricity consumption and indirect CO₂ emissions to the environment during the operating phase of the unit. Assessing the period of 10 years, the installation of new fans would save 3390 kWh of electricity, while reducing indirect CO₂ emissions through the same period of time would be up to 2.39 t.

At the end of the work, the recommendations are provided for the use of recuperative ventilation systems in industrial facilities. An example is given for calculating the change in the thermal energy consumption in a 100 m² administrative building with the installation of recuperation units of different energy efficiencies. The recommendations specify additional modifications to the equipment and ventilation systems which help to optimize their operation and increase the energy efficiency.

Turinys

Lentelių sąrašas	11
Paveikslų sąrašas	13
Santrumpų ir terminų sąrašas	14
Įvadas.....	16
1. Energijos naudojimo intensyvumas Lietuvos ūkio sektoriuose ir poveikis klimato kaitai dėl ŠESD	18
1.1. Lietuvos ūkių energijos suvartojimo ir naudojimo intensyvumo apžvalga.....	18
1.1.1. Lietuvos energetinio taupymo įsipareigojimai	23
1.2. Lietuvos ūkio sektorių poveikis klimato kaitai dėl ŠESD.....	24
2. Tvarios pramonės plėtros metodų taikymas tausojant pramonės vartojamą energiją	29
2.1. Energijos tausojimas, diegiant taršos prevencija ir atliekų mažinimo projektus (Švaresnės gamybos projektus)	30
2.2. GPGB metodai, didinti energetinį efektyvumą	32
2.3. Ekologinio projektavimo metodai mažinti produkto poveikį aplinkai visame būvio cikle.....	32
3. Tyrimo metodika	34
4. Švaresnės gamybos galimybių vertinimas UAB „Komfovent“	40
4.1. Neefektyvaus energijos naudojimo UAB „Komfovent“ priežasčių nustatymas	42
4.2. Energijos efektyvumo didinimas diegiant darnias inovacijas	45
4.2.1. Gamyklos apšvietimo modernizavimo įvykdomumo analizė	45
4.2.2. Vėdinimo įrenginių modernizavimo įvykdomumo analizė.....	47
4.2.3. Vėdinimo įrenginio šilumokaičio modernizavimas.....	50
4.3. Energijos efektyvumo didinimas ir CO ₂ mažinimas gaminant rekuperacines vėdinimo sistemas.....	52
5. Rekuperatoriaus „DOMEKT–R–450–V“ energetinio veiksmingumo analizė	54
6. Rekomendacijos dėl rekuperatorių naudojimo galimybių gamybos patalpų šildymo – vėdinimo sistemose	58
Išvados	60
Literatūros sąrašas	61
Priedai.....	65

1	priedas. Esamų šviestuvų elektros sąnaudų skaičiavimo lentelė.....	65
2	priedas. Siūlomų LED šviestuvų su valdymo automatika elektros energijos suvartojimo skaičiavimas	66
3	priedas. IE1 klasės variklių duomenų skaičiavimo lentelė.....	67
4	priedas. IE3 klasės variklių duomenų skaičiavimo lentelė.....	68

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. ¹ Europos Sąjungos pramonės sektoriaus CO ₂ emisijų kiekis 2016 – 2017 metais (mln t CO ₂).....	18
1.2 lentelė. ¹ Galutinis energijos suvartojimas Lietuvos ūkio sektoriuose 2011, 2015, 2018 metais (tūkst. TNE).....	20
1.3 lentelė. ¹ Galutinis elektros ir šiluminės energijos suvartojimas Lietuvos ūkio sektoriuose 2011, 2015, 2018 metais (TWh).....	20
1.4 lentelė. Lietuvos BVP 2011 – 2018 m., palyginamosiomis kainomis mln. eurų.....	21
1.5 lentelė. Lietuvos energijos intensyvumas 2011 – 2018 m., tne/mln. eurų.....	21
1.6 lentelė. Lietuvos energijos produktyvumas 2007 – 2017 m., (eur/kgne) [13].....	23
1.7 lentelė. Išmetamų ŠESD kiekio kitimas pagal sektorius Lietuvoje 1990 – 2017 metais, (kt CO ₂). [19]	25
2.1 lentelė. Netiesioginio poveikio aplinkai sumažėjimas dėl energijos vartojimo sumažinimo Lietuvoje 1993 – 2009 m. dėl ŠG inovacijų įdiegimo [34].....	32
3.1. lentelė. ¹ Teršalų emisijų faktoriai energetikos sektoriuje deginant gamtines dujas.....	38
4.1 lentelė. Rekuperatorių reikalavimai pagal pastato energetinę naudingumo klasę	41
4.2 lentelė. UAB „Komfovent“ santykiniai aplinkosauginiai indikatoriai, sudaryti pagal 2017 m. medžiagų ir energijos balansą	45
4.3 lentelė. Šviestuvų pakeitimo gamyklos patalpose aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas	46
4.4 lentelė. Įmonės apšvietimo sistemos modernizavimo investicijos.....	46
4.5 lentelė. Vėdinimo įrenginių variklių modernizacijos aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas	49
4.6 lentelė. Vėdinimo įrenginių modernizavimo investicinė analizė.....	49
4.7 lentelė. ¹ Vėdinimo įrenginių parametrai	50
4.8 lentelė. Vėdinimo įrenginiams parenkamos darbo ¹ klimatinės ir kitos sąlygos.....	50
4.9 lentelė. Papildomos šilumos poreikio įvertinimas esamoje ir planuojamoje sistemoje	50
4.10 lentelė. Vėdinimo įrenginio modernizavimo aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas	51
4.11 lentelė. Šilumokaičio pakeitimo „V – 40“ įrenginyje ekonominė analizė	51
4.12 lentelė. Pasiektas aplinkosauginis veiksmingumas, įdiegus apšvietimo ir ventiliacinės sistemų modernizavimo projektus	52

4.13 lentelė. Planuojamas aplinkosauginis veiksmingumas, įdiegus vėdinimo įrenginio modernizavimo projektą.....	53
5.1 lentelė. Klimatologiniai duomenys ir kiti rodikliai energetinei veiksmingumo analizei..	55
5.2 lentelė. Analizuojamų vėdinimo įrenginių techninių parametrų palyginimas	55
5.3 lentelė. Vėdinimo įrenginio elektros energijos suvartojimas ir eksploatacinės sąnaudos (nevertinant filtrų) per amortizacijos laikotarpį – 10 metų.	56
5.4 lentelė. Rekuperatorių techninės savybės: reikalavimai pagal STR [45] ir pasiekti rezultatai...	57
6.1 lentelė. Šiluminės energijos sąnaudų ir sutaupymų skaičiavimas 100 m ² administraciniam pastatui pagal skirtingas energetinio efektyvumo klases	58

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Lietuvos pramonės sektoriaus pagamintos produkcijos vertė 2011 – 2018 m., (tūkst. eurų)	21
1.2 pav. Energijos intensyvumo mažėjimo prognozės iki 2050 m., (tne/mln. eurų) [15].....	22
1.3 pav. Energijos produktyvumas Lietuvoje pagrindiniuose sektoriuose 2016 – 2017 metais, (eur/kgne) [15].....	23
1.4 pav. Lietuvoje susidaręs ŠESD kiekis pagal sektorius 2017m. (pagal 1.7 lentelė)	26
1.5 pav. Lietuvoje susidaręs ŠESD (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) kiekis skirtinguose sektoriuose 2017 m., (%)	26
1.6 pav. Lietuvos ŠESD emisijų (CO ₂) šaltinių atvaizdavimas pagal sektorius (išskyrus ŽNPKM) 2017 metais [21].....	27
1.7 pav. Išmetamų ŠESD kiekio tendencijos pramonės procesų ir produktų naudojimo sektoriuje Lietuvoje 1990 – 2017 m., kt CO ₂ [19]	28
2.1 pav. Švaresnės gamybos (ŠG) gamybos apibrėžimas [31]	31
2.2 pav. Švaresnės gamybos technikos ir jų kategorijos [33]	31
3.1 pav. Tyrimo etapai	34
4.1 pav. UAB „Komfovent“ gaminami vėdinimo įrenginiai.	40
4.2 pav. DOMEKT, VERSO STANDART ir VERSO PRO vėdinimo įrenginių gamybos proceso srautų diagrama.....	42
4.3 pav. KLASIK vėdinimo įrenginių gamybos proceso srautų diagrama	42
4.4 pav. Medžiagų ir energijos balansas UAB „Komfovent“ 2017 metais.....	43
4.5 pav. IE variklių efektyvumo kreivė pagal klasę.....	47
4.6 pav. UAB „Komfovent“ medžiagų ir energijos balansas, vnt./m. 2019 m.	52
5.1 pav. Vėdinimo įrenginys „DOMEKT–R–450–V“	54
5.2 pav. G3G160–CU09011 ventiliatorius (kairėje) G3G160–RG50303 ventiliatorius (dešinėje)..	55
5.3 pav. „DOMEKT–R–450–V“ pagrindinių komponentų elektros energijos sąnaudos (kWh/m.).	56
5.4 pav. „DOMEKT–R–450–V“ pagrindinių komponentų elektros energijos finansinės išlaidos (eur/m.)	56

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

CO₂ – anglies dioksidas

ES – Europos Sąjunga

EAA – Europos aplinkos agentūra

BVP – bendras vidaus produktas

JTBKKK – Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvenciją

ŽNPKM – žemės naudojimo paskirties keitimo ir miškininkystės

EK – Europos Komisija

NVO – nevyriausybinės organizacijos

CH₄ – metanas

N₂O – azoto suboksidas

HFC – hidrofluoroangliavandenilis

PFC – perfluorangliavandenilis

SF₆ – sieros heksafluoridas

NF₃ – azoto trifluoridas

LOJ – lakieji organiniai junginiai

NMLOJ – ne metaniniai lakieji organiniai junginiai

NO_x – azoto oksidas

ŠG – švaresnė gamyba

GPGB – geriausi prieinami gamybos būdai

EP – ekologinis projektavimas

TIPK – taršos integruota prevencija ir kontrolė

TEA – tarptautinės energetikos agentūra

JAV – Jungtinės Amerikos Valstijos

LED – šviesos diodinė lempa

BREF – GPGB nuorodos dokumentas

SFP – specifinė ventiliatoriaus galia

VĮ – vėdinimo įrenginys

Įvadas

EUROSTAT duomenimis, Europos Sąjungos (ES) šalyse pramonė kasmet generuoja virš 870 mln CO₂ [1] ir šis skaičius turi tendenciją didėti. Lietuvoje pramonės sektoriaus veikla 2017 metais išskyrė 3638,23 kt CO₂, šis kiekis sudarė 17,8 % nuo tuometinių Lietuvos ūkio sektorių išskirtų ŠESD emisijų [2]. Didžioji dalis ŠESD pasaulyje susidaro energetikos objektuose. Atkreipiamas dėmesys į tai, kad pramonės objektai sunaudoja nemažai energijos. Pastebima, kad nepaisant visų pastangų, pastaruoju metu galutinės energijos intensyvumas Lietuvos pramonėje nemažėja. Tokiu būdu tiesiogiai ir netiesiogiai pramonė prisideda prie neigiamo poveikio klimato kaitai dėl ŠESD.

Energijos vartojimo efektyvumo didinimas – vienas svarbiausių ES tikslų. Pastarųjų dviejų dešimtmečių laikotarpyje ES buvo daromos aktyvios pastangos siekiant sumažinti elektros energijos vartojimą ir padidinti jos efektyvumą. Praeityje 2008 metais ES narės priėmė klimato ir energetikos srities teisės aktų paketą, kuriame nurodyti pagrindiniai ES klimato ir energetikos tikslai 2020 metams. Pagrindiniai trys tikslai yra: šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų sumažinimas lyginant su 1990 metų lygiu, elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių išteklių padidinimas iki 20 % nuo viso pagaminamo elektros energijos kiekio bei energijos vartojimo sumažinimas 20 % [3]. Kiek vėliau, 2014 metais, ES šalys pagal priimtą „*Klimato ir energetikos politikos strategiją 2030 metams*“ įsipareigojo pasiekti privalomą ES tikslą iki 2030 metų. ES viduje išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį sumažinti ne mažiau kaip 40 %, palyginant su 1990 metais, vystyti atsinaujinančios energijos gamybą, padidinant jos gaminamą kiekį iki 27 % nuo bendro gaminamos energijos kiekio ES. [4]

Remiantis Nacionaline energetinės nepriklausomybės strategija, Lietuva įsipareigojo iki 2030 metų sumažinti energijos sunaudojimo intensyvumą 1,5 karto, iki 2050 metų – 2,4 karto [5]. *Lietuvos Nacionalinės ŠESD inventorizacijos ataskaitos duomenimis*, 2018 m. ŠESD iš pramoninių procesų sudarė 15.6 % nuo bendro ŠESD išskirto kiekio šalyje [6]. Vienas iš uždavinių, tiesiogiai susijusių su pramone – skatinti naudoti energijos efektyvumą didinančias priemones. Švaresnės gamybos (ŠG) prevencinių metodų taikymas pramonėje yra vienas pagalbinių įrankių tam pasiekti. ŠG projektų įdiegimas leidžia optimizuoti procesus, integruojant technines ir organizacines priemones, leidžiančias racionaliau naudoti išteklius, taip mažinant tiesioginį ir netiesioginį poveikį aplinkai.

Tyrimo objektas. Vėdinimo įrenginių ir vėdinimo sistemų elementų gamintojas UAB Komfovent.

Tyrimo tikslas. Išanalizuoti energijos naudojimo efektyvumo didinimo galimybes gaminant ir naudojant rekuperacinius vėdinimo įrenginius ir vėdinimo sistemų elementus, taikant darnios pramonės plėtros metodus.

Uždaviniai tikslui pasiekti:

1. Išanalizuoti statistinių duomenų bei kitų informacijos šaltinių duomenis, nustatant pramonės energijos naudojimo intensyvumą ir ŠESD susidarymą įvairiuose ūkio sektoriuose;
2. Atlikti praktinės ir mokslinės literatūros analizę energijos intensyvumo mažinimo srityje, didesnę dėmesį skiriant pramonės objektams;
3. Tyrimo objektui pasiūlyti darnias inovacijas, skirtas tausoti energiją ir atlikti jų įvykdomumo analizę;

4. Atlikti rekuperatorinio vėdinimo įrenginio energetinio veiksmingumo analizę ir pasiūlyti spendimus sumažinti energijos sąnaudas šio įrenginio naudojimo etape
5. Pateikti rekomendacijas dėl rekuperacinių sistemų naudojimo gamybos įmonių patalpų šildymo ir vėdinimo sistemose.

Darbo teorinė ir praktinė nauda. Magistro baigiamajame projekte tyrimo objektui (UAB Komfovent) pasiūlytos ir detaliai įvertintos trys Švaresnės gamybos alternatyvos modernizuoti patalpų apšvietimo ir vėdinimo sistemas, kurių įdiegimas leis sumažinti šiluminės ir elektros energijos sąnaudas (iki 296 MWh/m. arba iki 13,7 kWh produkcijos vienetui) bei ŠESD (iki 174 t CO₂/m.). Dvi inovacijos jau įdiegtos 2018–2019 metais. Rezultatai pateikti darbo 4.3 skyriuje.

Tyrimo rezultatų publikavimas. Dalis darbo rezultatų pristatyta 2020-05-22, dalyvaujant mokslinėje konferencijoje „*Klimato kaita Lietuvoje: GLOBALŪS IR NACIONALINIAI IŠŠŪKIAI, STEBĖSENA IR POLITIKOS GAIRĖS*“ (Vilniaus universitetas)

Berezovskij, I., Kliopova, 2020 m. “*Pramonės poveikio klimato kaitai mažinimas, diegiant Švaresnės gamybos projektus*” // “*Reduction of Industry Impact on Climate Change through Implementation of Cleaner Production Projects*”. 2020-05-22 konferencijos „*Klimato kaita Lietuvoje: globalūs ir Nacionaliniai iššūkiai, stebėseną ir politikos gairės*“ pranešimų tezės. Vilniaus universiteto leidykla. P – 44. DOI: <https://doi.org/10.15388/Klimatokaita.2020.36>

1. Energijos naudojimo intensyvumas Lietuvos ūkio sektoriuose ir poveikis klimato kaitai dėl ŠESD

Lietuva kaip ir dauguma kitų Europos valstybių susiduria su esminiais iššūkiais energijos tiekimo saugumo, energetikos sektoriaus konkurencingumo ir darnios plėtros srityse. Energijos vartojimo efektyvumas yra vienas geriausių būdų didinti energijos tiekimo saugumą, mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir kitų teršalų išmetimą, spartinti novatoriškų technologinių sprendimų plėtrą ir didinti pramonės konkurencingumą [7].

Akivaizdu, kad yra tiesioginis ryšys tarp energijos vartojimo ir ūkio sektorių veiklos rodiklių šalyje. Šiame skyriuje analizuojami įvairūs teisės aktai, dokumentai, susiję su Lietuvos ūkio sektorių energijos vartojimu, apibendrinama informacija, susijusi su energijos vartojimu ir poveikiu klimato kaitai dėl generuojamų ŠESD emisijų.

1.1. Lietuvos ūkių energijos suvartojimo ir naudojimo intensyvumo apžvalga

Remiantis Europos aplinkos agentūros (EAA) duomenimis, pateiktais Europos statistikos tarnybai, Europos Sąjungos pramonės sektoriuje 2017 m. į aplinką buvo išskirta virš 870 tūkst. kt CO₂ emisijų. Vystantis ES šalių ekonomikai, šis skaičius turi tendenciją didėti, ir tam turi įtakos augantys pramonės, transporto, statybos ir kitų sektorių veiklos rodikliai.

1.1 lentelė. ¹Europos Sąjungos pramonės sektoriaus CO₂ emisijų kiekis 2016 – 2017 metais (mln t CO₂)

Metai	kt CO ₂
2016 m.	857770,29
2017 m.	877314,89

¹Informacijos šaltinis – EUROSTAT. Rodiklių duomenų bazė [1]

Vadovaujantis duomenimis, pateiktais dokumente „Lietuvos Respublikos 2017 metų pažangos siekiant nacionalinių energijos vartojimo efektyvumo tikslų ataskaita“, 2010 – 2017 metais pirminės ir galutinės energijos suvartojimas kito nežymiai. Pirminės energijos sąnaudos išaugo 8,7 %, (nuo 7054,0 ktne iki 7672,4 ktne) galutinės 12,1 % (nuo 4767,8 ktne iki 5348,6 ktne), tačiau šalies BVP šiuo laikotarpiu išaugo 28,3 % (nuo 28019,4 iki 35959,9 mln. eurų). 2017 m., lyginant su 2010 m., šalyje buvo sukurta trečdaliu daugiau prekių ir paslaugų sunaudojant panašų energijos kiekį [7].

Analizuojant atskirus ūkio sektorius ir jų rodiklius Lietuvos kuro ir energijos balanse [9] 2011 – 2018 metais, didžiausias padidėjimas pastebimas transporto sektoriaus galutinės energijos suvartojimo – 43,5 %. Suvartojimo ir paslaugų sektoriuje rodiklis padidėjo 11,7%, statybos sektoriuje – 10,1 %, pramonės sektoriuje – 9,1 %. Didžiausias sumažėjimas matomas žvejybos sektoriuje – 40 %, namų ūkiuose tuo pačiu laikotarpiu sunaudota 2,7 % mažiau galutinės energijos. Žemės ūkio sektoriuje taip pat yra nežymus suvartojimo sumažėjimas – 1,4%.

Galutinis kuro ir energijos suvartojimas 2018 metais, palyginti su 2017 metais, padidėjo – 3,8 %. Daugiausia – 39,8 % energijos buvo sunaudota transporto sektoriuje, namų ūkiuose buvo suvartota 26,8 % energijos. Pramonės sektoriaus dalis galutinės energijos suvartojimo struktūroje sudarė 19,05 % 2018 m., palyginti su 2017 metais, pramonės sektoriuje sunaudota 3,4 % daugiau energijos, transporto – 6,3 %, namų ūkiuose – 1,5 % [10].

Energijos suvartojimas transporto sektoriuje augo dėl nuosekliai augančių krovinių ir keleivių vežimo srautų, augančios sektoriaus pridėtinės vertės bei efektyvios valstybės institucijų kovos su kontrabandinėmis degalų (dyzelino) patekimu į šalies teritoriją iš trečiųjų valstybių politikos [8]. Paslaugų sektoriaus augimą skatino 2016 – 2018 metais vykusi plėtra ir įgyvendintos investicijos.

Pramonės sektoriui įtakos turėjo išaugusios gamybos apimtys, naujų technologijų ir įrangos diegimas įmonių procesuose, kuriuos naudojant buvo pasiekiami geresni darbo našumo rodikliai. Šių priemonių integravimas į darbo procesų veiklą leido padidinti produkcijos apimtį, sudaryti sąlygas geriau aprūpinti vietas ir užsienio produkcijos paklausą. Aukščiausią gamybinių pajėgumų panaudojimo lygį pasiekė baldų (81,6 %), guminių ir plastikinių gaminių (79,7 %), drabužių gamybos (79,3 %) pramonės šakos [8].

Detaliau analizuojant pramonės sektoriaus energijos ir kuro suvartojimo dalyvius, pastebima, kad šiame sektoriuje 2018 metais didžiausias elektros energijos suvartojimas susidarė chemikalų ir chemijos produktų gamybos sektoriuje – 68,5 tūkst. tne. Antroje vietoje pagal elektros energijos suvartojimą 2018 metais buvo maisto produktų, gėrimų ir tabako gamybos sektoriaus vykdyta veikla, jos metu buvo suvartota 65,7 tūkst. tne elektros energijos. Analogiška situacija išvelgiama ir šiluminės energijos suvartojime, kuriame taip pat daugiausiai šiluminės energijos, vertinant vienetais, suvartota chemikalų ir chemijos produktų gamyboje – 205,3 tūkst. tne bei maisto produktų, gėrimų ir tabako gamyboje – 9,8 tūkst. tne.

Didžiausias procentinis elektros energijos suvartojimo augimas 2011 – 2018 metais pastebimas elektros įrangos gamybos sektoriuje – 1,2 tūkst. tne arba 169,23 %. Elektros įrangos gamyboje 2018 metais buvo suvartota 3,5 tūkst. tne šiluminės energijos, šiam sektoriui taip pat priklauso baigiamajame darbe analizuojama įmonė UAB „Komfovent“. Antras pagal suvartotos elektros energijos kiekio augimą yra baldų gamybos sektorius, jame 2018 metais suvartota 25,9 tūkst. tne t. y., 133 % daugiau negu 2011 metais. Trečioje vietoje yra variklinių transporto priemonių, priekabių ir puspriekabių gamybos sektorius, jame elektros energijos suvartojimas 2011 – 2018 metais išaugo 1 tūkst. tne, tai sudarė 125 % nuo 2011 metais buvusio 0,8 tūkst. tne kiekio. Vertinant pagal matavimo vienetus, didžiausias elektros energijos suvartojimo augimas pastebimas šiuose sektoriuose: baldų gamybos sektoriuje – 14,8 tūkst. tne; medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamyboje – 11,8 tūkst. tne; guminių ir plastikinių gaminių gamyboje – 11,7 tūkst. tne.

Pramonės šiluminės energijos suvartojime didžiausias procentinis augimas pastebimas medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektoriuje. Šio sektoriaus augimas 2011 – 2018 metais sudarė 722,2 % arba 6,5 tūkst. tne nuo 2011 metais buvusio 0,9 tūkst. tne kiekio. Antroje vietoje pagal šiluminės energijos suvartojimo procentinį augimą yra kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius, jame suvartotas energijos kiekis 2011 – 2018 metais išaugo 300 % arba 0,6 tūkst. tne. Didžiausias šiluminės energijos suvartojimo augimas vienetais susidarė šiuose sektoriuose: chemikalų ir chemijos produktų gamyboje – 20,8 tūkst. tne; medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gaminių iš šiaudų ir pynimo medžiagų gamyboje – 6,5 tūkst. tne.

Namų ūkių sektoriuje energijos suvartojimas augo dėl mažėjusių energijos kainų, gerėjančios gyventojų materialinės padėties (vidutinės disponuojamos pajamos per mėnesį padidėjo) ir naujų energijos vartotojų skaičiaus augimo [8].

1.2 lentelė. ¹Galutinis energijos suvartojimas Lietuvos ūkio sektoriuose 2011, 2015, 2018 metais (tūkst. TNE)

	2011	2015	2018	
	Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.	%
¹Galutinis energijos suvartojimas Lietuvoje	4785,4	4863,1	5574,1	100
pramonėje	973,6	945,5	1062,1	19,05
statyboje	39,7	37,9	43,7	0,78
transporte	1544,1	1844,4	2215,2	39,75
žemės ūkyje	109,2	97,9	107,7	1,93
žvejyboje	2	2,3	1,2	0,02
paslaugų sektoriuje ir kitose veiklose	583,2	575,4	651,3	11,68
namų ūkiuose	1533,6	1359,7	1492,9	26,79

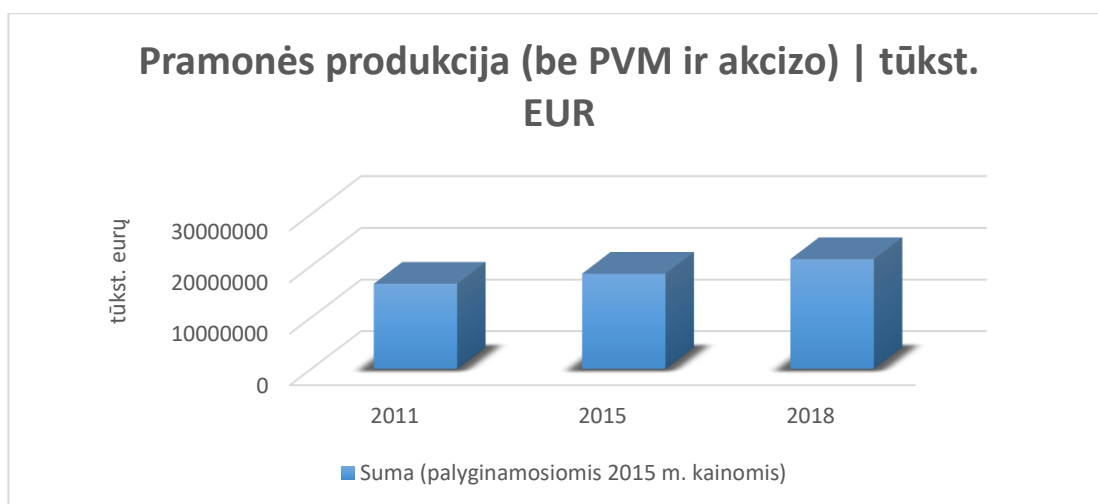
¹Informacijos šaltinis – Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė [9]

1.3 lentelė. ¹Galutinis elektros ir šiluminės energijos suvartojimas Lietuvos ūkio sektoriuose 2011, 2015, 2018 metais (TWh)

	2011	2015	2018	
	Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.	%
¹Galutinis elektros energijos suvartojimas Lietuvoje	9,46	10,02	11,18	100
pramonėje	3,61	3,91	4,28	38,28
transporte	0,1	0,1	0,11	0,98
žemės ūkyje	0,21	0,23	0,26	2,33
paslaugų sektoriuje ir kitose veiklose	2,62	3,12	3,54	31,66
namų ūkiuose	2,93	2,66	2,98	26,65
Galutinis šiluminės energijos suvartojimas Lietuvoje	55,65	56,56	53,65	100
pramonėje	7,71	7,09	8,07	15,04
transporte	17,86	21,35	25,65	47,81
žemės ūkyje	1,06	0,91	0,99	1,85
paslaugų sektoriuje ir kitose veiklose	4,16	3,57	4,03	7,51
namų ūkiuose	14,91	13,15	14,38	26,80

¹Informacijos šaltinis: Lietuvos elektros energetikos sistemos patikimumo įvertinimo ataskaita už 2018 m.[11]

Anot tyrimo „*Energijos vartojimo Lietuvoje ir ES šalyse tendencijos*“ autorių [12], didžiausią įtaką galutinės energijos sąnaudoms ir jų augimui turi ekonominė veikla bei jos plėtra pramonės ir transporto sektoriuose [12].



1.1 pav. Lietuvos pramonės sektoriaus pagamintos produkcijos vertė 2011 – 2018 m., (tūkst. eurų)

Energijos vartojimo efektyvumui apibūdinti tiek šalyje, tiek ir atskirose ūkio šakose dažniausiai naudojamas energijos intensyvumo rodiklis [12]. Energijos intensyvumo išraiška gali būti laikoma kaip šalies ekonomikos energijos vartojimo efektyvumo rodiklis, kuris parodo, kiek suvartojama energijos norint sukurti vieną bendro vidaus produkto (BVP) vienetą.

Energijos vartojimo efektyvumas gerina valstybės gyventojų finansinę būklę, didina verslo konkurencingumą, mažina išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir aplinkos oro teršalų kiekį, gerina aplinkos oro kokybę [5].

Siekiant įsivertinti bendrą Lietuvos bei atskirų ūkio sektorių galutinės energijos intensyvumą, būtina įvertinti tuometinį BVP. Lietuvos BVP 2011 – 2018 m. išaugo 25,83 % (žr. 1.4 lentelę), tokį augimą lėmė spartus ekonomikos vystymasis, pramonės bei kitų verslo sektorių klestėjimas.

1.4 lentelė. Lietuvos BVP 2011 – 2018 m., palyginamosiomis kainomis mln. eurų

Metai	2011	2015	2017	2018
¹ BVP	32864,4	37321,8	39901,5	41355,9

Informacijos šaltiniai:

¹Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė [14]

Analizuojant Europos statistikos tarnybos pateikiamus duomenis apie Europos Sąjungos narių energetinį intensyvumą [13], pastebima, kad 2011 – 2018 m. Lietuvos energetinis intensyvumas sumažėjo 15,12 % (žr. 1.5 lentelė. Lietuvos energijos intensyvumas 2011 – 2018 m., tne/mln. eurų). Galutinis energijos intensyvumas tuo pačiu laikotarpiu, sumažėjo 19,62 % (žr. 1.5 lentelė. Lietuvos energijos intensyvumas 2011 – 2018 m., tne/mln. eurų). Vertinant atskirus ūkio sektorius, intensyvumas 2015 – 2018 m. laikotarpiu augo pramonės – 3,4 % bei paslaugų ir kitos veiklos – 8,3 % sektoriuose. Ženklaus galutinės energijos intensyvumo sumažėjimas pastebimas namų ūkio sektoriuje, 2015 – 2018 m. laikotarpiu šis rodiklis sumažėjo 21,68 %.

1.5 lentelė. Lietuvos energijos intensyvumas 2011 – 2018 m., tne/mln. eurų

Metai	2011	2015	2017	2018
¹ Energijos intensyvumas	252,58	215,69	218,65	214,39

Metai	2011	2015	2017	2018
² Galutinės energijos intensyvumas	153,21	130,30	126,49	123,15
pramonėje	145,61	130,30	133,99	134,78
transporte	29,62	25,33	25,76	25,68
žemės ūkyje	1,21	1,02	1,07	1,06
paslaugų sektoriuje ir kitose veiklose	46,98	49,42	52,01	53,56
namų ūkiuose	3,32	2,62	2,75	2,60

Informacijos šaltiniai:

¹EUROSTAT. Rodiklių duomenų bazė [13]

²Apskaičiuotas panaudojant duomenis iš Lietuvos statistikos departamento kuro ir energijos balanso. Rodiklių duomenų bazės [9]

Pagal prognozes, pateiktas *Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje* [5], iki 2030 metų pirminės ir galutinės energijos intensyvumas palyginti su 2017 metais turėtų būti sumažintas 1,5 karto, o iki 2050 metų – apie 2,4 kartus [15]. Šiam tikslui pasiekti išskirti 4 uždaviniai (1 – atnaujinti pastatus ir viešąją infrastruktūrą; 2 – sparčiai plėtoti mažai energijos suvartojančias ir energijos vartojimo efektyvumą didinančias pramonės šakas, diegti ir įsigyti naujausias bei aplinkai palankias technologijas ir įrenginius; 3 – didinti energijos vartojimo efektyvumą transporto sektoriuje; 4 – didinti energijos vartojimo efektyvumą energetikos sektoriuje) ir nurodytos jų įgyvendinimo priemonės [8].

Anot autorių, atlikusių tyrimą [12], įvairių energijos vartojimą apibūdinančių rodiklių lyginamoji analizė patvirtina, kad realios galimybės ženkliai padidinti energijos vartojimo efektyvumą Lietuvoje yra palyginti ribotos. Tačiau siekis didinti energijos vartojimo efektyvumą išlieka vienu svarbiausių Lietuvos strateginių tikslų. Šis siekis gali būti įgyvendinamas vykdant struktūrinius pokyčius šalies ekonomikoje, diegiant naujas technologijas energijos transformavimo ir galutinio vartojimo srityse. Neabejotinai didžiausią energijos išteklių taupymo efektą galima pasiekti atnaujinant gyvenamuosius ir visuomeninius pastatus bei modernizuojant jų vidaus šildymo sistemas [12].



1.2 pav. Energijos intensyvumo mažėjimo prognozės iki 2050 m., (tne/mln. eurų) [15]

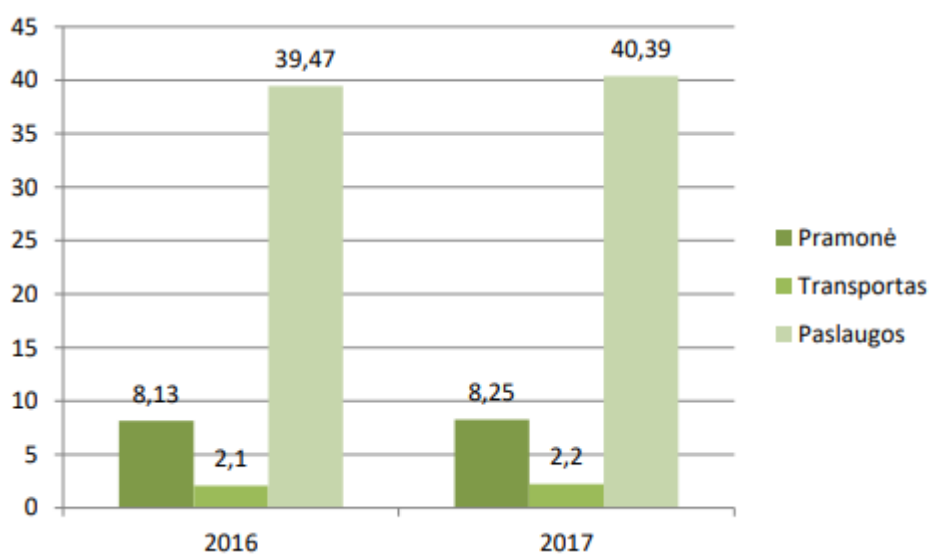
Galima daryti išvadą, kad kol kas Lietuvos energijos intensyvumas nepasiekia *Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje* [15] numatytų rodiklių, kadangi 2016 – 2018 metų energetinis intensyvumas viršija numatytas prognozes.

Taip pat, vertinant šalies energetikos sektorių, reikėtų atkreipti dėmesį į energijos produktyvumo rodiklį. Energijos produktyvumo rodiklis nurodo šalies energijos vartojimo efektyvumą ir leidžia atskirti energijos suvartojimą nuo šalies ekonomikos augimo (angl. *decoupling*). Jis rodo, kiek prekių ir paslaugų šalyje buvo sukurta su konkrečiu energijos kiekiu (eurų ir konkretaus energijos kiekio kgne santykis) [8].

1.6 lentelė. Lietuvos energijos produktyvumas 2007 – 2017 m., (eur/kgne) [13]

Metai	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lietuva	3,37	3,41	3,2	4,01	4,12	4,24	4,66	4,87	4,82	4,76	4,77	4,85

Lietuvos energijos produktyvumas 2007 – 2017 metais ženkliai padidėjo iki 43,9 % ir 2018 metais siekė 4,85 eur/kgne. Europos Sąjungos narių energijos produktyvumo vidurkis – 8,3 eur/kgne. Kaip matyti 1.3 pav., žemiausias energijos produktyvumas Lietuvoje yra transporto ir pramonės sektoriuose, aukščiausias – paslaugų sektoriuje. Per 2016 – 2017 metus visuose trijuose sektoriuose pastebima minimali rodiklių kaita (žr. 1.3 pav.).



1.3 pav. Energijos produktyvumas Lietuvoje pagrindiniuose sektoriuose 2016 – 2017 metais, (eur/kgne) [15]

1.1.1. Lietuvos energetinio taupymo įsipareigojimai

Energijos vartojimo mažinimui tampant prioritetine sritimi, ES lyderiai 2007 metais nustatė tikslą iki 2020 metų ES suvartojamos energijos kiekį sumažinti 20 %. Energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės vis dažniau laikomos ne tik užtikrinančiomis tvarų energijos tiekimą, šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir importo išlaidų mažinimą bei tiekimo saugumą, bet ir skatinančiomis ES konkurencingumą [7].

Lietuva vadovaujasi *Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2012/27/ES* [16], kurioje nurodoma, kad kiekviena valstybė narė nustato nacionalinį orientacinį energijos vartojimo efektyvumo tikslą, grindžiamą pirminės arba galutinės energijos suvartojimu, sutaupytu pirminės ar galutinės energijos

kiekiu ar energijos intensyvumu. Valstybės narės praneša apie tuos tikslus Komisijai pagal 24 straipsnio 1 dalį ir XIV priedo 1 dalį. Tai darydamos jos išreiškia tuos tikslus absoliučiu pirminės energijos suvartojimo ir galutinės energijos suvartojimo 2020 m. lygiu ir paaiškina, koku būdu ir kokiais duomenimis remiantis tai buvo apskaičiuota [16]. Lietuva 2014 – 2020 m. energetinio efektyvumo didinimo srityje išsikėlė tikslą: iki 2020 m. sutaupyti 11,67 TWh galutinės energijos [7].

Atlikus Valstybės kontrolės auditą [7], kurio metu buvo audituojamas energijos vartojimo efektyvumo tikslų pasiekimas 2014 – 2017 m. laikotarpiu, buvo padarytos išvados, kad iki 2018 m. pradžios Lietuvoje buvo sutaupyta tik 3,9 TWh iš 11,67 TWh planuotų galutinės energijos kiekio, kas sudaro tik 33,7% numatyto kiekio. Šiame dokumente nurodoma, kad pagrindiniai trukdžiai, įtakojantys efektyvesnę energijos naudojimo skatinimą, yra per vėlai priimti teisės aktai, susiję su energijos taupymu, ir tai, kad keturios iš septynių numatytų energijos taupymo priemonių nesiekia numatytų rodiklių [7].

Lietuvos Respublikos energetikos ministerijos 2019 m. gegužės mėn. 5 d. išplatintame *pranešime spaudai* [17] teigiama, kad per visą laikotarpį yra sutaupyta 7,5 TWh galutinės energijos, tai reiškia, kad 2017 – 2019 m. dėl naujų taupymo priemonių įdiegimo buvo sutaupyta papildomai 3,6 TWh galutinės energijos. Naujų duomenų, kuriuose būtų nurodyti galutiniai energijos sutaupymo per visą laikotarpį nuo 2014 – 2020 m. rezultatai, kol kas nėra niekur publikuoti.

Nepaisant visų ankstesniame skyriuje minėtų šalies energetinių rodiklių augimo, Lietuvos įsipareigoti energetinio sutaupymo rodikliai nėra pasiekti. Esant tokiai taupymo tendencijai, Lietuva neįvykdys numatyto tikslo sutaupyti 11,67 TWh, todėl valstybei gali būti skirta 0,6 mln. eurų vienkartinė bauda dėl iškeltų tikslų neįvykdymo.

1.2. Lietuvos ūkio sektorių poveikis klimato kaitai dėl ŠESD

1992 m. birželį Rio de Žaneire surengtoje Jungtinių Tautų aplinkos ir vystymosi konferencijoje Lietuvos Respublika kartu su kitomis 154 šalimis pasirašė *Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvenciją* (JTBKKK). 1995 m. vasario 23 d. Konvenciją ratifikavo Lietuvos Respublikos Seimas. *Kioto* protokolas buvo pasirašytas 1998 m., o ratifikuotas – 2002 m. Ratifikuodama *Kioto* protokolą, Lietuva įsipareigojo per 2008 – 2012 m. laikotarpį išmetamų į atmosferą ŠESD kiekį sumažinti 8 % palyginti su *Kioto* protokole nurodytu 1990 m. išmestu šių dujų kiekiu. Dėl ūkio sektoriaus reorganizavimo tikslą pavyko pasiekti, ir jau 2011 m. išmetamųjų ŠESD kiekis, palyginti su 1990 m. lygiu, sumažėjo 56 % (neįskaitant žemės naudojimo, žemės naudojimo paskirties keitimo ir miškininkystės (ŽNPKM), anglų k. *LULUCF*) [11].

Lietuva privalo kasmet pateikti nacionalinę išmetamų į atmosferą ŠESD apskaitos ataskaitą. Ataskaita yra pateikiama Europos Komisijai (EK) ir JTBKKK sekretariatui. Prieš pateikiant galutinį dokumentą JTBKKK sekretariatui ir Europos Komisijai, nacionalinio inventorizacijos ataskaita perduodama Nacionaliniam klimato kaitos komitetui, kuris savo ruožtu pateikia pastabas ir galutinai patvirtintą inventorizacijos ataskaitą. Nacionalinis klimato kaitos komitetas buvo įsteigtas 2001 m., jo veikla atnaujinta 2018 m. Šį komitetą sudaro vyriausybės, akademinės bendruomenės ir nevyriausybinių organizacijų (NVO) ekspertai, komiteto vaidmuo yra patariamasis pobūdžio. Pagrindinis komiteto tikslas yra užtikrinti su ŠESD išmetimo ribojimu susijusių tikslų, nustatytų Nacionalinėje darnaus vystymosi strategijoje, įgyvendinimą ir priemonių šiems tikslams pasiekti pritaikymą [**Error! Reference source not found.**].

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) apskaita apima visas šiltnamio efektą sukeliančias dujas: anglies dioksidą (CO₂), metaną (CH₄), azoto suboksidą (N₂O), hidrofluoroangliavandenilius (HFC), perfluoroangliavandenilius (PFC) ir sieros heksafluoridą (SF₆) pagal atitinkamas ŠESD šaltinių ir absorbentų veiklos kategorijas [18].

2019 metais *Nacionalinėje išmetamųjų ŠESD kiekio apskaitos ataskaitoje* pateikiama informacija apie tiesiogiai (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, SF₆ ir NF₃) ir netiesiogiai (CO, NO_x, NMLOJ, SO₂) Lietuvos teritorijoje išmetamas antropogeninės kilmės ŠESD pagal šaltinius ir sugėrimą absorbentais (augalija). Vykstant fotosintezei, anglies dioksidas sugeriamas (pašalinamas) iš atmosferos ir kaupiasi medžiuose bei kituose augaluose [19].

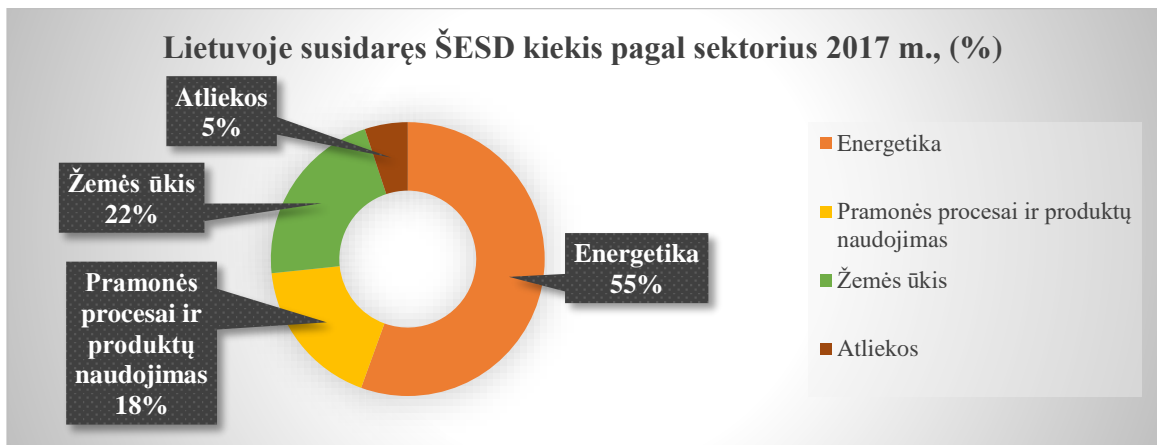
1.7 lentelė. Išmetamų ŠESD kiekio kitimas pagal sektorius Lietuvoje 1990 – 2017 metais, (kt CO₂). [19]

Metai	Energetika	Pramonės procesai ir produktų naudojimas	Žemės ūkis	ŽNPKM	Atliekos	Iš viso (įskaitant ŽNPKM)	Iš viso (neįskaitant ŽNPKM)
1990	33 121,6	4 481,8	9 039,9	-5 061,8	1 570,1	43 151,7	48 213,5
1995	14 065,2	2 222,7	4 491,1	-3 937,8	1 569,7	18 410,9	22 348,7
2000	10 811,0	3 075,2	4 078,7	-8 561,3	1 538,4	10 942,0	19 503,3
2005	13 047,9	4 107,8	4 206,6	-3 727,5	1 487,2	19 122,0	22 849,6
2010	12 879,7	2 237,3	4 274,9	-8 983,3	1 336,6	11 745,2	20 728,5
2011	12 032,5	3 717,4	4 302,3	-8 803,5	1 242,4	12 491,1	21 294,6
2012	12 076,8	3 566,9	4 378,8	-8 258,6	1 206,5	12 970,3	21 229,0
2013	11 422,3	3 001,6	4 351,0	-7 796,8	1 171,0	12 149,0	19 945,8
2014	11 051,2	3 187,5	4 562,1	-6 467,8	1 107,0	13 439,9	19 907,8
2015	11 052,0	3 510,3	4 600,1	-3 879,9	1 043,3	16 325,7	20 205,6
2016	11 344,8	3 343,9	4 479,1	-6 032,1	1 018,6	14 154,3	20 186,5
2017	11 338,1	3 638,2	4 402,9	-5 296,4	1 038,1	15 120,9	20 417,3
2017/ 1990, %	-65,8	-18,8	-51,3	4,6	-33,9	-65,0	-57,7

Informacijos šaltiniai:

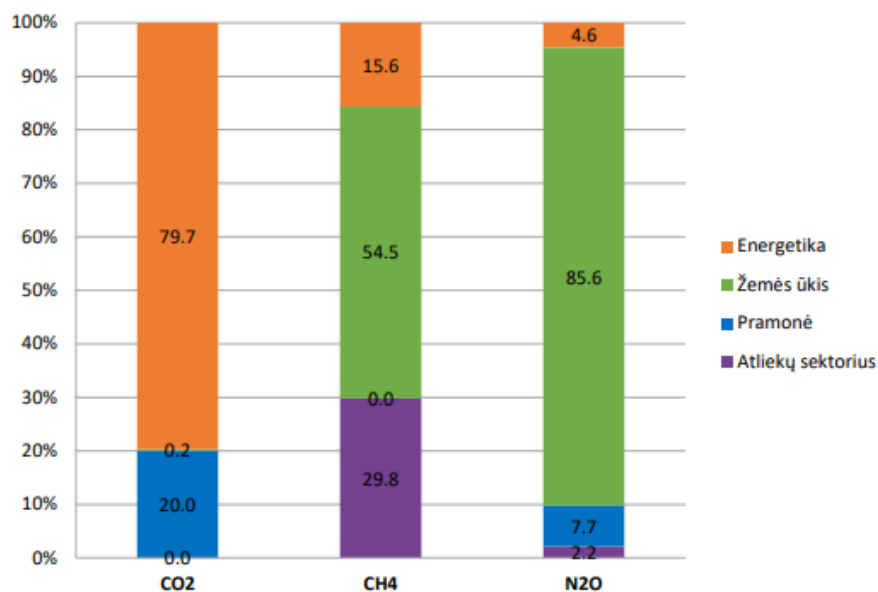
¹Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė

Per 2017 metus bendras susidaręs ŠESD kiekis Lietuvoje sudarė 20417,3 kt CO₂, iš šio kiekio 55,5% sudarė energetikos sektoriuje išskirtas ŠESD kiekis. Žemės ūkio sektorius sudarė 21,57% nuo bendro išskirto ŠESD kiekio. Pramonės procesų ir produktų naudojimo sektorius išskyrė 17,83%, atliekų sektorius 5,1% ŠESD.



1.4 pav. Lietuvoje susidaręs ŠESD kiekis pagal sektorius 2017m. (pagal 1.7 lentelę)

Analizuojant ŠESD kiekius pagal jų specifiką, pastebima, kad iš viso išskirto CO₂ kiekio 79,7 % sudarė energetikos sektoriaus veikla, tuo tarpu pramonė sudarė 20 % nuo bendrų CO₂ emisijų. Bendrą CH₄ emisijų kiekį daugiausia sudaro atliekų sektorius, šio sektoriaus emisijos sudaro 54,5% nuo bendro CH₄ emisijų rodiklio. Atliekų sektorius sudarė 29,8 %, o energetikos 15,6 % nuo CH₄ emisijų dalies. Žemės ūkio sektoriaus veikla taip pat pažymėta kaip turinti didžiausią įtaką iš visų sektorių N₂O rodikliui, šiame sektoriuje vykdoma veikla išskyrė 85,6 % nuo viso išskirto N₂O kiekio. Pramonės sektorius sudarė 7,7 %, energetikos 4,6 %, o atliekų 2,2 % nuo bendro N₂O emisijų skaičiaus.



1.5 pav. Lietuvoje susidaręs ŠESD (CO₂, CH₄, N₂O) kiekis skirtinguose sektoriuose 2017 m., (%)

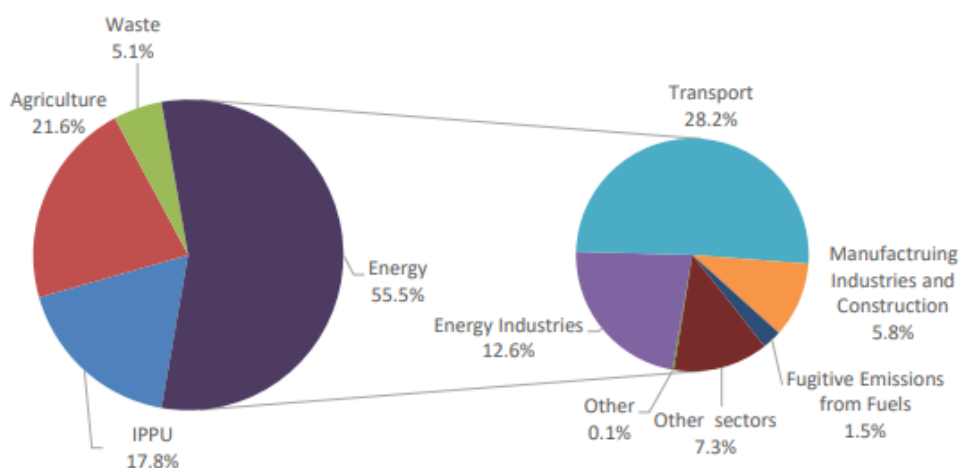
Vertinant pasikeitimą ŠESD rodiklyje per visą Lietuvos nepriklausomybės laikotarpį, pastebima, kad bendras ŠESD rodiklis sumažėjo nuo 48 213,5 kt CO₂ iki 20 417,3 kt CO₂. Šis skirtumas sudaro 57,7%.

Šio sumažėjimo priežastis buvo ekonomikos nuosmukis 1991 – 1994 metų laikotarpiu. 2000 – 2008 metais vykęs spartus ekonomikos augimas sąlygojo šiltnamio dujų energetikos sektoriuje didėjimą vidutiniškai 2,3 % kasmet, tačiau dėl 2009 metais prasidėjusios pasaulinės ekonomikos recesijos,

ypač energetikos sektoriuje, šiltnamio dujų sumažėjo vidutiniškai 9 %. Uždarius Ignalinos atominę elektrinę bei pradėjus augti BVP, 2010 metais šiltnamio dujų kiekis energetikos sektoriuje padidėjo 7,3 %, tačiau 2011 metais vėl sumažėjo [20].

2011 – 2013 metais bendras išmestas ŠESD kiekis vėl mažėjo. Tai sąlygojo užbaigtas katalizatorių diegimo projektas didžiausioje trąšų gamykloje, didelė elektros energijos importo dalis bei padidėjęs atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas. Nuo 2013 metų bendras išmetamų ŠESD kiekis (neįskaitant ŽNPKM sektoriaus) stabilizavosi, o 2017 metais išmetamų ŠESD kiekis šiek tiek padidėjo dėl augančio transporto priemonių skaičiaus ir padidėjusios pramonės gamybos [19].

Lietuvos ŠESD rodiklį labiausiai lemia energetikos sektorius. Pagrindiniai šio sektoriaus emisijų šaltiniai yra transporto, energetikos ir gamybos subsektoriai.



1.6 pav. Lietuvos ŠESD emisijų (CO₂) šaltinių atvaizdavimas pagal sektorius (išskyrus ŽNPKM) 2017 metais [21]

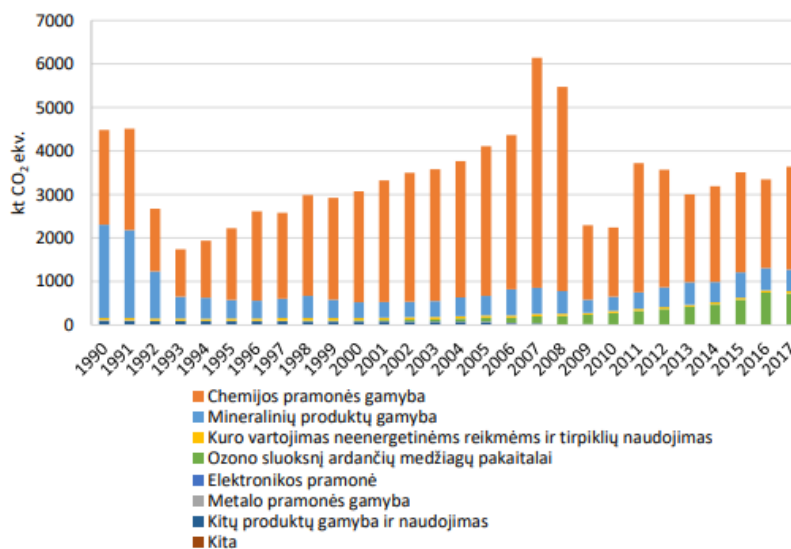
Nuo 1990 – 2017 metų energetikos sektoriaus emisijų sumažėjo 11 338 kt CO₂ t.y. 34,23 %. Rodiklių sumažėjimai metuose buvo įtakoti skirtingų faktorių, tokių kaip ekonominiai nuosmukiai dėl skirtingų laikotarpių krizės 1991 – 1995 ir 2008 – 2010 metais. Anot „Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis Lietuvoje 2017 m. ir tendencijos 1990 – 2017 m.“[19]. tyrimo autorių, Lietuvos energetikos sektoriuje, siekiant adaptuotis prie pasaulinės klimato kaitos, reiktų įvertinti galimybės didinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, tokių kaip saulės, vėjo, geoterminės, ir biokuro energijos.

Transporto sektoriaus veiklai turėjo įtakos didėjantis lengvojo ir krovininio transporto dalyvių skaičius, kas atsispindi ir kuro ir energijos balanse. Šie faktoriai turi įtakos ir šio sektoriaus ŠESD emisijų kiekio formavimuisi. Šiame sektoriuje taip pat yra galimybės mažinti emisijų kiekį, palaipsniui pereinant prie hibridinių, elektrinių arba biodegalais varomų transporto priemonių.

Ekonominė krizė prasidėjusi 2008 metais taip pat paveikė ir pramonės sektorių, todėl emisijų kiekis 2009 – 2010 metais buvo sumažėjęs beveik 3 kartus. Didžiausios emisijos šiame sektoriuje, susidarė dėl chemijos pramonės veiklos ir didelio kiekio amoniako gamybos joje. Būtent šios pramonės veikla išlieka didžiausiu CO₂ emisijų šaltiniu iš visų Lietuvos pramonės rūšių. Antroji pagal CO₂ emisijų kiekį išskirianti pramonės šaka yra mineralinių produktų gamyba. Šios pramonės šakos sudarytas

emisijų rodiklis 1990 metais sudarė 47,8 % , tuo tarpu 2017 metais šis skaičius sudarė tik 13,6 % nuo bendro pramonės ir produktų naudojimo sektoriaus ŠESD emisijų kiekio.

Fluorintų dujų arba ozono sluoksnį ardančių dujų pakaitalų naudojimas pradėjo palaipsniui augti nuo 2001 metų. Šio tipo dujos naudojamos pramonės įrangoje ir technologiniuose procesuose, vėdinimo ir kondicionavimo įrangoje, priešgaisrinėse sistemose, įvairiuose tirpikliuose ir aerosoliniuose balionėliuose. Fluorintos dujos turi aukštą visuotinio atšilimo potencialą ir dėl jų didelės įtakos pasaulinio klimato kaitai yra tvarkomos pagal reglamentuotus pasaulinius ir ES teisės aktus.



1.7 pav. Išmetamų ŠESD kiekio tendencijos pramonės procesų ir produktų naudojimo sektoriuje Lietuvoje 1990 – 2017 m., kt CO₂ [19]

Žemės ūkio sektoriuje 1990 – 2017 metais ŠESD emisijų kiekis sumažėjo 4 637 kt CO₂, t.y. 51,29 %. Pagrindinės ŠESD emisijos, išskirtos 2017 metais dėl šio sektoriaus veiklos, yra N₂O – 59 % ir CH₄ – 40,4 %. Didžioji dalis N₂O dujų išsiskiria iš dirvožemio tiesioginiu (dėl trąšų naudojimo, gyvulių ekskrementų likučių ganyklose) ir netiesioginiu būdu (dėl azoto išgaravimo ir išplovimo/nutekėjimo) [19].

Žemės naudojimo paskirties keitimo ir miškininkystės sektoriuje lyginant 1990 ir 2017 metus ŠESD sugėrimas padidėjo 4,6 %, t. y., nuo 5 062 kt CO₂ 1990 metais iki 5 296 kt CO₂ 2017 metais [19]. Šalyje miškingumas per pastaruosius dešimtmečius nuolat didėjo ir taip pat turėjo įtakos ŠESD absorbavimui naujų medžių biomaseje. Miškingumas didėjo ne vien todėl, kad miškai buvo sodinami, bet ir dėl natūralaus miškų atžėlimo apleistose žemės naudmenose.

Atliekų sektoriuje ŠESD rodiklis sumažėjo 532 kt CO₂, 1990 – 2017 metais tas skirtumas sudarė 33,89 %. Šio sektoriaus emisijos tiesiogiai priklauso nuo gyventojų skaičiaus kaitos, atliekų tvarkymo ir infrastruktūros plėtros ir vystomos gyventojų atliekų tvarkymo kultūros. Šio sektoriaus didžiausios emisijos susidaro nuotekų valymo bei išleidimo metu ir sąvartynuose, yrant biologiškai skaidžioms atliekomis. [19]

2. Tvarios pramonės plėtros metodų taikymas tausojant pramonės vartojamą energiją

Pasaulinio lygio susitarimai, protokolai ir teisės aktai, susiję su darnia plėtra ir sąmoningu resursų naudojimu, pakeitė įmonių ir organizacijų darbo veiklą ir plėtros principus. Didžioji dalis šiuolaikinių įmonių atlieka ne tik įprastą veikos efektyvumo indikatorių vertinimą, jos taip pat vertina savo veiklą pagal jų daromą poveikį aplinkai. Taip įmonės pagerina savo išteklių (žaliavų, žmogiškųjų resursų, energetinių ir kitų) naudojimą, tausoja žemės resursus, taip didindamos savo pelną ir mažindamos išlaidas. Yra sukurta įvairiausių įrankių ir pagalbinių priemonių, kurias naudodamos įmonės gali pasiekti teigiamų ir apčiuopiamų rezultatų darnumo srityje. Kelios šių priemonių yra švaresnės gamybos (ŠG) projektų diegimas, geriausiai prieinamų gamybos (GPGB) būdų integravimas, ekologinio projektavimo (EP) metodų taikymas, būvio ciklo analizė ir kt. Visos čia išvardintos priemonės yra prevencinės, jų taikymas leidžia kovoti ne tik su pasekmėmis, bet ir su atliekų atsiradimo šaltiniais.

Jungtinių Tautų Aplinkosaugos Programoje pateikiamas apibrėžimas „Švaresnė gamyba yra nuolatinis integruotas prevencinės aplinkos apsaugos strategijos taikymas procesams, gaminiams ir paslaugoms, siekiant padidinti gamybos efektyvumą ir sumažinti riziką žmonėms ir aplinkai.“[22]. Motyvuoti taikyti švaresnės gamybos koncepciją įmonėse gali du pagrindiniai faktoriai. Pirmąjį faktorių galima būtų įvardinti kaip vidinį, t. y., įmonės vadovybės ir darbuotojų norą išnaudoti galimybes efektyviau vartoti išteklius ir optimizuoti vidinius procesus. Antrasis faktorius yra išorinis, jį formuoja valstybės institucijos, griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai pasaulyje ir ES. Abiejų faktorių veikiamos įmonės ieško naujų metodų ir galimybių pritaikyti naujasias praktikas ir technologijas savo kasdieniniuose veiklos procesuose.

Geriausi prieinami gamybos būdai (GPGB) buvo įtraukti į „*Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės direktyvą (TIPK) 96/61/EC*“ [23]. Šie būdai taikomi siekiant praplėsti ir sustiprinti „*Dėl pramoninių išmetamų teršalų (taršos integruotos prevencijos ir kontrolės) 2010/75/ES*“ [24] direktyvos įtaką. Dokumente GPGB metodų taikymas apibūdinamas kaip: [...] veiksmingiausia ir pažangiausia veiklos ir jos vykdymo metodų plėtojimo pakopa, parodanti, kad tam tikras gamybos būdas iš esmės gali būti pagrindas nustatant išmetamų teršalų ribines vertes, siekiant išvengti taršos, o jei tai neįmanoma, bendrai mažinti teršalų išmetimą ir jų poveikį aplinkai [24].

Atsirandant naujiems pasauliniams aplinkosaugos reikalavimams, gamintojai yra skatinami kurti energetiškai efektyvesnius gaminius ir tuo būdu sumažinti energijos ir išteklių sunaudojimą per visą jų būvio ciklą. ES teisės aktai, susiję su ekologiniu projektavimu ir energijos ženkliniu, yra veiksminga priemonė gaminių energijos vartojimo efektyvumui gerinti. Dėl šių teisės aktų iš rinkų šalinami mažiausią našumą turintys gaminiai, todėl galima teigti, kad šie teisės aktai prisideda prie ES iškeltų energetinių tikslų, susijusių su energijos vartojimo efektyvumo didinimu 2020 metais įgyvendinimo, taip pat remia pramonės konkurencingumą ir inovacijas skatinant geresnį gaminių ekologiškumą visoje vidaus rinkoje. Ekologinio projektavimo metodika jau projektavimo stadijoje skatina gamintojus apmąstyti galimybes mažinti gaminio sukeliama poveikį aplinkai. Šiomis priemonėmis įmonėms atpiginama gaminio savikaina, taupomi ištekliai, didinamos pelno galimybės. Ekologinis projektavimas taip pat skatina gaminių konkurencingumą įvairiose rinkose ir technologinių inovacijų taikymą.

Šiame skyriuje atliekama literatūros šaltinių bei mokslinių tyrimų analizė. Analizuojami šaltiniai susiję su ŠG, GPGB ir EP metodikų ir jų įrankių taikymu.

2.1. Energijos tausojimas, diegiant taršos prevenciją ir atliekų mažinimo projektus (Švaresnės gamybos projektus)

Elektros energijos vartojimas dažnai būna pagrindinis CO₂ emisijų šaltinis pramonėje, kadangi daugumoje gamyklų yra naudojami elektrą vartojantys įrenginiai. Dažnai šie įrenginiai būna pasenę, neefektyvūs arba neišnaudojamas jų potencialas, dėl to įmonėms, siekiančioms pagaminti numatytą produkciją, tenka suvartoti didelius kiekius energijos. Pramonės sektorius suvartoja trečdalį galutinės energijos visame pasaulyje. Tarptautinės energetikos agentūros (TEA) analizė rodo, kad pramonės energijos efektyvumas gerėja, tačiau didelis energetinio efektyvumo potencialas vis dar lieka neišnaudotas. Pagrindinį iššūkį sudaro pramonės nevienalytiškumas.

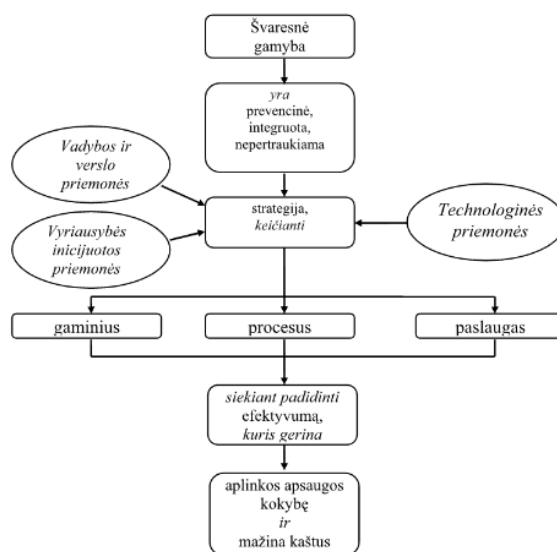
Yra tūkstančiai pramoninių procesų ir nesuskaičiuojama daugybė būdų kaip gali būti kuriami ir įgyvendinami jiems tinkantys energijos vartojimo efektyvumo projektai pradedant įrangos pakeitimu ir baigiant įrengimo modernizavimu ir atnaujinimu [25].

Tyrime „*Cleaner Production Applied in a Small Furniture Industry in Brasil*“, [26] atliktame nedidelėje Brazilijos baldų pramonės įmonėje, diegiant ŠG projektą buvo nustatyta, kad technologiniuose procesuose ne tik susidaro atliekų, yra ir ženklus energijos suvartojimas. Projekto pradžioje buvo nustatyta, kad pasirinkto produkto gamyboje daugiausiai atliekų generuojasi dėl pačios medienos, kuri yra naudojama gaminiui gaminti, taip pat dėl elektros energijos sąnaudų, kadangi produkto gamybai buvo naudojamos praktiškai visos įmonėje esančios staklės. Atliekų išėiga sudarė 43,87 % nuo viso gaminiui sunaudojamo medienos kiekio. Elektros sąnaudas lėmė įrenginiuose įdiegti varikliai ir įrangos efektyvumas [26]. Mokslininkai, darydami ŠG projekto diegimo analizę kitame tyrime, *Carbon dioxide emission reduction through cleaner production strategies in a recycled plastic resins producing plant* [27] taip pat nustatė, kad gamykloje, kuri gamina dirvą iš perdirbto plastiko, 73,8 % sugeneruojamų CO₂ emisijų nulemia būtent elektros energijos suvartojimas. Elektros energijos sąnaudos sudarė 1 680 00 kWh, arba 184 800 JAV dolerių. Metinės kuro sąnaudos sudarė 13 200 litrų dyzelinio kuro, naudojamo šakiniuose krautuviuose. Metinė šio kiekio kaina sudarė 7128 JAV dolerių. Suskaičiuotus gamyklos sistemos įvestis ir išvestis, buvo apskaičiuotos veiklos emisijos, kurios sudarė 1524 t CO₂ [27].

Panašumas tarp tyrimų išlieka būtent modelyje, naudojamame suvartojimui procesuose ir įrenginiuose nustatyti. Pirmasis žingsnis atliekant pramonės objektų analizę yra nustatyti energijos suvartojimą, gamybos apimtis ir naudojamus įrenginius [28]. Šiai praktikai puikiai tinka energetiniai auditai, jais remiantis identifikuojamos procesuose naudojamos energijos rūšys, jų apimtys ir šių išteklių finansinės sąnaudos. Taip pat naudojami apskaitų programų duomenys, įrenginių priežiūros žurnalai. Lietuvoje atliekamų energijos naudojimo auditų metodika yra pateikiama dviejuose teisės aktuose: Lietuvos Respublikos ūkio ministro įsakymuose „*Dėl išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodikos patvirtinimo Nr. 4–184*“ [29] ir „*Dėl energijos, energijos išteklių ir vandens vartojimo audito atlikimo technologiniuose procesuose ir įrenginiuose metodikos patvirtinimo Nr. 1–141*“ [30]. Auditai turi būti naudojami kaip įrankiai su energetinių resursų vartojimu susijusioms problemoms aptikti ir spręsti.

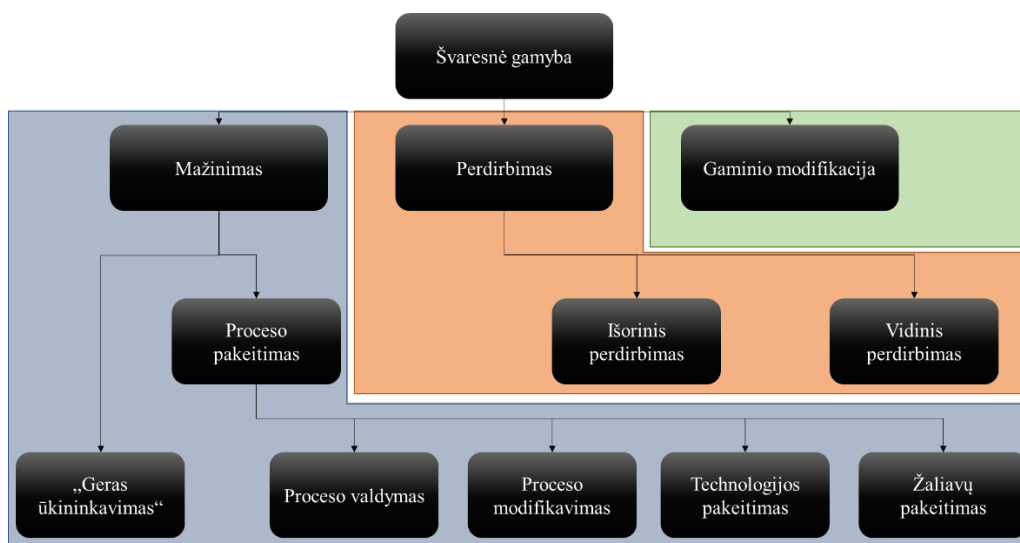
ŠG strategijos pritaikymas galimas gaminiuose, procesuose, paslaugose (žr. 2.1 pav.). Šiam tikslui pasiekti naudojamas ne tik energetinis auditas, bet ir kiti įrankiai, kurių sėkmingas pritaikymas padeda identifikuoti su aplinkosauga susijusias problemas. Šie įrankiai būtų įvardijami kaip: medžiagų, kuro ir energijos balanso sudarymas, objekto inspekcijos vykdymas, procesų ir medžiagų srautų diagramų sudarymas, staklių, darbo įrankių, cheminių medžiagų analizė, atliekų susidarymo vietų ir srautų analizė. Analizės objektas ŠG strategijoje galit būti ne tik įmonė, bet ir specifinis gaminys, procesas

arba paslauga. Pasirinktas objektas gali būti keičiamas naudojant vadybos, verslo, technologines ir vyriausybės inicijuotas priemones.



2.1 pav. Švaresnės gamybos (ŠG) gamybos apibrėžimas [31]

Pagrindinis skirtumas tarp ŠG ir kitų metodų, kaip antai taršos kontrolė, yra laiko, sąnaudų ir darnumo pasirinkimo galimybė. Taršos kontrolės metodas veikia pagal „reaguok ir tvarkyk“ taisyklę, tuo tarpu ŠG strategija veikia pagal logiką „prevencija yra geriau negu gydymas“ [32]. Pagrindinės trys ŠG technikos ir joms įvykdyti taikomi metodai pavaizduoti (žr. 2.2 pav.).



2.2 pav. Švaresnės gamybos technikos ir jų kategorijos [33]

Atliekant analizę akivaizdi šiuolaikinių statistinių šaltinių stoka. Todėl vertinant ŠG taikymą ir naudotų metodų netiesioginio poveikio aplinkai mažinimą Lietuvoje analizuojami senesni šaltiniai (žr. 2.1 lent.) [34]. Šioje lentelėje pavaizduotas oro emisijų sumažėjimas yra apskaičiuotas remiantis 177–iomis įgyvendintomis ŠG inovacijomis 85–iose pramonės įmonėse iš 20–ies ūkio sektorių Lietuvoje 1997 – 2009 m. laikotarpiu. Didžioji dalis investicijų (iki 42 %) buvo nukreipta į procesų optimizavimą, įskaitant šiluminės energijos rekuperavimo iš šiltų nuotekų, kondensato, oro, procesų valymo įdiegimą ir optimizavimą. Taip pat buvo naudojami ir žaliavų pakeitimo, technologijos pakeitimo, procesų optimizavimo, vidinio perdirbimo ir gero ūkininkavimo metodai.

2.1 lentelė. Netiesioginio poveikio aplinkai sumažėjimas dėl energijos vartojimo sumažinimo Lietuvoje 1993 – 2009 m. dėl ŠG inovacijų įdiegimo [34]

Įvykdytos ŠG inovacijos	Pasiękti sutaupymai			
	Šiluminės energijos	Elektros energijos	ŠESD	Oro teršalai
	tūkst. MWh	tūkst. MWh	t/m.	tūkst. t/m.
177 vnt.	237	30	79 760	3,1

2.2. GPGB metodai, didinti energetinį efektyvumą

Informaciniai GPGB dokumentai (ID) (angl. *BREFs – Best available techniques reference documents*) parengti siekiant nustatyti geriausiai prieinamus gamybos būdus ir sumažinti pramoninės veiklos taršos masto skirtumus ES, skatinant apsikeitimą informacija tarp suinteresuotų subjektų [24]. TIPK direktyvoje reikalaujama, kad eksploatacijos metu įrenginiuose naudojama energija būtų vartojama kuo efektyviau, todėl tai yra vienas iš aspektų, į kurį turėtų būti atsižvelgiama parenkant GPGB metodus konkrečiam įrenginiui [35]. Atliekant objekto lyginamąją analizę, galima nustatyti įmonės aplinkos apsaugos problemas arba siektinus tikslus naudojant GPGB ID pateiktus siektinus rodiklius – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius (pvz., energijos sąnaudos produkcijos vienetui (kWh/t), oro teršalų koncentracija (mg/Nm³), kt.).

Modernizuojant įrangą arba optimizuojant procesus, galima padidinti energetinį efektyvumą t. y., sumažinti energetines sąnaudas procesuose atliekant tą patį arba net didesnės apimtį darbą. 2009 m. išleistame „*Energijos efektyvumo*“ GPGB ID yra aprašyti energijos taupymo būdai, kuriuos pritaikant galima didinti energetinį efektyvumą pramonės įmonių naudojamuose įrenginiuose bei vykdomoje veikloje. Šiame ID nurodoma, jog taikant individualius energijos taupymo būdus, galima sumažinti energijos sąnaudas atskiruose komponentuose, tačiau didžiausią naudą galima pasiekti strategiškai vertinant sistemas ir jų dalyvius. Skirtingose pramonės veiklose yra numatomi įvairūs būdai energijai taupyti, priklausantys nuo procesų, įrangos ir naudojamų žaliavų. GPGB „*Energijos efektyvumo*“ ID pateikti metodai pramoninių objektų energijos efektyvumui didinti suskirstyti į šias kategorijas: komponentų atnaujinimas; perteklinės energijos panaudojimas; energijos atgavimas (regeneravimas) iš vykstančių procesų; žaliavų pakeitimas; procesų tobulinimas – valdymas [35]. Šie metodai koreliuoja su ŠG prevenciniais metodais. GPGB gali būti taikomi ne tik pagrindiniuose procesuose, taip pat įvairiose energetinėse sistemose: kuro deginimo įrenginiuose, energijos tiekimo įrenginiuose, apšilimo, aušinimo, vėdinimo sistemose, suslėgto oro paruošimo įrenginiuose, apšvietimo sistemose. GPGB ID nemažas dėmesys skiriamas energijos vartojimo įvertinimui atliekant energetinius auditus, sudarant kuro ir energijos balansus, diegiant duomenų bazines ir kt.

2.3. Ekologinio projektavimo metodai mažinti produkto poveikį aplinkai visame būvio cikle

Ekologinis projektavimas (EP), tai produkto savybių pakeitimas, projektavimo stadijoje, nepakeičiant jo pagrindinių funkcijų, pagerinant arba jas praplečiant. Šis uždavinys atliekamas su tikslu sumažinti gaminio arba paslaugos sukeliama poveikį aplinkai visame būvio cikle. EP yra koncepcija, integruojanti įvairialypius projektavimo ir aplinkos apsaugos aspektus siekiant sukurti tvarius sprendimus, tenkinančius žmogaus poreikius ir norus [36]. EP vykdymas skatina inovacinių sprendimų priėmimą pramonėje. Lietuvos Respublikos ūkio ministerijos atliktoje galimybių studijoje „*Ekoženklavimo bei Europos Bendrijos aplinkosaugos vadybos ir audito sistemos (EMAS)*“ teigiama:

„ši priemonė skatina optimizuoti produktų funkcijas, tausoti išteklius gamybos ir naudojimo metu, mažinti atliekų bei taršos susidarymą ir mažinti cheminių medžiagų keliamą riziką“ [37]. EP gali būti klasifikuojamas į tris pagrindinius etapus:

- produkto tobulinimas – atliekant dalinį produkto pakeitimą nekeičiant paties produkto arba jo gamybos technologijos;
- produkto modifikavimas – pakeičiant atskirus gaminio komponentus alternatyvomis, turinčiomis mažesnę poveikį aplinkai, arba pagerinančiomis gaminio perdirbimą arba surinkimą;
- funkcijos inovacija – pakeičiant produkto funkciją, pavyzdžiui, paverčiant rašomąjį stalą kėde, dėl atliktų transformavimų galimybių įdiegimo.

Aplinkos problemos, kurias sukelia pramonės šakos, priklauso nuo pagrindinių žaliavų ir pagalbinių medžiagų naudojimo, konkretaus produkto dizaino ir gamybos procesų projektavimo įmonėse. Šių problemų prevencijos metodai priklauso nuo to, kaip įmonės valdomos bei organizuojamas jų darbas, nuo jų naudojamų technologijų ir jų į rinką tiekiamų produktų [39].

Atliekant EP projektą gali būti parenkamos alternatyvios, mažiau kenksmingos ir lengviau perdirbamos medžiagos, atliekamas skirtingų gamybos procesų pasirinkimas siekiant sumažinti sugeneruojamas atliekas arba emisijas – taršą. Praktika rodo, kad didžiausias poveikis aplinkai sukeliamas žaliavų gamybos etape, būtent todėl keičiant medžiagas į mažiau kenksmingas ir turinčias mažesnę poveikį aplinkai galima pasiekti reikšmingų rezultatų produkto būvio cikle.

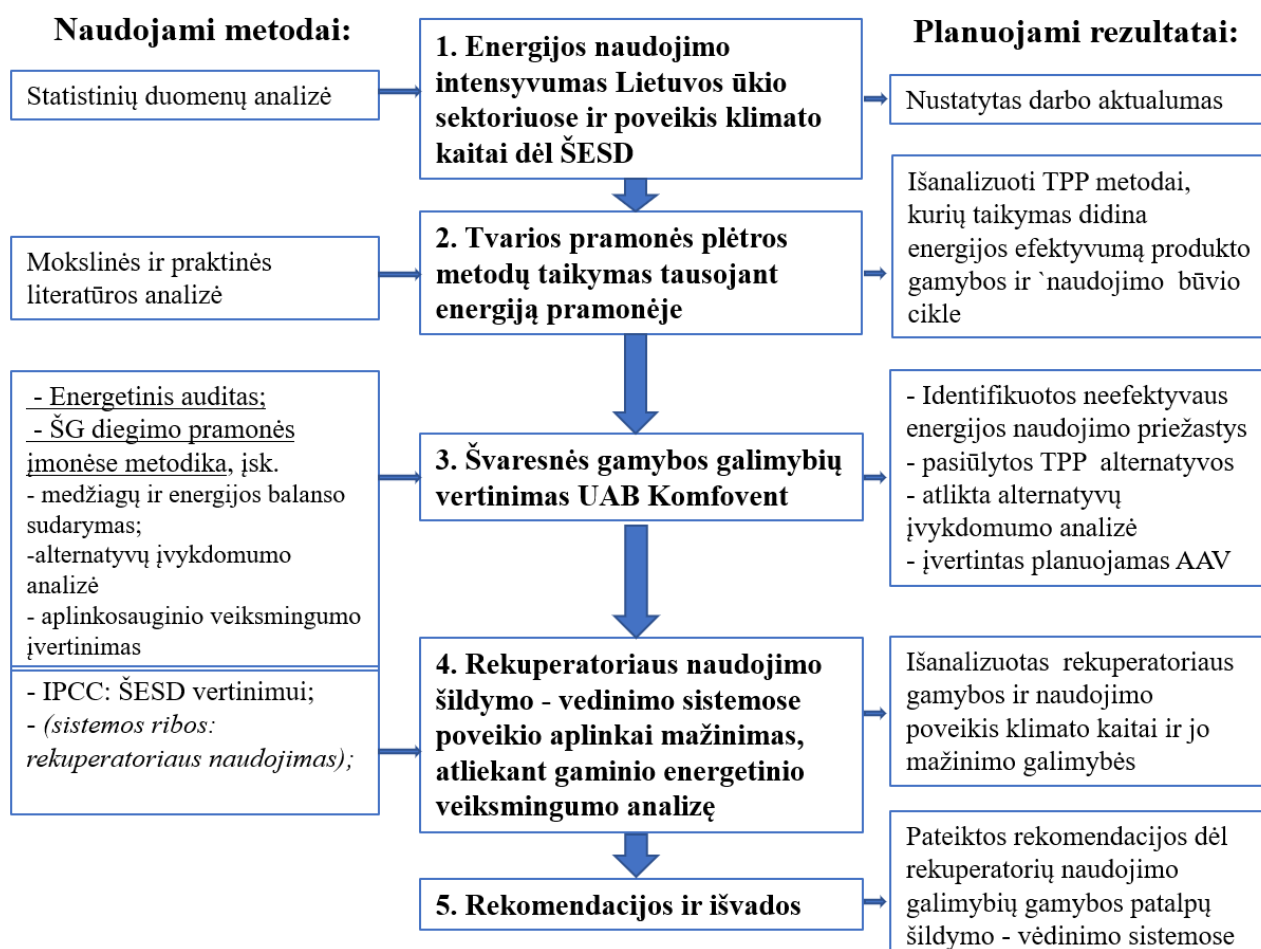
3. Tyrimo metodika

Darbo objektas – vėdinimo sistemų elementų ir vėdinimo įrenginių gamybos įmonė UAB Komfovent.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti energijos naudojimo efektyvumo didinimo galimybes gaminant ir naudojant rekuperacinius vėdinimo įrenginius ir vėdinimo sistemų elementus, taikant tvarios pramonės plėtros metodus.

Baigiamąjį darbą sudaro 5 pagrindiniai etapai, kiekviename naudojami įvairūs metodai, kuriuos taikant yra pasiekiamas tam tikras tyrimo dalies rezultatas. Šie metodai bei jų rezultatai pavaizduoti 3.1 pav.

Darbo etapai (turinys)



3.1 pav. Tyrimo etapai

Tyrimo etapai ir juose atliekamų veiksmų bei taikomų metodikų ir metodų aprašymas:

1. 1. Statistinių duomenų analizė atliekama siekiant pagrįsti darbo aktualumą. Šiame etape analizuojami:

- Lietuvos galutinis elektros ir šiluminės energijos suvartojimas;
- šalies BVP;

- bendras ir atskirų šalies ūkio sektorių energijos ir galutinės energijos intensyvumas;
- Lietuvos Respublikos įsipareigojimai ES dėl energijos vartojimo;
- Lietuvos ūkio sektorių CO₂ emisijų rodikliai.

2. Mokslinės ir praktinės literatūros analizė atliekama siekiant nustatyti ir išanalizuoti tvarios pramonės plėtros metodus, kuriuos taikant įmonėse galima padidinti energetinį efektyvumą produkto gamybos ir vartojimo etapuose. Analizei naudojami įvairūs mokslo šaltiniai ir praktinių tyrimų, kuriuose buvo taikomos ŠG, GPGB arba EP metodikos, rezultatai.

3. Vertinant objekto švaresnės gamybos galimybes, buvo taikomi šie tyrimo metodai:

- medžiagų ir energijos srautų analizė;
- sudaromas medžiagų ir energijos balansas įmonės ir atskirų procesų lygmenyje, įskaitant oro teršalų ir ŠESD kiekių įvertinimą;
- nustatomos problemų susidarymo priežastys;
- pateikiamos alternatyvos energetiniam efektyvumui didinti.

3.1 Parinktų energetinį efektyvumą didinančių alternatyvų įvykdomumo analizė atliekama taikant šiuos metodus:

- aplinkosauginį įvertinimą, lyginant aplinkos apsaugos indikatorius (AAI) (vnt/m.) prieš ir po inovacijų įdiegimo;
- ekonominį įvertinimą, lyginant procesų tiesioginius kaštus prieš ir po inovacijos įdiegimo;
- aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimą, lyginant santykinius aplinkos apsaugos indikatorius (AAIs) prieš ir po inovacijos įdiegimo.

3.2 Pasięktam aplinkosauginiam veiksmingumui po pasiūlytų alternatyvų įdiegimo įvertinti atliekami šie veiksmai:

- nustatomos elektros energijos sąnaudos ir pagamintos produkcijos kiekis per 2019 metus;
- įvertinamos ŠESD – CO₂ emisijos, kurios susidaro įmonės įrenginiuose deginant gamtines dujas;
- įvertinamas netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos suvartojimo – ŠESD – CO₂ emisijų kiekis (toliau darbe – netiesioginės CO₂)
- palyginami absoliutieji ir santykiniai AAI po projekto įdiegimo, lyginant juos su planuotais indikatoriais prieš inovacijų įdiegimą.

Rekuperatoriaus naudojimo šildymo – vėdinimo sistemose poveikio aplinkai mažinimo tikslu atliekama gaminio energetinio veiksmingumo analizė:

- parenkamas gaminys energetinei analizei atlikti;
- atliekamas pasirinkto gaminio modifikavimas pritaikant naujausias sudedamąsias dalis:
 - įvertinamas esamo gaminio elektros energijos suvartojimas per visą 10 metų naudojimo laikotarpį būvio cikle ir apskaičiuojamos netiesioginės CO₂ emisijos dėl elektros energijos suvartojimo;

- parenkamos modifikacijos, leidžiančios sumažinti elektros energijos suvartojimą neprarandant gaminio efektyvumo;
- palyginamas gaminio suvartojamas elektros energijos kiekis ir netiesioginės CO₂ emisijos dėl elektros energijos suvartojimo naudojimo etapu prieš ir po atliktų modifikacijų.

Netiesioginių CO₂ emisijų kiekis (t/m.) dėl suvartotos elektros energijos apskaičiuojamas pagal 3.1 formulę:

$$CO_2 \text{ netiesioginės} = SEEK \times TF_{el}; \quad (3.1)$$

čia

$SEEK$ – suvartojama elektros energija iš tinklo, (MWh/m.);

TF_{el} – elektros energijos taršos faktorius – 0,707 t CO₂ / MWh, pateiktas Lietuvos išmetamų ŠESD kiekio sumažinimo vertinimo metodikoje [39].

Tiesioginių CO₂ emisijų kiekis (t/m.) dėl katilinėje sudegintų gamtinių dujų apskaičiuojamas pagal 3.2 formulę:

$$CO_2 = SGDK \times TF_{GD}; \quad (3.2)$$

čia

$SGDK$ – sudegintas gamtinių dujų kiekis, (tūkst. nm³/m.);

TF_{GD} – taršos faktorius, deginant gamtines dujas – 1,8961 t CO₂ / tūkst. nm³, pateiktas Lietuvos išmetamų ŠESD kiekio sumažinimo vertinimo metodikoje [39].

Per ataskaitinį laikotarpį kurą deginančiame įrenginyje (KDI) pagamintos šiluminės energijos kiekis (MWh/m.) apskaičiuojama pagal 3.3 formulę:

$$Q = (B \times Q_{\check{z}}) \times \eta / 3,6 \quad (3.3)$$

čia

B – sudeginto kuro kiekis per ataskaitinį laikotarpį (metus), (t arba tūkst. nm³);

$Q_{\check{z}}$ – kuro žemutinė šilumingumo vertė, šiuo atveju gamtinių dujų (33,49 GJ/t arba GJ/1000 m³) [40];

1 MWh = 3,6 GJ;

η – KDI naudingumo koeficientas (97 %).

Sudeginto per ataskaitinį laikotarpį kuro energetinė vertė (MWh/m.) apskaičiuojama pagal 3.4 formulę:

$$Q_k = B \times Q_{\check{z}} / 3,6 \quad (3.4)$$

čia

B – sudeginto kuro kiekis per ataskaitinį laikotarpį (metus), (t arba 1000 nm³);

$Q_{\check{z}}$ – kuro žemutinė šilumingumo vertė, šiuo atveju gamtinių dujų (33,49 GJ/t arba GJ/1000 m³) [40].

Šiluminės energijos nuostoliai (MWh/m.) KDI apskaičiuojami pagal 3.5 formulę:

$$Q_{nuost.} = Q_k - Q \quad (3.5)$$

čia

Q_k – KDI sudeginto kuro energetinė vertė, (MWh/m.) apskaičiuojama pagal 3.4 formulę;
 Q – per ataskaitinį laikotarpį pagamintos šiluminės energijos kiekis (MWh/m.) apskaičiuojamas pagal 3.3 formulę.

Atliekant energinį efektyvumą didinančių alternatyvų įvykdomumo analizę, siekiama įvertinti parinktų alternatyvų veiksmingumą, šiam tikslui pasiekti taikomos šios formulės:

Mokesčio už suvartotą elektros energiją skaičiavimas atliekamas pagal žemiau pateikta formulę:

$$Ek = AAI_{el} \times T_{el}; \quad (3.6)$$

čia

AAI_{el} – elektros energijos sąnaudos per ataskaitinį laikotarpį (kWh/m.);

T_{el} – taikomas tarifas už suvartotą 1 kWh elektros energijos, (eur).

Variklių efektyvioji galia (P_{eff}) nustatoma pagal 3.7 formulę:

$$P_{eff} = P_{var.} - \eta_{var.}; \quad (3.7)$$

čia

$P_{var.}$ – variklio galia;

$\eta_{var.}$ – variklio naudingumo koeficientas, (%).

Planuojamas aplinkos apsaugos efektas (AAE) nustatomas pagal 3.8 formulę:

$$AAE = AAI_{prieš} - AAI_{po}; \quad (3.8)$$

čia

$AAI_{prieš}$ – absoliutus aplinkos apsaugos indikatorius (AAI), kuris taikomas įrenginio ar atskiro proceso aplinkos apsaugos veiksmingumui įvertinti bei pateikti informaciją sprendimams priimti.

Indikatorius padeda parodyti aplinkos apsaugos būklės kitimą laike, vnt./m.;

AAI_{po} – AAI po inovacijos įdiegimo (vnt./m.)

Ekonominis alternatyvų vertinimas atliekamas pagal 3.9 formulę:

$$S_{sut.} = Pk_{prieš} - Pk_{po}; \quad (3.9)$$

čia

$Pk_{prieš}$ – procesų tiesioginiai kaštai iki projekto įdiegimo (eur/m.);

Pk_{po} – procesų tiesioginiai kaštai po projekto įdiegimo (eur/m.);

Projekto atsipirkimo trukmė apskaičiuojama pagal 3.10 formulę:

$$AT = \frac{I}{S} = \frac{I}{\sum(AAI_{prieš} - AAI_{po})}; \quad (3.10)$$

čia:

I – inovacijos įdiegimo investicijos, (eur);

S – sutaupymai įdiegus projektą, (eur/m.).

Planuojamas aplinkos apsaugos veiksmingumas vertinamas pagal 3.11 formulę:

$$AAV_{sPlanas} = AAI_{sprieš} - AAI_{spo}; \quad (3.11)$$

čia:

$AAI_{sprieš}$ – Santykinis aplinkos apsaugos indikatorius yra nuostolių kiekis dėl žaliavų, papildomų medžiagų, vandens, energijos tiekimo į įrenginį ar atskirą procesą, susidariusių atliekų, nuotekų, taršos išmetimų su nuotekomis bei į aplinkos orą, tenkantis pagamintos produkcijos vienetui [41], (kgCO₂/prod. vnt.; kWh/prod. vnt.);

AAI_{spo} – planuojamas santykinis AAI po projekto įdiegimo, (kgCO₂/prod. vnt.; kWh/prod. vnt.).

Aplinkos apsaugos rodiklių dėl planuotų ir faktinių inovacijų įdiegimo įvertinimas atliekamas pagal 3.12 formulę:

$$AAV_{SFaktas} = AAI_{sprieš} - AAI_{spo faktas}; \quad (3.12)$$

čia

$AAI_{sprieš}$ – santykinis AAI prieš inovacijos įdiegimą, (kgCO₂/prod. vnt.; kWh/prod. vnt.);

$AAI_{spo faktas}$ – faktinis santykinis AAI po projekto įdiegimo, (kgCO₂/prod. vnt.; kWh/prod. vnt.).

Energijos gamybai sunaudotas gaminių dujų skaičius nustatomas pagal 3.13 formulę:

$$B = Q \times 3,6 / (Q_z \times \eta); \quad (3.13)$$

čia

Q_z – kuro žemutinė šilumingumo vertė, šiuo atveju gamtinių dujų (33,49 GJ/t arba GJ/tūkst. m³)

η – KDI naudingumo koeficientas (97 %).

Metinis KDI išsiskiriančių teršalų kiekis vertinamas pagal 3.14 formulę [42]:

$$E_{terš.} = AR_{kuro.} \times EF_{terš.} \times 10^{-6}; \quad (3.14)$$

čia

$E_{terš.}$ – teršalo kiekis, (t/m.);

$AR_{kuro.}$ – įrenginyje sudeginto kuro kiekio (B) energetinė vertė, (GJ/m.);

$EF_{terš.}$ – teršalo emisijų faktorius (koeficientas), g/GJ (žr. 2.1 lentelę).

3.1. lentelė. ¹Teršalų emisijų faktoriai energetikos sektoriuje deginant gamtines dujas

Deginamas kuras	Teršalų emisijų faktoriai ($EF_{terš.}$) (g/GJ)				
	CO	NO _x	SO _x	KD	NMLOJ
Gamtinės dujos	39	89	0,281	0,89	2,6

Informacijos šaltiniai:

¹EMEP/EEA, 2019 m. 3–4 lentelė [42]

Įrenginio energetinio veiksmingumo analizės dalyje taikomos (3.1) ir (3.2) formulės. Šioje dalyje įvertinamas suvartotas elektros energijos kiekis per visą įrenginio naudojimo laikotarpį, sąnaudos šiam kiekiui apmokėti bei netiesioginės CO₂ emisijos į aplinką dėl suvartoto elektros energijos kiekio.

Magistriniame darbe naudojamos metodikos:

- Švaresnės gamybos (ŠG) diegimo pramonės įmonėse metodika;
- 2006 IPCC Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų vertinimo gairės [43];

- Klimato kaitos programos „Išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimo vertinimo metodika“ [44];

ŠG diegimo pramonės įmonėse metodika darbe taikoma neefektyvaus energijos naudojimo priežastims nustatyti, pasiūlytų energijos efektyvumo didinimo inovacijų įvykdomumo analizei atlikti ir aplinkosauginiam veiksmingumui energijos vartojimo bei ŠESD susidarymo srityje įvertinti.

2006 IPCC gairių II skyriuje „Energetika“ pateikta ŠESD vertimo metodika bei ŠESD emisijų faktoriai įvairiuose ūkio sektoriuose deginant skirtingą kurą.

Klimato kaitos programos išmetamų ŠESD kiekio sumažinimo vertinimo metodikoje kartu su kita informacija yra pateikti ŠESD emisijų faktoriai vertinant netiesioginį poveikį aplinkai dėl elektros energijos suvartojimo.

4. Švaresnės gamybos galimybių vertinimas UAB „Komfovent“

UAB Amalva buvo įsteigta 1997 metais Vilniuje. Įmonė veiklą pradėjo gamindama stačiakampius ir apvalius vėdinimo sistemų komponentus. 1999 metais išplėtė savo asortimentą ir pradėjo gaminti vėdinimo įrenginius. Įmonės pavadinimas 2018 metais buvo pakeistas į UAB Komfovent. Šiuo metu gaminamos produkcijos asortimentą sudaro tokie produktai kaip įvairių patalpų vėdinimo įranga, priešgaisrinės sklendės, vėdinimo sistemų elementai. Parduodamų prekių asortimentą sudaro kondicionieriai, šildymo įrenginiai, ventiliatoriai, oro skirstytuvai ir kiti vėdinimo ir šildymo sistemų elementai.

Pagrindinė įmonės produkcija yra rekuperaciniai arba įprasto oro tiekimo vėdinimo įrenginiai, kurie skirstomi į 4 pagrindines grupes (žr. 4.1 pav.):

1. „DOMEKT“;
2. „VERSO STANDARD“ ir „PRO“ ;
3. „KLASIK“;
4. „RHP“.



4.1 pav. UAB Komfovent gaminami vėdinimo įrenginiai.

„DOMEKT“ serijos vėdinimo įrenginiai skirti gyvenamųjų patalpų vėdinimui. Tai standartizuota vėdinimo įrenginių serija su rotaciniais plokšteliniais šilumokaičiais. Įrenginių našumas nuo 50 iki 800 m³ /h.

„VERSO“ serijos vėdinimo įrenginiai skirstomi į dvi grupes: „VERSO STANDARD 1000 – 7000“ – tai standartinių įrenginių gama, ir „VERSO PRO 10 – 100“ – šio tipo įrenginiai parenkami kiekvienam projektui individualiai pagal numatomas eksploatacijos sąlygas ir projekto reikalavimus. Abiejų grupių vėdinimo įrenginiai gali būti su rotaciniais, plokšteliniais šilumokaičiais arba tiesiog oro tiekimo įrenginiai. VERSO Standard įrenginių našumas – nuo 800 iki 8000 m³/h. VERSO Pro vėdinimo įrenginiai turi plačias pritaikymo galimybes. Šios serijos įrenginių našumas yra nuo 1000 iki 40000 m³/h.

„KLASIK“ serijos vėdinimo įrenginiai skirti visuomeninių, pramoninių arba aukštus higienos reikalavimus turinčių patalpų vėdinimui. Dėl modulinės konstrukcijos ir konstrukcinių savybių šie įrenginiai turi plačiausią pritaikymo spektrą ir komponentų pasirinkimą: šilumogražiai – rotaciniai, plokšteliniai kryžminiai bei priešsroviniai – atskirų srautų; šildytuvai – elektriniai, vandeniniai,

freoniniai bei dujiniai, aušintuvai – vandeniniai, freoniniai ir adiabatiniai. Galimas įrenginių našumas – nuo 1000 iki 10000 m³/h.

„RHP Standard“ – tai vėdinimo įrenginiai su rotaciniu šilumokaičiu ir integruotu šilumos siurbliu, kurių našumas nuo 150 iki 1 500 m³/h. RHP Pro serijos vėdinimo įrenginiai su rotaciniu šilumokaičiu ir integruotu šilumos siurbliu, kurių našumas nuo 1 200 – 25 000 m³/h, gali būti renkami individualiai pagal konkrečius projekte keliamus reikalavimus. Įrenginiuose integruotas šilumos siurblys praplečia vėdinimo įrenginio galimybes, dėl jo įrenginys ne tik vėdina, bet ir šildo bei šaldo patalpas. Sudėtingų konstrukcinių sprendimų įgyvendinimas leidžia išplėsti vėdinimo įrenginio paskirtį ir dėl dvigubo šilumos grąžinimo (per rotacinį šilumokaitį bei šilumos siurblių) pasiekti aukštą efektyvumą.

Įmonės gaminami rekuperaciniai vėdinimo įrenginiai padeda taupyti energiją ir užtikrinti, kad patalpos oras atitiktų higienos reikalavimus. Įrenginiuose įtaisytuose šilumokaičiuose iš lauko į patalpas patenkantis šaltas oras yra pašildomas naudojant iš patalpų ištraukiamą orą, taip sumažinant patalpų šildymui skirtus kaštus. Modernūs rekuperaciniai vėdinimo įrenginiai suvartoja mažą kiekį elektros energijos bei turi aukštą šilumokaičio naudingumo koeficientą (NK) (priklausomai nuo šilumokaičio tipo NK gali svyruoti 70 – 95 %). Lietuvoje esamiems arba naujai statomiems A, A+, A++ energinio naudingumo klasės pastatams privaloma turėti vėdinimo sistemą su rekuperacija. Pastatų energinio naudingumo klasės ir jose privalomi rekuperatoriaus NK bei ventiliatorių naudojamas elektros energijos kiekis yra pateikiami 4.1 lentelėje (šie reikalavimai netaikomi sandėliavimo, garažų, gamybos ir pramonės paskirties pastatams).

4.1 lentelė. Rekuperatorių reikalavimai pagal pastato energetinę naudingumo klasę

Pastatų energetinio naudingumo klasė	Naudingumo koeficientas (%)	Ventiliatorių naudojamas elektros energijos kiekis (Wh/m ³)
A	65	0,75
A+	75	0.55
A++	80	0.45

Informacijos šaltiniai:

Įsakymas dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2016 m. lapkričio 11 d. įsakymo Nr. D1–754 „Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ patvirtinimo“ pakeitimo [45].

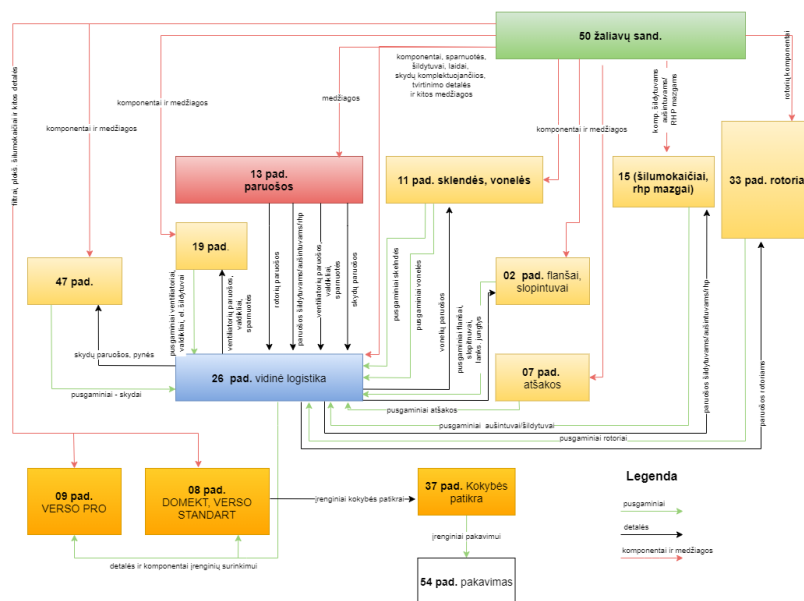
Įrenginio suvartojamą elektros energijos kiekį pirmiausia nulemia jame naudojami ventiliatoriai, taip pat jam turi įtakos valdymo automatika ir elektrinio šildymo elemento sąnaudos. Įrenginiai, turintys šiuolaikines išmaniąsias valdymo galimybes, gali būti valdomi nuotoliniu būdu, jų programos gali būti sudaromos pagal atitinkamas vidaus patalpų sąlygas, priklausančias nuo paros laiko ir žmonių skaičiaus patalpoje bei aplinkybių, dėl tokio valdymo gali būti taupoma elektros energija.

UAB Komfovent gamykloje, vėdinimo įrenginių gamybos procese, daugiausia yra naudojama elektros energija, kadangi daugumą gamykloje esančios įrangos (pjovimo lazeriai, kalimo staklės, lenkimo, gręžimo staklės, apšvietimo įranga, elektriniai krautuvai, patalpų vėdinimo įrenginiai ir t.t.) naudoja būtent šios energijos rūšį. Šiluminei energijai gaminti naudojamos gamtinės dujos, gamykloje yra įrengti du 370 kW galingumo gamtinių dujų katilai, kurių bendras gamtinių dujų suvartojimas sudaro 80 nm³/h arba po 40 nm³/h kiekvienam katilui. Mažinant elektros energijos ir

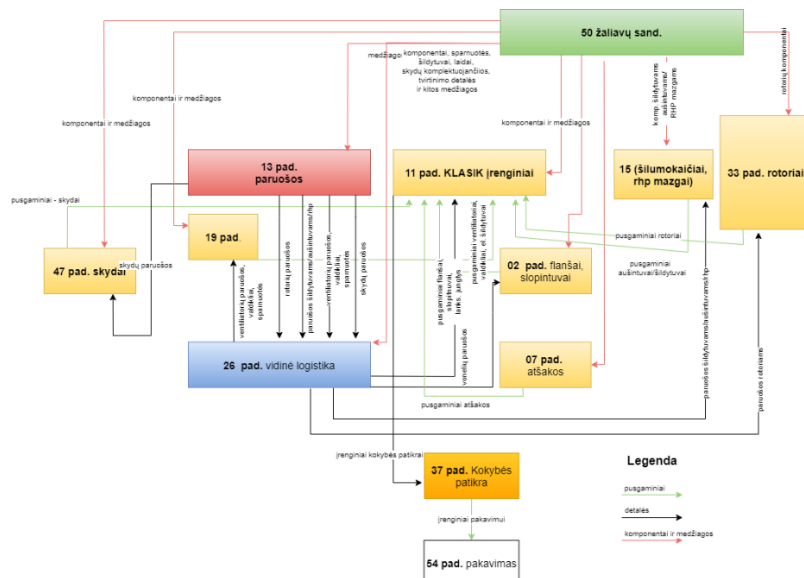
gamtinių dujų sąnaudas pasirinktame objekte, galima sumažinti elektros energijos sąnaudas ir ŠESD emisijas, susidarancias gamybos cikle visai gaminamai produkcijai.

4.1. Neefektyvaus energijos naudojimo UAB Komfovent priešasčių nustatymas

Pirminis įmonės vertinimas buvo atliktas 2018 metais. Įmonėje buvo išanalizuoti vykstantys vidiniai procesai. Pirminio vertinimo metu buvo sudarytos vėdinimo įrenginių gamybos procesų srautų diagramos (žr. 4.2 pav., 4.3 pav.). Pagal apskaitos programoje pateikiamus duomenis buvo sudarytas įmonės medžiagų ir energijos balansas už 2017 metus (žr. 4.4 pav.), kuriame vertinamos pagrindinės gamybai reikalingos žaliavos, komplektacijos mazgai, tvirtinimo detalės, energetiniai resursai, pagalbinės bei pakavimo medžiagos, susidarancias atliekos ir kiti elementai.



4.2 pav. DOMEKT, VERSO STANDART ir VERSO PRO vėdinimo įrenginių gamybos proceso srautų diagrama



4.3 pav. KLASIK vėdinimo įrenginių gamybos proceso srautų diagrama

2017			
Įvediniai (vnt/m.)		Išvediniai (vnt/m.)	
Žaliavos:		Produkcija	
Cinkuota skarda, t	4074	Domekt ir VERSO STANDART įrenginiai, vnt	19514
Aliuminis, t	298	VERSO PRO įrenginiai, vnt	1862
Nerūd. plienas, t	17	KLASIK įrenginiai, vnt	156
Varis, t	258	Stačiakampiai fasoniai gaminiai	37232
Izoliacinės medžiagos, t	152	Apvalus fasoniai grenginiai	479894
Varikliai, vnt	3878	Rotaciniai šilumokaičiai (pardavimui), vnt	810
Sparnuotės, vnt	3688	Vandeninio tipo šilumokaičiai, vnt	196
Ventiliatoriai, vnt	35414	Kanaliniai aušintuvai, vnt	365
Laidai, m	16738	Kanaliniai šildytuvai, vnt	248
Pynės, vnt	52527	Aprišimo mazgai, vnt	550
Elektronikos komponentai, vnt	162842	Atliekos	
Kaitinimo elementai, vnt	24342	Gamybinės cinkuoto metalo, t	57.9
Plokšteliniai šilumokaičiai	4863	Gamybinės aliuminio, t	5.038
Filtrai, vnt	84703	Gamybinės vario, žalvario, bronzos, t	2.709
Šaldymo agentas R-410A, m3	2350	Gamybinės nerūd. Plieno, t	6.049
Kompresoriai, vnt	443	Elektronikos, t	0.647
Santehnikos detalės, vnt	1903	Mišrios komunalinės atliekos, m3	600.616
Papildomos medžiagos		Popieriaus ir kartono, t	40.67
Valikliai, l	759	Dažų ir lako tirpikliai, t	0.498
Dažai, t	25.465	Dažų ir lako atliekos, t	0.611
Ekspluatacinės medžiagos		Naftos produktų, t	0.079
Tepalas, l	1855	Pakuotės kuriose yra pavojingų cheminių medžiagų likučiai	0.493
Pakuotės medžiagos		Filtrų medžiagos, t	0.16
Pakavimo juosta, m	32808	Aušinamieji skysčiai	0.006
Gafruotas kartonas, m	10500	Tepalų filtrai, t	0.007
Mediniai padėklai, vnt	23146	Tepalinė alyva, t	0.484
Vanduo ir energiniai ištekliai		Klijų, dervų, t	0.005
Dujos, m ³	101763	Mašininės emulsijos tirpalai, kuriose nėra chologenu, t	0.16
dujų kiekis skirtas gamybos reikmėms	68049	Ėsdinimo rūgštys, t	4.398
dujų kiekis skirtas šilumos gamybai	33714	Nebereikalingos organinės cheminės medžiagos, t	0.035
Dyzelis, m ³	114.262	Šiluminės energijos nuostoliai, MWh	946.68
Benzinas, m ³	9.416	Nuotekos, l	4.208
Elektros energija, MWh	1,930.04	ŠESD	
Geriamasis vanduo, tūkst. m ³	4.208	Tiesioginės dėl deginamų gaminių dujų, t	192.94
		Netiesioginės dėl elektros energijos vartojimo, t	1364.54
		Oro teršalai	
		CO, t/m.	0.115
		NO _x , t/m	0.334
		Acetonas, t/m.	0.036
		Kietosios dalelės, t/m.	0.713
		LOJ, t/m.	0.075
		Geležis ir jos junginiai, t/m.	0.038

4.4 pav. Medžiagų ir energijos balansas UAB Komfovent 2017 metais

Išanalizavus medžiagų ir energijos balansą, buvo pastebėta, kad gamykloje 2017 metais buvo suvartotas didelis kiekis elektros energijos – 1 930,04 MWh, ir net 25,32 % iš bendro gamykloje suvartojamo elektros energijos kiekio teko apšvietimui – 489,2 MWh. Taip pat 8,8 % t. y., 171,5 MWh teko didžiųjų vėdinimo įrenginių variklių eksploatacijai. Šiluminei energijai pagaminti sunaudota 101763 m³ gamtinių dujų. Šiluminė energija daugiausia naudojama dażyklos veikimo metu džiovinimo krosnyje būtinai temperatūrai palaikyti ir patalpų šildymui. Šiai energijai gaminti katilinėje naudojamas dujų katilas, 2019 m. 1 m³ dujų įmonei kainavo vidutiniškai 0,33 eurų.

Netiesioginių CO₂ emisijų kiekis dėl elektros energijos suvartojimo apskaičiuotas naudojant darbo metodikos 3.1 formulę:

$$CO_2 = 1930,042 \times 0,0707 = 1364,53 \text{ t/m.}$$

Tiesioginių CO₂ emisijų kiekis dėl katilinėje deginamų gamtinių dujų apskaičiuotas naudojant darbo metodikos 3.2 formulę:

$$CO_2 = 101,763 \times 1,896 = 192,94 \text{ t/m.}$$

Iš jų 129,03 t CO₂/m. susidarė dėl suvartotų 68049 nm³ gamtinių dujų gamybinėms reikmėms, 63,914 t CO₂/m. – dėl 33,71 nm³ gamtinių dujų sąnaudų šildymo reikmėms.

KDĮ per ataskaitinį laikotarpį sudeginto kuro energetinė vertė apskaičiuota pagal 3.3 formulę:

$$Q_k = (101,763 \times 33,49) \times 0,97/3,6 = \mathbf{918,28 \text{ MWh/m.}}$$

Sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė (MWh/m.) apskaičiuota pagal 3.4 formulę:

$$Q = 101,763 \times 33,49/3,6 = \mathbf{946,68 \text{ MWh/m.}}$$

Šiluminės energijos gamybos nuostolių KDĮ vertimui naudota 3.5 formulę:

$$Q_{nuost.} = 946,68 - 918,28 = \mathbf{28,4 \text{ MWh/m.}}$$

Identifikuotos aplinkosauginės problemos:

1. Neefektyvus elektros energijos suvartojimas gamyklos apšvietimo sistemoje dėl pasenusios technologijos naudojimo (metalo halogeno šviestuvų);
2. Neefektyvus elektros energijos suvartojimas dėl pasenusių ventiliatorių vėdinimo įrenginiuose eksploatavimo;
3. Deginant neatsinaujinantį kurą – gamtines dujas, susidaro ŠESD – CO₂ emisijos apie 192,94 t/m.
4. Neefektyviai naudojama šilumos energija dėl seno tipo šilumokaičio vėdinimo įrenginyje „VERSO P – 40“.

Gamyklos patalpų apšvietimui skiriamas elektros energijos sąnaudas 2018 metais buvo pasiūlyta mažinti pakeičiant gamykloje naudojamus šviestuvus naujais LED šviestuvais, kuriuose įdiegta šiuolaikinė valdymo automatika. Šios siūlomos alternatyvos įdiegimas leistų efektyviau valdyti gamyklos patalpose esančius šviestuvus nustatant veikimo laiką ir šviesos intensyvumą pagal esamą poreikį. LED technologijos šviestuvai pasižymi ženkliai mažesnėmis energijos sąnaudomis negu įprasti metalo halogeno šviestuvai.

Elektros energijos sąnaudas eksploatuojant didžiuosius vėdinimo įrenginius siūloma mažinti pakeičiant esamus IE1 klasės variklius naujesniais IE3 klasės varikliais. IE3 klasės varikliai yra efektyvesni esant mažesniai variklio apkrovimui, todėl IE1 variklių efektyvumą galima pasiekti mažesne apkrova.

Pagrindinis veiksnys, dėl kurio suvartojimas didelis gamtinių dujų kiekis, yra gamykloje įrengta dažykla ir joje esanti džiovavimo kamera. Dažyklos darbo valandos priklauso nuo gamybos užsakymų skaičiaus ir dažyklos darbo valandų. Šiuo metu įmonė negali pakeisti dažymo įrangos bei modifikuoti dabartinių jos patalpų, nes planuojamos naujo priestato statybos, jame numatyta sumontuoti naują dažymo įrangą (dažymo įranga dar nėra parinkta dėl technologinių aspektų).

Viename iš vėdinimo įrenginių yra naudojamas seno tipo plokštelinis šilumokaitis, kurio šiluminis naudingumas siekia 70 %. Tokio šilumokaičio pakeitimas rotaciniu su 83 % šiluminiu naudingumu leistų sutaupyti didesnius šiluminės energijos kiekius.

Sudarius medžiagų ir energijos balansą už 2017 m., yra įvertinami santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI_s), kurie naudojami siūlomų inovacijų įvykdomumo analizėje siekiant įvertinti planuojamą ir pasiektą aplinkosauginį veiksmingumą (AAV). Kadangi įmonės pagrindinė gaminama produkcija yra vėdinimo įrenginiai, visi išskirti indikatoriai yra siejami su pagamintų vėdinimo įrenginių skaičiumi – 21532 vnt.

4.2 lentelė. UAB Komfovent santykiniai aplinkosauginiai indikatoriai, sudaryti pagal 2017 m. medžiagų ir energijos balansą

AAI_{s2017}	Vienetais pagaminti vienetai produkcijos, vnt./vnt. prod.
Elektros energijos sąnaudos produkcijos vienetai	89,63 kWh/vnt.
Netiesioginės CO₂ emisijos dėl elektros energijos sąnaudų produkcijos vienetai	0,063 t CO ₂ /vnt.
Šiluminės energijos sąnaudos produkcijos vienetai	44 kWh/vnt.
CO₂ dėl gamtinių dujų deginimo	0,009 t CO ₂ /nm ³

4.2. Energijos efektyvumo didinimas diegiant darnias inovacijas

Darbo tyrimo objekte identifikavus pagrindines problemas, pateikiami techniniai sprendimai, susiję su neefektyviai sunaudojama energija ir dėl to daromu poveikiu aplinkai. Tolesniuose poskyriuose aprašomi parinkti techniniai sprendimai aptiktoms problemoms spręsti, atliekama jų įvykdomumo analizė, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas.

4.2.1. Gamyklos apšvietimo modernizavimo įvykdomumo analizė

Įmonės gamybos patalpose nuo gamyklos eksploatacijos pradžios 2010 metais yra įdiegti metalo halogeno šviestuvai su paprasta valdymo automatika. Didžioji dalis naudojamų šviestuvų yra gamyklos viduje, mažoji dalis – pastato išorėje. Audito metu buvo pastebėta, jog dauguma šių šviestuvų yra susidėvėję. Atliekant 2017 m. energetinį auditą buvo nustatyta, kad visi esantys metalo halogeno šviestuvai neatitinka apšvietimo projekte numatytų reikalavimų.

Siekiant paskaičiuoti tobulinimo efektyvumą, pirmiausia buvo surinkti duomenys apie esamus šviestuvus, jų galingumą ir kiekį. Remiantis šiais duomenimis buvo įvertintos elektros energijos sąnaudos. Vėliau parinkus šviestuvus pakeitimui, buvo įvertintos naujų LED šviestuvų elektros energijos sąnaudos. Paskaičiuotas netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos suvartojimo.

Pagal formulę 3.1 vertinamas netiesioginis poveikis aplinkai naudojant elektros energiją esamiems ir planuojamiems šviestuvams:

$$CO_{2e_{iki}} = 489,15 \times 0,707 = \mathbf{345,82 \text{ t/m.}}$$

$$CO_{2e_{po}} = 223,97 \times 0,707 = \mathbf{158,12 \text{ t/m.}}$$

Esamų ir naujų šviestuvų elektros energijos suvartojimo skaičiavimai pateikti 1–me ir 2–me baigiamojo darbo prieduose. Naujų šviestuvų netiesioginės CO₂ emisijos bei elektros energijos sąnaudos apskaičiuotos remiantis 2–me priede pateiktais duomenimis.

Dėl naujos valdymo automatikos darbo dienomis, per pietų pertraukas ir darbo pertraukėles šviestuvai gali būti perjungiami į 20 % galingumo režimą, tai leis 14 % sumažinti elektros energijos sąnaudas apšvietimui palyginti su įprastai valdomais LED žibintais.

4.3 lentelė. Šviestuvų pakeitimo gamyklos patalpose aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas

Proceso įvediniai ir išvediniai	Vnt.	AAI ir jų ekonominė išraiška		Sutaupoma (sumažėja) (+) / Padidėja (-)		
		$AAI_{prieš}$	AAI_{po}	vnt./m.	eur/vnt.	eur/ m.
		vnt./m.	vnt./m.			
Lempų skaičius	Vnt.	700	140	625	20,00	2800,00
Pavojingos atliekos	Vnt.	700	-	-	1,20	840,00
Elektros energijos sąnaudos	MWh	489,15	223,97	265,2	70,00	18562,7
Netiesioginis CO₂	t/m.	345,82	184,12	161,7	-	-
<i>Sutaupoma įdiegus apšvietimo sistemos modernizavimą</i>						22 202,7

Laukiama aplinkosauginė nauda įdiegus siūlomą apšvietimo sistemos modernizavimą:

- įdiegus LED šviestuvus, sutaupoma 265,2 MWh/m. elektros energijos;
- netiesioginis poveikis aplinkai – sumažėja CO₂ – iki 161,7 t/m.;
- keičiamų lempų skaičius sumažėja 625 vnt./m.;
- kasmet nesusidarys iki 700 vnt. lempų, kurios priskiriamos prie pavojingų atliekų;
- įdiegus naujus šviestuvus, dėl geresnės šviesos sklaidos apšvietimo kokybė gamybinėse patalpose pagerėja, taip sudaromos komfortiškesnės sąlygos darbuotojams.

Tolesnėje tyrimo stadijoje atliekamas ekonominis inovacijos įvertinimas:

4.4 lentelė. Įmonės apšvietimo sistemos modernizavimo investicijos

Darbai, paslaugos, įranga	Tiekėjas	Kaina, eurai
LED šviestuvai, įsk. montavimo darbus	UAB Jėgos linija	111 500,00
¹ Senų šviestuvų (700 vnt.) utilizavimas už teigiamą rinkos kainą	UAB Komfovent	-6 533,00
Projekto investicijos be PVM		104 967,00
PVM 21%		22 043,07
<i>Projekto investicijos su PVM</i>		127 010,07

¹Kadangi senieji šviestuvai dar gali būti parduodami, įvertinama preliminari jų pardavimo kaina.

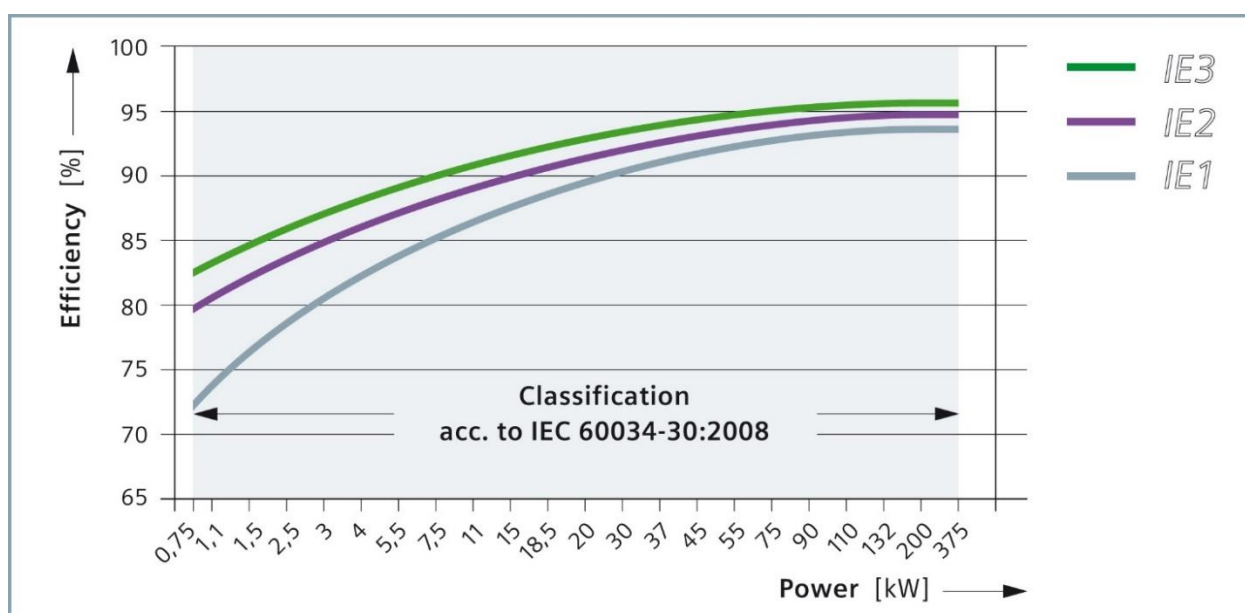
Projekto įdiegimas leistų kasmet taupyti iki 22,2 tūkst. eurų. Pardavus senus šviestuvus, projekto investicijos sumažėtų iki apytikriai 105 tūkst. eurų be PVM.

Projekto atsipirkimo trukmė apskaičiuojama pagal formulę 3.6:

$$AT = 104967 / 22202,7 = 4,72 \text{ m.}$$

4.2.2. Vėdinimo įrenginių modernizavimo įvykdomumo analizė

Užtikrinti tinkamą ventiliaciją gamykloje yra naudojami savos gamybos vėdinimo įrenginiai. Šių įrenginių eksploatacija per metus sudaro 8,8 % elektros sąnaudų – 171,5 MWh/m. Įrenginiai buvo pagaminti 2009 ir 2010 metais, todėl juose sumontuoti seni IE1 klasės varikliai. Norinti sumažinti šių įrenginių elektros energijos sąnaudas, būtina juose esančius variklius pakeisti našesniais ir energetiškai taupesniais IE3 klasės varikliais.



4.5 pav. IE variklių efektyvumo kreivė pagal klasę

IE3 klasės žemo galingumo varikliai yra ženkliai efektyvesni už IE1 klasės variklius (žr. 4.5 pav.). Audito metu analizuojant esamus įrenginius, įvertintas variklių darbo laikas, elektros energijos sąnaudos bei taupymo galimybės.

3 kW IE1 ir IE3 klasės variklių elektros sąnaudų skaičiavimas:

Gamykloje yra dviejų tipų įrenginiai: „Verso Pro – 40“ ir „Verso Pro – 60“ su 3 kW varikliais. Įrenginiai veikia dviem skirtingais darbo režimais, 80 % ir 35 % procentų pajėgumu.

Parinkus variklius su IE3 klase, įvertinamas sutaupomas elektros energijos kiekis.

IE1 klasės – 3 kW varikliui veikiant 80 % pajėgumu, naudingumo koeficientas lygus $\eta=77\%$, apskaičiuojama efektyvioji galia ir atitinkamas galios nustatymas IE3 varikliui.

Efektyviosios IE1 variklių galios skaičiavimui naudojama formulė 3.7:

$$3 \times 0,8 \times 0,77 = 1,85 \text{ kW}$$

Nustatoma efektyvioji galia IE3 klasės – 3 kW varikliui veikiant 80 % galios, kai $\eta=87\%$ pagal formulę 3.7:

$$3 \times 0,8 \times 0,83 = 2,06 \text{ kW}$$

Efektyviosios galios procentinis skirtumas sudaro 9 %, t. y., tokiam pat oro kiekiui išgauti su IE3 klasės varikliu reikės 9 % mažiau elektros energijos sąnaudų.

IE1 klasės – 3 kW varikliui veikiant 35 % pajėgumu, naudingumo koeficientas lygus $\eta=73$ %, IE3 klasės – 3 kW varikliui veikiant 35 % pajėgumu, naudingumo koeficientas lygus $\eta=83$ %,

Pagal 3.7 formulę apskaičiuota efektyvioji galia IE1 varikliui:

$$3 \times 0,35 \times 0,73 = 0,77 \text{ kW}$$

Skaičiuojama efektyvioji galia IE3 klasės varikliui:

$$3 \times 0,35 \times 0,83 = 0,87 \text{ kW}$$

Efektyviosios galios procentinis skirtumas sudaro 4,5 %, t. y., tokiam pat oro kiekiui išgauti su IE3 klasės varikliu reikės 4,3 % mažiau elektros energijos.

4 kW IE1 ir IE3 klasės variklių elektros sąnaudų skaičiavimas:

IE1 klasės – 4 kW varikliui veikiant 80 % pajėgumu, naudingumo koeficientas lygus $\eta=81$ %, apskaičiuojama efektyvioji galia ir atitinkamas galios nustatymas IE3 varikliui.

Skaičiuojama IE1 variklių efektyvioji galia pagal formulę 3.7:

$$4 \times 0,8 \times 0,81 = 2,6 \text{ kW}$$

Nustatoma efektyvioji galia IE3 klasės – 4 kW varikliui veikiant 80 % galios, kai $\eta=87$ % pagal formulę 3.7:

$$4 \times 0,8 \times 0,87 = 2,78 \text{ kW}$$

Efektyviosios galios procentinis skirtumas sudaro 5,5 %.

IE1 klasės – 4 kW varikliui veikiant 35 % pajėgumu, naudingumo koeficientas lygus $\eta=76$ %, IE3 klasės – 4 kW varikliui veikiant 35 % pajėgumu, naudingumo koeficientas lygus $\eta=84$ %.

Efektyviosios, IE1 klasės, variklių galios skaičiavimui naudojama formulė 3.7:

$$4 \times 0,35 \times 0,76 = 1,06 \text{ kW}$$

Skaičiuojama efektyvioji galia IE3 klasės varikliui pagal formulę 3.7:

$$4 \times 0,35 \times 0,84 = 1,18 \text{ kW}$$

IE3 klasės 4 kW variklio galios nustatymas lyginamas su 35 % IE1 klasės variklio nustatymu, skirtumas sudarė 4 %.

IE1 ir IE3 klasės variklių elektros energijos skaičiavimo lentelės pateikiamos 3–ame ir 4–ame baigiamojo darbo priede. Tolesni skaičiavimai atliekami remiantis šiuose prieduose pateiktais rezultatais.

Naudojant formulę 3.1, vertinamas netiesioginis poveikis aplinkai dėl CO_2 emisijų, naudojant elektros energiją esamuose ir naujuose varikliuose:

$$CO_{2eiki} = 171,5 \times 0,707 = 121,25 \text{ t/m.}$$

$$CO_{2epo} = 160,7 \times 0,707 = 113,61 \text{ t/m.}$$

4.5 lentelė. Vėdinimo įrenginių variklių modernizacijos aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas

Proceso įvediniai ir išvediniai	Vnt.	AAI ir jų ekonominė išraiška		Sutaupoma (sumažėja) (+) / Padidėja (-)		
		<i>AAI_{prieš}</i>	<i>AAI_{po}</i>	vnt./m.	eur/vnt.	eur/ m.
		vnt./m.	vnt./m.			
¹ 4 kW varikliai elektros energijos sąnaudos	MWh	83,24	79	4,24	70	297,08
¹ 3 kW varikliai elektros energijos sąnaudos	MWh	88,27	81,71	6,56	70	459,34
Netiesioginis CO ₂	t/m.	121,25	113,61	7,64	-	-
<i>Sutaupoma įdiegus apšvietimo sistemos modernizavimą</i>						756,42

¹Pastaba:

3–ame ir 4–ame priede skaičiavimai buvo atliekami 1 varikliui, kadangi įrenginiuose yra sumontuota po 2 vienodus variklius, vertinamos 2 kartus didesnės elektros energijos sąnaudos.

Laukiama aplinkosauginė nauda:

- įdiegus naujus variklius ir juos perprogramavus į mažesnį galingumo režimą, sutaupoma 10,8 MWh/m išgaunant tokį pat oro kiekį;
- netiesioginis poveikis aplinkai sumažėja (CO₂ išmetimas į aplinką dėl sumažėjusios elektros energijos kiekio) 7,64 t/m.

4.6 lentelė. Vėdinimo įrenginių modernizavimo investicinė analizė

Darbai, paslaugos, įranga	Tiekėjas	Kaina, eurais
4 kW IE3 varikliai	UAB Domel	1320,00
3 kW IE3 varikliai	UAB Domel	942,00
Projekto investicijos be PVM		2262,00
PVM 21%		475,02
<i>Projekto investicijos su PVM</i>		2737,02

Variklių modernizavimo atsiperkamumo trukmė apskaičiuojama pagal formulę 3.6:

$$AT_{var} = 2262 / 756,4 = 2,99 \text{ m.}$$

Projekto įdiegimas leistų įmonei sutaupyti iki 756,42 eur/m. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė iki 3 metų.

4.2.3. Vėdinimo įrenginio šilumokaičio modernizavimas

Įrenginyje „VERSO P – 40“ galima ne tik pakeisti ventiliatorius, yra galimybė taip pat atnaujinti šilumokaičio sekciją, pakeičiant visą sekciją ir plokštelinį šilumokaitį su 70 % efektyvumu naujesniu rotaciniu šilumokaičiu, kurio efektyvumas yra 83 %. Skaičiavimai atliekami naudojant įmonės „Komfovent“ specialią vėdinimo įrengimų parinkimo/palyginimo programą.

Įrenginių lyginamoji analizė atliekama naudojant skirtingų šilumokaičių („P – 40“ ir „R – 40“) techninius parametrus (žr. 4.7 lentelę).

4.7 lentelė. ¹Vėdinimo įrenginių parametrai

Pavadinimas	Esamo „P – 40“ įrenginio parametrai		Modernizuojamo įrenginio „R – 40“	
	Reikšmė	Vnt.	Reikšmė	Vnt.
Vėdinimo įrenginio našumas	4000	m ³ /val.	4000	m ³ /val.
VĮ variklių bendra galia	6000	W	6000	W
Variklio tipas	EC	-	EC	-
Šilumokaičio efektyvumas η	70	%	83	%

¹Informacijos šaltinis – „Komfovent“ vėdinimo įrenginių parinkimo/palyginimo programa.

4.8 lentelė. Vėdinimo įrenginiams parenkamos darbo ¹klimatinės ir kitos sąlygos

Pavadinimas	Reikšmė	Vnt.
VĮ Eksploatavimo laikas	24	val./parą
Skaičiuojamoji lauko temperatūra žiemą	-23	°C
Skaičiuojamoji patalpos temperatūra žiemą	21	°C
Šildymo sezonas	225	d./m.
Vidutinė temperatūra šildymo sezono metu	0,2	°C
Šilumos energijos kaina	0,0363	eur/kWh

¹Parenkamos Vilniaus miesto klimatinės darbo sąlygos

4.9 lentelė. Papildomos šilumos poreikio įvertinimas esamoje ir planuojamoje sistemoje

Įrenginys	Metinis šilumos poreikis vėdinimui (kWh/m.)	Šilumos atgavimas su šilumokaičiu (kWh/m.)	Likutinis šilumos poreikis (kWh/m.)
Esamas įrenginys „P – 40“	150 418,94	105 293,26	45 125,68
Planuojamas įrengti įrenginys „R – 40“	150 418,94	124 847,72	25 571,22

Pakeitus šilumokaitį 13% efektyvesniu, papildomai regeneruojama iki 19,56 MWh/m. šiluminės energijos, tai leistų sumažinti gamtinių dujų sąnaudas ir CO₂ emisijas į aplinkos orą.

Suvartojamo kuro kiekis, kurio reikia pagaminti šilumos kiekį patalpoms pašildyti naudojant „P – 40“ ir „R – 40“ įrenginius, apskaičiuojamas pagal darbo metodikoje pateiktą 3.13 formulę:

$$B_{P-40} = 45,126 \times 3,6 / (33,49 \times 0,97) = \mathbf{5 \text{ tūkst. nm}^3/\text{m.}}$$

$$B_{R-40} = 25,571 \times 3,6 / (33,49 \times 0,97) = \mathbf{2,83 \text{ tūkst. nm}^3/\text{m.}}$$

ŠESD – CO₂ susidarymo deginant gamtines dujas vertinimas atliktas pagal metodikoje pateiktą 3.2 formulę.

4.10 lentelė. Vėdinimo įrenginio modernizavimo aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas

Proceso įvediniai ir išvediniai	Vnt.	AAI ir jų ekonominė išraiška		Sutaupoma (sumažėja) (+) / Padidėja (-)		
		<i>AAI_{prieš}</i>	<i>AAI_{po}</i>	vnt./m.	eur/vnt.	eur/ m.
		vnt./m.	vnt./m.			
Gamtinės dujos	nm ³	5000	2830	2170	0,33	716,1
¹ ŠESD – CO ₂	t	9,48	5,37	4,11	-	-
¹ Oro taršalai:		-				
CO	kg	6,53	3,7	2,83	-	-
NO _x	kg	14,9	8,43	6,47	-	-
SO _x	kg	0,05	0,03	0,02	-	-
KD	kg	0,15	0,08	0,07	-	-
<i>Sutaupoma įdiegus modernizuotą šilumokaitį</i>						716,1

¹Oro taršalų (CO, NO_x, SO_x, KD) kiekiai deginant gamtines dujas įvertinti pagal tyrimo metodikoje pateiktą 3.14 formulę, ŠESD (CO₂) – 3.2 formulę.

Laukiama aplinkosauginė nauda: įdiegus naujesnį šilumokaitį, bus sudeginama 2 170 nm³/m. mažiau gamtinių dujų patalpoms šildyti, atitinkamai 4,11 t/m. mažiau išsiskirs CO₂ emisijų.

4.11 lentelė. Šilumokaičio pakeitimo „V – 40“ įrenginyje ekonominė analizė

Darbai, paslaugos, įranga	Tiekėjas	Kaina, eurais
Rotacinio šilumokaičio sekcija	UAB „Komfovent“	970,00
Oro srautų maišymo sekcija	UAB „Komfovent“	250,50
Projekto investicijos be PVM		1 220,50
PVM 21%		256,31
<i>Projekto investicijos su PVM</i>		1 476,81

Projekto įdiegimas leistų sutaupyti 716,1 eur/m.

Projekto atsipirkimo trukmė apskaičiuojama pagal formulę 3.6:

$$AT_{var} = 1220,5 / 716,1 = \mathbf{1,70 \text{ m.}}$$

4.3. Energijos efektyvumo didinimas ir CO₂ mažinimas gaminant rekuperacines vėdinimo sistemas

Apšvietimo ir vėdinimo sistemų modernizavimo projektai įdiegti įmonėje 2018 m. pabaigoje. Įdiegus projektą ir atlikus aplinkosauginį ir energetinį auditą, buvo pakartotinai sudarytas medžiagų ir energijos balansas (2020 metais vasario mėnesį). Rezultatai pateikti 4.6 pav.

Įmonėje per 2019 metus sunaudota 1803,60 MWh elektros energijos, sudeginta iki 97,149 tūkst. nm³ gamtinių dujų. Taikant 3.1 formulę įvertinta, kad dėl elektros energijos sąnaudų netiesiogiai susidarė iki 1275,15 t/m. CO₂. Taikant 3.2 formulę įvertinta, kad deginant gamtines dujas į aplinkos orą pateko 184,19 t CO₂.

2019			
Įvediniai (vnt/m.)		Išvediniai (vnt/m.)	
Žaliavos:		Produkcija	
Cinkuota skarda, t	4136	Domekt ir VERSO STANDART įrenginiai, vnt	20464
Aluminiis, t	301	VERSO PRO įrenginiai, vnt	1916
Nerūd. plienas, t	19	KLASIK įrenginiai, vnt	210
Varis, t	263	Staciakampiai fasoniai gaminiai	36243
Izoliacinės medžiagos, t	184	Apvalūs fasoniai grenginiai	496312
Varikliai, vnt	4356	Rotaciniai šilumokaičiai (pardavimui), vnt	912
Sparnuotės, vnt	4378	Vandeninio tipo šilumokaičiai, vnt	254
Ventiliatoriai, vnt	36468	Kanaliniai aušintuvai, vnt	316
Laidai, m	18965	Kanaliniai šildytuvai, vnt	215
Pynės, vnt	49682	Aprišimo mazgai, vnt	580
Elektronikos komponentai, vnt	17253	Atliekos	
Kaitinimo elementai, vnt	25105	Gamybinės cinkuoto metalo, t	60.253
Plokšteliniai šilumokaičiai	4250	Gamybinės aliuminio, t	11.355
Filtrai, vnt	87980	Gamybinės vario, žalvario, bronzos, t	3.101
Šaldymo agentas R-410A, m3	3158	Gamybinės nerūd. plieno, t	8.076
Kompresoriai, vnt	485	Elektronikos, t	1.255
Santehnikos detalės, vnt	2153	Mišrios komunalinės atliekos, m3	636.8
Papildomos medžiagos		Popieriaus ir kartono, t	47.044
Valikliai, l	896	Dažų ir lako tirpikliai, t	0.713
Dažai, t	32465	Dažų ir lako atliekos, t	1.461
Eksplotacinės medžiagos		Naftos produktų, t	7.5
Tepalas, l	1756	Pakuotės kuriose yra pavojingų cheminių medžiagų	0.08
Pakuotės medžiagos		Filtrų medžiagos, t	0.413
Pakavimo juosta, m	34280	Aušinamieji skysčiai	0.007
Gafruotas kartonas, m	11586	Tepalų filtrai, t	0.007
Mediniai padėklai, vnt	23744	Tepalinė alyva, t	1.348
Vanduo ir energetiniai ištekliai		Klijų, dervų, t	0.406
Dujos, m ³	97149	Mašininės emulsijos tirpalai, kuriose nėra cholog	0.04
dujų kiekis skirtas gamybos	72094	Esdinimo rūgštys, t	8.613
dujų kiekis skirtas šilumos gc	25055	Nebereikalingos organinės cheminės medžiagos,	0.026
Dyzelis, m ³	1104.45	Šiluminės energijos nuostoliai, MWh	903.76
Benzinas, m ³	8.5	Nuotekos, l	4.7
Elektros energija, MWh	1,803.60	ŠESD	
Geriamasis vanduo, tūkst. m ³	4.7	Tiesioginės dėl deginamų gamtinių dujų, t	184.19
		Netiesioginės dėl elektros energijos vartojimo, t	1275.15
		Oro teršalai	
		CO, t/m	0.125
		NO _x , t/m	0.412
		Acetonas, t/m	0.032
		Kietosios dalelės, t/m	0.713
		LOJ, t/m	0.075
		Geležis ir jos junginiai, t/m	0.038

4.6 pav. UAB Komfovent medžiagų ir energijos balansas 2019 metais.

Atliktas planuojamo ir pasiekto AAV įvertinimas pateiktas (žr. 4.12 lentelę). Šioje lentelėje vertinamos tik įgyvendintos šviestuvų ir variklių pakeitimo inovacijos bei su jomis susiję AAI_s.

4.12 lentelė. Pasiektas aplinkosauginis veiksmingumas, įdiegus apšvietimo ir ventiliacinės sistemų modernizavimo projektus

¹ Analizuojami įvediniai ir išvediniai	Vnt.	2017 m.		2019 m.		⁴ AAV
		AAI _{iki} , vnt./ m.	² AAI _{s,prieš}	AAI _{po} , vnt./ m.	³ AAI _{s,po}	
Elektros energija	kWh	1930040	89,636	1803600	79,841	9,795

¹ Analizuojami įvediniai ir išvediniai	Vnt.	2017 m.		2019 m.		⁴ AAV
		<i>AAI_{iki}</i> , vnt./ m.	² <i>AAI_{s.prieš}</i>	<i>AAI_{po}</i> , vnt./ m.	³ <i>AAI_{s.po}</i>	
Gamtinės dujos	m ³	101763	4,726	97149	4,301	0,426
Šiluminė energija	MWh	946,68	0,044	903,76	0,04	0,004
CO ₂	t	192,94	0,009	184,19	0,008	0,001
Netiesioginis CO ₂	t	1364,540	0,063	1275,15	0,056	0,007

¹Lentelėje pateikti tik su energijos efektyvumu ir ŠESD emisijomis susieti rodikliai.

²AAI_s vertinimui: 2017 m. pagaminta 21532 vnt. produkcijos.

³AAI_s vertinimui: 2019 m. pagaminta 22590 vnt. produkcijos.

⁴AAV vertinimui naudota 3.12 formulė.

4.13 lentelė. Planuojamas aplinkosauginis veiksmingumas, įdiegus vėdinimo įrenginio modernizavimo projektą

¹ Analizuojami įvediniai ir išvediniai	Vnt.	2019 m.		Planas, įdiegus projektą		⁴ AAV
		<i>AAI_{iki}</i> , vnt./ m.	² <i>AAI_{s.prieš}</i>	<i>AAI_{po}</i> , vnt./ m.	³ <i>AAI_{s.po}</i>	
Gamtinės dujos	m ³	97149	4,301	94979	4,204	0,0965
Šiluminė energija	MWh	903,76	0,044	883,57	0,040	0,004
CO ₂	t	184,19	0,008	180,08	0,00797	0,00003

¹Lentelėje pateikti tik su energijos efektyvumu ir ŠESD emisijomis susieti rodikliai.

²AAI_s vertinimui priimamos 2019 m. gamybos apimtys – 22590 vnt.

³AAV vertinimui taikyta 3.12 formulė.

Įdiegus apšvietimo ir ventiliacinės sistemų modernizavimo projektus 2018 metais, aplinkosauginis veiksmingumas elektros energijos naudojimo srityje padidėjo 9,795 kWh kiekvienam pagamintos produkcijos vienetui, t. y., elektros energijos sąnaudos sumažėjo nuo 89,636 kWh/vnt. iki 79,841 kWh/vnt. Realus AAV yra 23 % mažesnis nei buvo planuota vertinant šiuos ŠG projektus. Tai galima iš dalies pateisinti 2018 metais gamybos pajėgumo padidėjimu: buvo įsigyta papildoma darbo įranga (du pjovimo lazeriai, trejos lankstymo staklės, dvi rotacinės šilumokaičių būgnų sukimo staklės). Per 2018 metus padidėjo darbo vietų skaičius, vasaros ir žiemos metu buvo dirbami viršvalandžiai (vakarais, naktimis ir savaitgaliais) siekiant kompensuoti darbo jėgos trūkumą dėl darbuotojų sergamumo. Visa tai turėjo tiesioginės įtakos elektros energijos sąnaudų padidėjimui objekte (kWh/metus) bei mažesniai negu tikėtasi pagamintos produkcijos kiekio augimui. Kadangi vėdinimo įrenginio „P – 40“ šilumokaičio sekcijos pakeitimas nėra įgyvendintas, yra vertinamas tik planuojamas šio sprendimo aplinkosauginis veiksmingumas. Pakeitus plokštinių rekuperatorių rotaciniu, planuojamos šiluminės energijos sąnaudos produkcijos vienetui turėtų sumažėti 4 kWh/vnt. Atitinkamai aplinkosauginis veiksmingumas gamtinių dujų naudojimo srityje padidėtų 2,25 %, t. y., gamtinių dujų sąnaudos sumažėtų nuo 4,3 nm³/vnt. iki 4,2 nm³/vnt. Taip pat CO₂ emisijų kiekis dėl sudeginamo gamtinių dujų turėtų sumažėti 4,11 t CO₂ arba 0,03 kg/vnt.

5. Rekuperatoriaus „DOMEKT-R-450-V“ energetinio veiksmingumo analizė

Energetinio veiksmingumo analizei atlikti pasirenkamas įmonės gaminamas vėdinimo įrenginys su rotaciniu šilumokaičiu „DOMEKT-R-450-V“. Įrenginys yra aukštai vertinamas įmonės klientų dėl savo patikimumo ir eksploatacinių savybių. Įrenginio energetiniai parametrai atitinka A energetinio efektyvumo klasę. Per 2019 metus buvo pagaminta 2386 vnt., tai sudarė 18 % nuo viso „DOMEKT“ įrenginių pagaminto skaičiaus – 13087 vnt. Vėdinimo įrenginyje didžioji dalis elektros energijos suvartojama veikiant ventiliatorių varikliams bei šildymo elementui. Būtent šių komponentų energetinis efektyvumas nulemia įrenginio energetinę klasę. Tokie komponentai kaip šilumokaičio rotacinis variklis ir pati automatinio valdymo sistema dėl apsukų reguliavimo veikimo metu nesunaudoja daug elektros energijos, todėl šiame skaičiavime nėra vertinami.



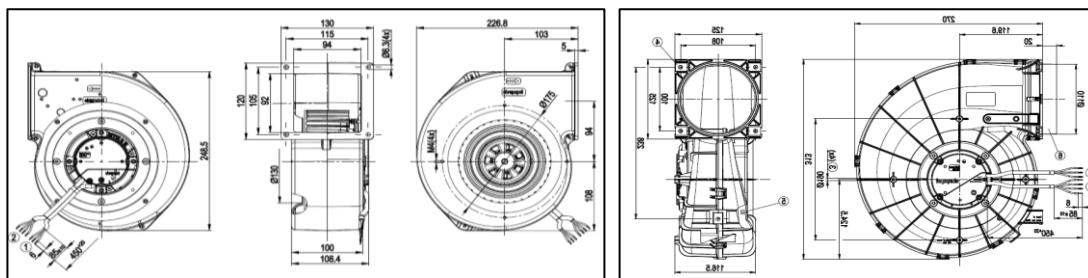
5.1 pav. Vėdinimo įrenginys „DOMEKT-R-450-V“

Įrenginyje įtaisytas šildymo elementas pašildo iš lauko tiekiamą orą prieš jam patenkant į šilumokaitį. Šis komponentas veikia tik esant žemai iš lauko tiekiamo oro temperatūrai, todėl daugiausia naudojamas tik šaltuoju metų laiku.

Įrenginio eksploataavimo metu ventiliatoriai, tiekiantys orą į patalpas bei jį ištraukiantys, veikia nepertaukiamai. Esant tikslui sumažinti gaminio sukeliama netiesioginį poveikį aplinkai vartojimo metu, tuo pačiu sumažinti elektros energijos sąnaudas bei eksploatacines išlaidas, atliekama šio gaminio energetinė veiksmingumo analizė, kurios užduotis parinkti naujus, energetiškai efektyvesnius ventiliatorius.

Šiuo metu gaminio gamyboje naudojami „Ebmpapst“ gamintojo „G3G160-CU0911“ 2012 metų modelio centrifūginio tipo ventiliatoriai (žr. 5.2 pav.). Tiekiamo oro pašildymui naudojamas 0,9 kW instaliuotos galios šildytuvas.

Įvedus esamų ventiliatorių techninius parametrus į „Komfovent“ naudojamą ventiliatorių gamintojo parinkimo programą „Ebm-papst Fan Scout“ v3.02.1346, buvo rasti naujesni „G3G160-RG50303“ 2019 metų modelio analogai su geresniu energetiniu efektyvumu. Įvertinama, kad šių komponentų pakeitimas reikalautų minimalių įrenginio konstrukcijos ir programinės įrangos korekcijų. Naudojant minėtą programą, abi vėdinimo įrenginių konfigūracijos palyginamos su esamais ir keičiamais komponentais. Rezultatai pateikti 5.2 lentelė.



5.2 pav. G3G160–CU09011 ventiliatorius (kairėje) G3G160–RG50303 ventiliatorius (dešinėje)

Įrenginių elektros energijos sąnaudų skaičiavimai atliekami pagal Vilniaus miesto meteorologines sąlygas (nustatomos parinkimo programoje) (žr. 5.1 lentelę). Įrenginio veikimo parametrai nustatomi standartiniai, pagal įprastą buitinių ir administracinių patalpų vėdinimo įrenginio eksploatavimo laiką, kai slėgis vėdinimo sistemoje yra 100 Pa.

5.1 lentelė. Klimatologiniai duomenys ir kiti rodikliai energetinei veiksmingumo analizei atlikti

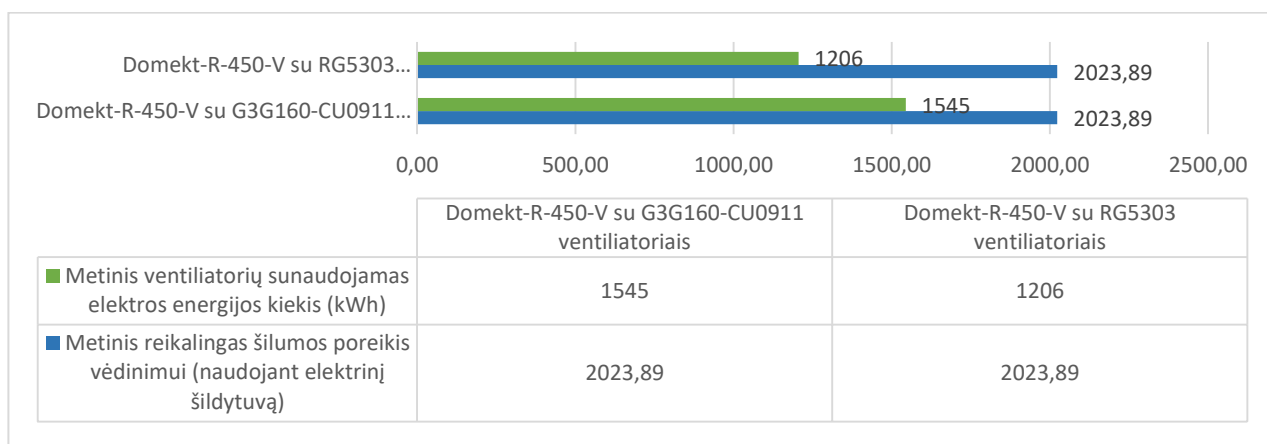
Pavadinimas	Reikšmė	Vnt.
VĮ Eksploatavimo laikas	24	val./parą
Skaičiuojamoji lauko temperatūra žiemą	-23	°C
Skaičiuojamoji patalpos temperatūra žiemą	21	°C
Šildymo sezonas	225	d./m.
Vidutinė temperatūra šildymo sezono metu	0,2	°C
Elektros energijos kaina	0,149	eur/kWh

5.2 lentelė. Analizuojamų vėdinimo įrenginių techninių parametų palyginimas

Lyginamieji techniniai parametrai	Vnt.	DOMEKT–R–450–V	
		su G3G160–CU0911 ventiliatoriais	su G3G160–RG50303 ventiliatoriais
VĮ našumas	m ³ /h	345	345
VĮ variklių bendra galia	W	170	115
Variklio tipas	-	EC	EC
VĮ variklių instaliuota galia	W	176,33	137,43
Elektros energijos sąnaudos ventiliatoriuose	Wh/m ³	0,51	0,4
Vieno variklio SFP	kW/m ³ /s	0,92	0,717
Šilumokaičio efektyvumas	η	84,4	84,4

Esant vienodam vėdinimo įrenginio našumui, naudojant G3G160–RG50303 ventiliatorius įrenginio variklių instaliuota galia sumažėja nuo 176,33 W iki 137,43 W, elektros energijos sąnaudos sumažėja nuo 0,51 Wh/m³ iki 0,4 Wh/m³, specifinė ventiliatoriaus galia (SFP) sumažėja nuo 0,92 iki 0,717 kW/m³/s.

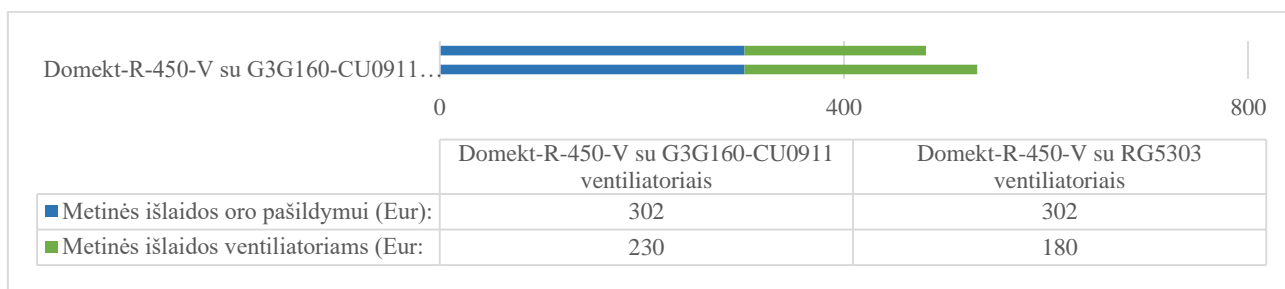
Suvedus pateiktus duomenis į palyginimo programą, atliekama įrenginio energetinio veiksmingumo analizė vertinant ventiliatoriaus ir elektrinio šildytuvo energijos sąnaudas.



5.3 pav. „DOMEKT–R–450–V“ pagrindinių komponentų elektros energijos sąnaudos (kWh/m.)

Metinės ventiliatorių sunaudojamos elektros energijos sąnaudos sumažėja 21,9 %.

Kitas žingsnis – įvertinamos vėdinimo įrenginio eksploatavimo išlaidos arba tiesioginiai kaštai po inovacijos įdiegimo. Rezultatai pateikti 5.4 pav.



5.4 pav. „DOMEKT–R–450–V“ pagrindinių komponentų elektros energijos finansinės išlaidos (eur/m.)

Dėl elektros sąnaudų sumažėjimo tiesioginiai kaštai sumažėja nuo 230 iki 180 eurų/metus arba 21,7 %.

5.3 lentelė. Vėdinimo įrenginio elektros energijos suvartojimas ir eksploatacinės sąnaudos (nevertinant filtrų) per amortizacijos laikotarpį – 10 metų.

Analizuojami rodikliai	Vnt.	Domekt–R–450–V su G3G160–CU0911 ventiliatoriais (esamas VĮ)	Domekt–R–450–V su RG5303 ventiliatoriais (planuojamas VĮ)
Ventiliatorių elektros energijos sąnaudos	kWh/10 m.	15450	12060
Šildytuvo elektros energijos sąnaudos	kWh/10 m.	20238,9	20238,9
Bendros VĮ elektros energijos sąnaudos	kWh/10 m.	35688,9	32298,9
Tiesioginiai VĮ kaštai dėl elektros energijos sąnaudų	eur/10 m.	5320	4820

Analizuojami rodikliai	Vnt.	Domekt-R-450-V su G3G160-CU0911 ventiliatoriais (esamas VĮ)	Domekt-R-450-V su RG5303 ventiliatoriais (planuojamas VĮ)
¹ Netiesioginės CO ₂	t/10 m.	25,23	22,84

¹CO₂ kiekio skaičiavimui panaudota tyrimo metodikoje pateikta 3.1 formulė.

Modernizuojant vėdinimo įrenginį ir jame įdiegiant naujos kartos ventiliatorius RG5303, energijos sąnaudas per 10 metų galima sumažinti 3390 kWh, netiesiogines CO₂ emisijas – 2,39 t., išlaidas elektros energijai – 500 eurų.

Po modernizavimo įrenginys atitiktų A++ energetinio naudingumo klasės pastatų reikalavimus (žr. 5.4 lentelę)

5.4 lentelė. Rekuperatorių techninės savybės: reikalavimai pagal STR [45] ir pasiekti rezultatai

Pastatų energetinio naudingumo klasė	n.k. (%)	Elektros energijos sąnaudos (Wh/m ³)
Reikalavimai pagal STR 2.01.02:2016		
A	≥65	≤0,75
A+	≥75	≤0,55
A++	≥80	≤0,45
Energetinio veiksmingumo analizės rezultatas UAB Komfovent		
Esami rodikliai	84,4	≤0,55
Planuojami rodikliai	84,4	≤0,45

6. Rekomendacijos dėl rekuperatorių naudojimo galimybių gamybos patalpų šildymo – vėdinimo sistemose

Rekomenduojama gamybos įmonių patalpų, įskaitant administracinių, ventiliavimo sistemose numatyti šiluminės energijos rekuperavimą, taip mažinant patalpų apšiltinimui naudojamos pirminės energijos sąnaudas. Atgaunant šiluminę energiją iš patalpose esančio šilto oro, tuo pačiu sukuriama komfortiškesnė ir higieninė prasme sveikesnė patalpų klimato sąlygos. Deja, daugumoje Lietuvoje veikiančių senesnių pramonės objektų šis šilumos energijos taupymo būdas dar nėra naudojamas, todėl šiluminės energijos ir tuo pačių pirminės energijos – kuro taupymo potencialas išlieka.

Pavyzdžiui, įvertinsime energijos tausojimo ir CO₂ mažinimo galimybes analizuojant 100 m² administracinių patalpų plotą. Patalpose veikia standartinė 345 m³ našumo ventiliacinė sistema. Priimama prielaida, kad įmonėje šiluminė energija gaminama deginant gamtines dujas (KDĮ n. k. – 97 %). Jeigu patalpų vėdinimo sistemoje nėra šilumos rekuperavimo, patalpos (pastatas) gali atitikti tik B energetinio naudingumo klasę pagal STR 2.01.02:2016. Šiuo atveju norminės šiluminės energijos sąnaudos pateiktos 6.1 lentelės 2 stulpelyje. Tyrimo metu įvertinta, kad administraciniuose pastatuose įdiegus rekuperacinį vėdinimo įrenginį su >80 % šilumos gražinimo efektyvumu (tai yra A++ energetinio naudingumo klasė), šiluminės energijos sąnaudos 100 m² patalpų apšiltinimui sumažėtų 70,26 kWh/m., atitinkamai gamtinių dujų sąnaudos sumažėtų 0,78 tūkst. nm³/m., ŠESD kiekis – 1,48 t CO₂/m. (žr. 6.1 lentelę).

6.1 lentelė. Šiluminės energijos sąnaudų ir sutaupymų skaičiavimas 100 m² administraciniam pastatui pagal skirtingas energetinio efektyvumo klases

Pastato paskirtis	Pastatų (jų dalių) energetinio naudingumo klasė			
	B	A	A+	A++
¹ Norminės šiluminės energijos sąnaudos administracinės paskirties pastatui (jo daliai) šildyti, kWh/(m ² metai)	$k_h \cdot 396 \cdot A_p^{-0,24}$	$k_h \cdot 280 \cdot A_p^{-0,26}$	$k_h \cdot 258 \cdot A_p^{-0,27}$	$k_h \cdot 221 \cdot A_p^{-0,28}$
Rekuperacinių sistemų n.k., %	nėra	≥65	≥75	≥80
Šilumos sąnaudos 100 m ² administraciniam pastatui (jo daliai) šildyti (kWh/m ² metai)	131,13	84,56	74,41	60,87
² Reikalingas gamtinių dujų kiekis šilumos energijos gamybai (tūkst. m ³ /m.)	1,45	0,94	0,82	0,67
³ CO ₂ dėl gamtinių dujų deginimo (t/m.)	2,76	1,78	1,56	1,28

¹Informacija pateikta iš STR 2.01.02:2016 [45], A_p – patalpų plotas; k_h – patalpos koeficientas, administracinės paskirties pastatams taikomas – 1;

²Gamtinių dujų kiekio skaičiavimui taikyta formulė 3.13;

³CO₂ kiekio skaičiavimui taikyta tyrimo metodikos formulė 3.1.

Rekuperacinio vėdinimo įrenginio naudojimas administracinėse bei gamybos patalpose gali ženkliai sumažinti šiluminės energijos vartojimo sąnaudas ir tuo pačiu jos gamybos apimtį. Taip pat reikia atkreipti dėmesį į esamų vėdinimo įrenginių šiluminės energijos rekuperavimo efektyvumą, kuris per pastaruosius 10 metų padidėjo daugiau nei 10 %. Pavyzdžiui, tyrimo metu buvo nustatyta, kad patalpų vėdinimo įrenginyje su 4000 m³/val. našumu pakeitus seną 70 % efektyvumo šilumokaitį efektyvesniu 83 %, kasmet galima papildomai regeneruoti iki 19,56 MWh šiluminės energijos.

Administracinių arba gamybinių patalpų šildymui Lietuvoje dažniausiai yra naudojamos gamtinės dujos, kurių deginimo metu teršiamas oras, susidaro ŠESD. UAB Komfovent atveju ventiliavimo sistemoje didinant šilumos regeneravimo efektyvumą, gamtinių dujų sąnaudos sumažėjo daugiau nei 2 tūkst. nm^3/m . (arba apie 6,4 % nuo gamtinių dujų sąnaudų patalpų apšiltinimui), atitinkamai CO_2 emisijos sumažėjo 4,11 t/m..

Šiuolaikiniai vėdinimo įrenginiai gaminami su skirtingų tipų šilumokaičiais (rotaciniais, plokšteliniais – priešingų srautų), jų konfigūracijos gali būti papildomos vandeniniais, freoniniais aušinimo arba šildymo šilumokaičiais sistemose, kurių darbui užtikrinti gali būti panaudota perteklinė energija iš kitų gamybos procesų. Naujausiuose vėdinimo įrenginiuose montuojami šilumos siurbliai esant poreikiui leidžia vėsinti į patalpas tiekiamą orą taip išvengiant papildomų kondicionavimo sistemų įrengimo.

Dėl šiuolaikinės programinės įrangos bei modernios valdymo automatikos įrenginių veikimas gali būti maksimaliai derinamas prie vykdomos veiklos sąlygų taupant elektros energiją, naudojamą įrenginių darbui užtikrinti. Įrengiant vėdinimo sistemose automatines oro srautų valdymo sklendes, oro srautą galima nukreipti tikslingai į reikalingiausius sistemos taškus. Viena galimų naujovių, kombinuojamų su anksčiau paminėtais sprendimais, yra CO_2 patalpų jutikliai, fiksuojantys patalpose išsiskiriantį CO_2 kiekį. Dėl šių jutiklių galima didinti arba mažinti oro srautą sistemos taškuose priklausomai nuo ten esančių žmonių kiekio arba vykstančių procesų intensyvumo.

Pramonės objektuose, kuriuose yra įdiegtos rekuperacinės sistemos, rekomenduojama atlikti įrenginių energetinę analizę, nustatant esamų komponentų atnaujinimo galimybes (žinoma, tai turėtų būti derinama su vėdinimo įrenginių gamintoju), darbo režimų koregavimo būtinybę, komponentų nusidėvėjimo laipsnį, įrenginio ir visos sistemos sandarumą. Vėdinimo sistemos sandarumas turi didelę įtaką rekuperacinio įrenginio energetinėms sąnaudoms bei jo veiklos naudingumui. Kai sistemos yra nesandarios, siekiant tiekti reikiamą oro kiekį į patalpas, įrenginys privalės veikti padidinta galia, todėl didės energetinės sąnaudos ir mažės įrenginio variklių resursai. Tam tikruose vėdinimo sistemų taškuose turi būti įrengiami oro srauto jutikliai, periodiškai atliekamos sistemų sandarumo patikros.

Išvados

1. Atlikus statistinių duomenų, susijusių su pramonės energijos naudojimo intensyvumu bei ŠESD susidarymu, analizę, nustatyta, kad 2017 m. ES pramonės sektorius į aplinką išskyrė apie 870 mln. CO₂ emisijų, iš jų Lietuvos – 3638,2 kt CO₂ arba apie 20 % nuo visų CO₂ emisijų šalyje. Analizuojant Lietuvos ūkio sektorius nustatyta, kad 2011 – 2018 metais energijos naudojimo intensyvumas sumažėjo 15,12 % (nuo 252,58 tne /mln. eurų iki 214,39 tne/mln eurų), tuo tarpu pramonės sektoriuje per analizuotą laikotarpį jis padidėjo 3,4 %, paslaugų ir kitos veiklos sektoriuje – 8,3 %. Ženklus galutinės energijos intensyvumo sumažėjimas pastebėtas namų ūkio sektoriuje, 2015 – 2018 metų laikotarpiu šis rodiklis sumažėjo 21,68 %, t. y., 0,72 tne/mln eurų.
2. Energijos intensyvumui mažinti pramonės objektuose, tuo pačiu mažinant jų poveikį aplinkai ir klimato kaitai dėl ŠESD, yra taikomi darnios pramonės plėtros įrankiai: energetiniai arba aplinkosauginiai auditai, Švaresnės gamybos (ŠG) inovacijos, ES geriausiai prieinami gamybos būdai (GPGB) didinti energetinį efektyvumą, produkto būvio ciklo vertinimas ir kiti. Energijos efektyvumo didinimo pramonės įmonėse srityje ypač pasiteisino ŠG prevencinių metodų diegimas modernizuojant įrangą arba technologijas, optimizuojant, tobulinant procesus, pakeičiant atskirus neefektyviai veikiančius sistemų komponentus, naudojant procesų atliekamą (perteklinę) energiją, pereinant prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo.
3. Gamybos procesų analizei parinktam objektui – vėdinimo įrenginių ir vėdinimo sistemų elementų gamybos UAB Komfovent – atliekant ŠG galimybių vertinimą, buvo pasiūlytos ir detaliai išnagrinėtos trys alternatyvos energijos efektyvumui didinti įmonės pagalbinuose procesuose – apšvietimo ir vėdinimo sistemose. Dvi alternatyvos buvo realizuotos 2019 metais. LED šviestuvų įdiegimas vietoj metalo halogeno leido iki 45 % sumažinti elektros energijos sąnaudas apšvietimui. IE1 klasės variklių pakeitimas IE3 klase 7 % mažina elektros sąnaudas patalpų vėdinimui. Įvertinta, kad abiejų projektų investicijos (107 tūkst. eurų) turi atsipirkti per 4,7 metus. Trečiojoje alternatyvoje siūloma modernizuoti vėdinimo įrenginio šilumokaičių sekciją, tai leistų virš 6 % sumažinti gamtinių dujų sąnaudas patalpų apšiltinimui. Šio ŠG projekto investicijų atsipirkimo trukmė – 1,7 metai. Visų trijų siūlomų projektų įdiegimas leis įmonei kasmet taupyti iki 276 MWh elektros energijos ir iki 19,56 MWh šiluminės energijos arba 13,7 kWh energijos gaminamos produkcijos vienetai. Tiesioginių ir netiesioginių ŠESD emisijų sumažėjimas įmonės lygmenyje siektų 173,5 t CO₂ per metus arba 8,1 kg CO₂/vnt. produkcijos.
4. Atliekant UAB Komfovent gaminio – DOMEKT tipo rekuperatoriaus (našumas – iki 345 m³/val.; skirtas 100 – 180 m² patalpoms) – energetinio veiksmingumo analizę nustatyta, kad įrenginio gamyboje naudojami ventiliatoriai, kurių kiekvieno specifinė galia – 0,92 kW/m³/s. Darbe pasiūlytas ventiliatorių modernizavimas, kuris leis šį produktą naudojančioms pramonės įmonėms sumažinti elektros sąnaudas iki 21,9 % (iki 3,39 MWh/metus/vnt. arba 3400kWh/metus/100 m²). Per 10 metų įrenginio eksploatacijos ŠESD emisijos sumažėja 2,4 t CO₂/vnt.
5. Darbe pateiktos rekomendacijos pramonės įmonėms dėl rekuperacinių sistemų naudojimo ir priežiūros patalpų vėdinimo sistemose. Įvertinta, kad didesnio nei 80 % efektyvumo rekuperatoriaus įdiegimas pramonės įmonės administracinių patalpų šiltinimui leistų sumažinti metines šiluminės energijos sąnaudas iki 70 kWh/m² (analizuojant 100 m² plotą). Kai šiluminė energija patalpų šiltinimui gaminama deginant gamtines dujas, ŠESD kiekis sumažėtų 1,48 t CO₂/m./vnt. Taip pat darbe nurodytos papildomos rekuperacinių įrenginių modifikacijos, padedančios optimizuoti jų darbą ir pagerinti energijos vartojimo efektyvumą.

Literatūros sąrašas

1. *Greenhouse gas emissions by aggregated sector* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-08]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ghg-emissions-by-aggregated-sector-5#tab-dashboard-02>
2. LIETUVOS APLINKOS APSAUGOS AGENTŪRA. *Lithuania's national inventory report 2017*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-05]. Prieiga per: http://klimatas.gamta.lt/files/LT_NIR_2017%2004%2014_FINAL.pdf
3. *2020 Climate & Energy packadge* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-05]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
4. EUROPOS KOMISIJA. *Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-05]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=EN>
5. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija 2018 m.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-06]. Prieiga per: http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf
6. LIETUVOS APLINKOS APSAUGOS AGENTŪRA. *Lithuania's national inventory report 2018*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-06]. Prieiga per: http://klimatas.gamta.lt/files/LT_NIR_20180415_final.pdf.
7. LIETUVOS RESPUBLIKOS VALSTYBĖS KONTROLĖ. *Energijos vartojimo efektyvumo tikslų pasiekimas 2018 m. birželio 19 d. Nr. VA-2018-P-20-2-5* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-08]. Prieiga per: <https://www.vkontrole.lt/failas.aspx?id=3813>
8. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Lietuvos Respublikos 2017 metų pažangos siekiant nacionalinių energijos vartojimo efektyvumo tikslų ataskaita. 2019* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-10]. Prieiga per: <https://www.ena.lt/uploads/PDF-EVE/2017-Pazangos-gal-ataskaita.ena.lt.pdf>
9. *Lietuvos energijos balansas 2011 – 2018 m.* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2020-03-10]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=01cbb7d7-2172-4527-9e87-e87fd178420c>
10. *Energetikos statistika 2018 m.* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-10]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?eventId=200543>
11. VALSTYBINĖ ENERGETIKOS REGULIAVIMO TARNYBA. *Lietuvos elektros energetikos sistemos patikimumo įvertinimo ataskaita už 2018 metus*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-14]. Prieiga per: https://www.regula.lt/SiteAssets/elektra/LEESP%20ataskaita_2018.pdf
12. MIŠKINIS, V. et al. Energijos vartojimo Lietuvoje ir ES šalyse tendencijos. *Energetika*. 2014. Vol. 60, no. 2, p. 96–112. Prieiga per: doi: <https://doi.org/10.6001/energetika.v60i2.2934>
13. *Energy statistics overview 2019*. [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-16]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/a/a1/Energy_statistics-overview_2019.xlsx
14. *BVP, palyginamosiomis kainomis (grandininio susiejimo metodu)*. [interaktyvus] 2020 [žiūrėta 2020-03-16]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=80e0453e-b8c4-4bb0-ae44-81e2b1e3751b>

15. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Dėl nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo: Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas: 2012 m. birželio 26 d. Nr. XI-2133.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.E151BC09AE62/asr>
16. EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SAJUNGOS TARYBA. *Dėl energijos vartojimo efektyvumo, kuria iš dalies keičiamos direktyvos 2009/125/EB ir 2010/30/ES bei kuria panaikinamos direktyvos 2004/8/EB ir 2006/32/EB: Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2012 spalio 25 d 2012/27/ES.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-20]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=LT>
17. *Energijos vartojimo efektyvumo srityje – Lietuvos pažanga siekiant ES tikslų* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-20]. Prieiga per: <https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/energijos-vartojimo-efektyvumo-srityje-lietuvos-pazanga-siekiant-es-tikslu>
18. *Šiltnamio efektą sukeliančių dujų nacionalinių emisijų rodiklių energetikos sektoriuje atnaujinimas* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 03-22]. Prieiga per: https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/KLIMATO%20KAITA/Studijos%2C%20metodin%20med%20C5%BEiaga/Ataskaita_Energetikos_EF_galutine_20160502.pdf
19. *Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis Lietuvoje 2017 m. ir tendencijos 1990-2017 m.* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2020-03-22]. Prieiga per: http://klimatas.gamta.lt/files/Tendencijos_1990-2017final.pdf
20. *Lietuvos šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos Europos Sąjungos (Eu-27) kontekste* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2020-04-01]. Prieiga per: [http://klimatas.gamta.lt/files/LIETUVOS%20%20C5%A0ILTNAMIO%20EFEKT%20C4%84%20SUKELIAN%20C4%8CI%20C5%B2%20DUJ%20C5%B2%20TENDENCIJOS%20EUROPOS%20%20C4%84JUNGOS%20\(EU-27\)%20KONTEKSTE1396506686922.pdf](http://klimatas.gamta.lt/files/LIETUVOS%20%20C5%A0ILTNAMIO%20EFEKT%20C4%84%20SUKELIAN%20C4%8CI%20C5%B2%20DUJ%20C5%B2%20TENDENCIJOS%20EUROPOS%20%20C4%84JUNGOS%20(EU-27)%20KONTEKSTE1396506686922.pdf)
21. LIETUVOS APLINKOS APSAUGOS AGENTŪRA. *Lithuania 's national inventory report 2019* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-04-05]. Prieiga per: http://klimatas.gamta.lt/files/NIR_2019_04_15_FINAL.pdf
22. *Resource Efficient and Cleaner Production* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-05]. Prieiga per: <http://www.unep.fr/scp/cp/>
23. EUROPOS SAJUNGOS TARYBA. *Dėl taršos integruotos prevencijos ir kontrolės: Tarybos direktyva 1996 m. rugsėjo 24 d. 96/61/EB.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-05]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0061&from=EN>
24. EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SAJUNGOS TARYBA. *Dėl pramoninių išmetamų teršalų (taršos integruotos prevencijos ir kontrolės) (nauja redakcija): Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2010 m. lapkričio 24 d. 2010/75/ES.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-07]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>
25. *Spreading the net: The multiple benefits of energy efficiency improvements* [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2020-04-07]. Prieiga per: https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2014/04/Spreading_the_Net.pdf
26. AGUILAR, C.M.G. et al. Cleaner production applied in a small furniture industry in Brazil: Addressing focused changes in design to reduce waste. In *Sustainability (Switzerland)* . 2017. Vol. 9, no. 10, p. 1–17. Prieiga per: doi: <https://doi.org/10.3390/su9101867>

27. RAHIM, R. - ABDUL RAMAN, A.A. Carbon dioxide emission reduction through cleaner production strategies in a recycled plastic resins producing plant. In: *Journal of Cleaner Production* . 2017. Vol. 141, p. 1067–1073. Prieiga per: doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.023>
28. AKAN, M.M. et al. Process energy analysis and saving opportunities in small and medium size enterprises for cleaner industrial production. In *Journal of Cleaner Production* [interaktyvus]. 2019. Vol. 233, p. 43–55. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.046>
29. LIETUVOS RESPUBLIKOS ŪKIO MINISTERIJA. *Dėl išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodikos patvirtinimo: Lietuvos Respublikos ūkio ministro įsakymas: 2008 m. balandžio 29 d. Nr. 4–184.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-15]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.8AE593BC0CE3>
30. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Dėl energijos, energijos išteklių ir vandens vartojimo audito atlikimo technologiniuose procesuose ir įrenginiuose metodikos patvirtinimo: Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas: 2010 m. gegužės 10 d. Nr. 1–141.* [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-15]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A3AC13936022/plDHvuVISU>
31. STANIŠKIS, Jurgis Kazimieras ir Monika KRIAUČIONIENĖ. *Darni plėtra: mokomoji knyga* [interaktyvus]. Kaunas: e.knyga, 2012 [žiūrėta 2020-04-17]. e-ISBN 9786090204795. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/454/darni-pletra/>
32. EL-HAGGAR, Salah. *Sustainable Industrial Design and Waste Management* [interaktyvus]. JAV: Elsevier, 2007 [žiūrėta 2020-04-20]. ISBN-13: 978-0-12-373623-9. Prieiga per: http://www.gcpcenvis.nic.in/PDF/Sustainable_Industrial_Design_and_Waste_Management.pdf
33. NILSON, Lennart, Olof PERSSON, Lars RYDEN, Siarhei DAROZKA and Audronė ŽALIAUSKIENĖ. *Cleaner Production Technologies and Tolls for Resource Efficient Production* [interaktyvus]. Uppsala: The Baltic University Press, 2007 [žiūrėta 2020-04-20]. ISBN 91-975526-1-5. Prieiga per: <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:604269/FULLTEXT01.pdf>
34. STANIŠKIS, Jurgis Kazimieras, Irina KLIPOVA, Žaneta STASIŠKIENĖ ir Visvaldas VARŽINSKAS. *Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas, mokslo monografija.* Kaunas: Technologija, 2010. ISBN 978-9955-25-815-5.
35. *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency* [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/ENE_Adopted_02-2009.pdf
36. KIURSKI, J.S. et al. The ecodesign practice in Serbian printing industry. In *Journal of Cleaner Production* . 2017. Vol. 149, p. 1200–1209. Prieiga per: doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.193
37. *Ekoženkinimo bei Europos Bendrijos aplinkosaugos vadybos ir auditų sistemos (EMAS) galimybių studija.* [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: http://gamta.lt/files/Ekozenkinimo_bei_EB_aplinkosaugos_vadybos_ir_audito_sistemos_EMAS_galimybiu_studija.pdf
38. VALENTITIENĖ, Inga. *Nuo eko-dizaino kultūros iki medžiagų struktūros* [interaktyvus]. Vilnius: VDA, 2019 [žiūrėta 2020-04-28]. ISBN 978-609-447-332-6. Prieiga per: <http://leidykla.vda.lt/monografijos/eko-dizainas/index.html>
39. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2010 m. Balandžio 6 d. Įsakymo nr. D1-275 „Dėl klimato kaitos specialiosios programos*

- lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ pakeitimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2019 m. gegužės 6 d. Nr. D1-266. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/790fb250700511e99ceae2890faa4193>*
40. STATISTIKOS DEPARTAMENTAS PRIE LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS. *Dėl kuro ir energijos balanso sudarymo metodikos patvirtinimo: Statistikos departamento prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės generalinio direktoriaus įsakymas: 2004 m. lapkričio 24 d. Nr. DĮ-228 [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.55F2081A61B9/gnOsauyRHg>*
41. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl gamtos išteklių taupymo ir atliekų mažinimo planų rengimo metodinių rekomendacijų patvirtinimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2009 m. gegužės 5 d. Nr. D1-252 [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.343495?jfwid=q8i88mdz6>*
42. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 1.A.1 Energy Industries* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-1-energy-industries/view>
43. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
44. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2011 m. Kovo 30 d. Įsakymo nr. D1-262 „Dėl tiekėjų, kurie į rinką tiekia degalus ir energiją, būvio ciklo metu išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo tikslų, stebėsenos ir ataskaitų teikimo reikalavimų nustatymo“ pakeitimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2017 m. kovo 6 d. Nr. D1-203 [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/5bcdbc00024811e7ae41f2dbc54c44ce>*
45. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRAS. *Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ patvirtinimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2016 m. lapkričio 11 d. Nr. D1-754 [interaktyvus] [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185/RVgNNOPiGa>*

Priedai

1 priedas. Esamų šviestuvų elektros sąnaudų skaičiavimo lentelė

Šviestuvai ir paskirtis	Kiekis vnt.	Instaliuota elektros galia, W	Darbo valandos, val./m.	Elektros energijos sąnaudos, kWh/m.	Šviestuvo darbo laikas iki keitimo val.	Pakeičiamų lempų skaičius vnt./m.
Gamyklos, 6m aukštyje pakabinamas (dirba nuolatos)	20	250	6030	30150	5000	24
Gamyklos, 6m aukštyje pakabinamas	104	250	4422	114972	5000	92
Gamyklos, 6m aukštyje pakabinamas	286	250	2010	143715	5000	115
Gamyklos, 7m aukštyje pakabinamas	88	400	2010	70752	5000	35
Į lubas įleidžiamas (hologeninis 4x18w)	40	72	6030	17366,4	5000	48
Į lubas įleidžiamas (hologeninis 4x18w)	217	72	2010	31404,24	5000	87
Paviiršinis šviestuvai (hologeninis 4x18w)	28	72	2010	4052,16	5000	11
Šviestuvai	41	42	6030	10383,66	5000	49
Lauko šviestuvai	144	72	6030	62519,04	5000	174
Avarinis šviestuvai	37	12	8640	3836,16	5000	64
<i>SUMA:</i>	<i>1005</i>	<i>1492</i>	<i>45222</i>	<i>489150,66</i>		<i>700</i>

2 priedas. Siūlomų LED šviestuvų su valdymo automatika elektros energijos suvartojimo skaičiavimas

Šviestuvai ir paskirtis	Kiekis vnt.	Galingumas W	Darbo valandos h	Elektros energijos sąnaudos (be valdymo automatikos) kWh	Šviestuvo keitimo intervalas val.	Pakeičiamų šviestuvų kiekis vnt./m.	Suvartojama elektros energija (su valdymo automatika)
Pakabinamas industrinis šviestuvas „CRAFT LED“	20	130	6030	15678	25000	5	13483
Pakabinamas industrinis šviestuvas „CRAFT LED“	104	130	4422	59785,44	25000	18	51415
Pakabinamas industrinis šviestuvas „CRAFT LED“	286	130	2010	74731,8	25000	23	64269
Pakabinamas industrinis šviestuvas „CRAFT LED“	88	185	2010	32722,8	25000	7	28142
Į lubas įleidžiamas „BETA LED“	40	34	6030	8200,8	25000	10	7053
Į lubas įleidžiamas „BETA LED“	217	34	2010	14829,78	25000	17	12754
Į lubas įleidžiamas „BETA LED“	28	34	2010	1913,52	25000	2	1646
Šviestuvas „DOWNLIGHT LED“	41	20	6030	4944,6	25000	10	4252
Hermetinis šviestuvas „AquaForce II LED“	144	53	6030	46020,96	25000	35	39578
Avarinis šviestuvas skirtas auštomis patalopms „Tech Z LED“	37	5	8640	1598,4	25000	13	1375
<i>SUMA:</i>	<i>1005</i>	<i>755</i>	<i>45222</i>	<i>260426,1</i>		<i>140</i>	<i>223966</i>

3 priedas. IE1 klasės variklių duomenų skaičiavimo lentelė

IE1	Irenginiai				
	R-60	R-60	R-40	R-40	P-40
Variklio galia kW	4	4	3	3	3
Naudingumo % (koeficientas) kai pajėgumas 80%	81	81	77	77	77
Darbo valandos prie 80 % pajėgumo (val.)	6740	2760	6740	2760	2760
Galia 80% kW	3,2	3,2	2,4	2,4	2,4
Efektyvioji galia prie 80 % pajėgumo (val.)	2,60	2,60	1,85	1,85	1,85
Naudingumo % (koeficientas) kai pajėgumas 35%	76	76	73	73	73
Darbo valandos prie 35 % pajėgumo (val.)	2012	6000	2012	6000	6000
Galia 35% (kW)	1,4	1,4	1,05	1,05	1,05
Efektyvioji galia prie 35 % pajėgumo (val.)	1,06	1,06	0,77	0,77	0,77
IE1 klasės variklių sąnaudos prie 80% pajėgumo (kWh)	21568,00	8832,00	16176,00	6624,00	6624,00
IE1 variklių sąnaudos 35% pajėgumo (kWh)	2816,80	8400,00	2112,60	6300,00	6300,00
Suma (kWh)	24384,80	17232,00	18288,60	12924,00	12924,00

4 priedas. IE3 klasės variklių duomenų skaičiavimo lentelė

IE3	Irenginiai				
	R-60	R-60	R-40	R-40	P-40
Variklio galia kW	4	4	3	3	3
IE3 variklių sąnaudos sąnaudos prie 74,5% pajėgumo (kWh)	20381,76	8346,24	-	-	-
IE3 variklių sąnaudos sąnaudos 31% pajėgumo (kWh)	2704,128	8064	-	-	-
IE3 variklių sąnaudos sąnaudos 71% pajėgumo (kWh)	-	-	14720,16	6027,84	6027,84
IE3 variklių sąnaudos sąnaudos 30,7% pajėgumo (kWh)	-	-	2021,76	6029,10	6029,10
Suma (kWh)	23085,89	16410,24	16741,92	12056,94	12056,94
EFEKTYVIŲ MWh SUMA	80,35				