



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Laura Pranckevičiūtė

**UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo didinimas, taikant
išteklių efektyvumo ir švaresnės gamybos metodus**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovė

Doc. dr. Irina Kliopova

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

**UAB „PAKRUOJO ŠILUMA“ APLINKOSAUGOS VEIKSMINGUMO
DIDINIMAS, TAIKANT IŠTEKLIŲ EFEKTYVUMO IR ŠVARESNEŠ
GAMYBOS METODUS**

Baigiamasis magistro projektas
Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba
(kodas 621H17002)

Vadovė
Doc. dr. Irina Kliopova

Recenzentas
Doc. dr. Visvaldas Varžinskas

Projektą atliko
Laura Pranckevičiūtė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Laura Pranckevičiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo didinimas, taikant išteklių efektyvumo ir švaresnės gamybos metodus“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Lauros Pranckevičiūtės**, baigiamasis projektas tema „UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo didinimas, taikant išteklių efektyvumo ir švaresnės gamybos metodus“ 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)

TURINYS

Lentelių sąrašas.....	5
Paveikslų sąrašas.....	6
Santrumpų sąrašas.....	7
Santrauka.....	8
Summary.....	9
Įvadas.....	10
1. Naujausių mokslinių tyrimų bei reglamentuojančių teisės aktų apžvalga aplinkosaugos veiksmingumo didinimas pramonėje.....	11
1.1. Darnios pramonės plėtros priemonės.....	11
1.2. Švaresnės gamybos prevencinių metodų taikymas.....	13
1.3. Aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimo indikatoriai.....	17
1.4. Pirminės energijos efektyvumo didinimas energetikos pramonėje.....	18
1.4.1. Kogeneracinių elektrinių pritaikymas.....	22
1.5. Aplinkosaugos teisės aktai, kurie taikomi energijos gamybos procesams.....	23
2. Tyrimo metodika.....	26
3. Išteklių efektyvumo ir švaresnės gamybos (IEŠG) metodų taikymas UAB „Pakruojo šiluma“.....	32
3.1. Pradinis aplinkos apsaugos įvertinimas.....	35
3.2. Pagrindinių aplinkos apsaugos problemų nustatymas.....	40
3.3. Prevenciniai pasiūlymai katilinių aplinkosaugos veiksmingumo didinimui ir jų įvykdomumo analizė.....	48
3.3.1. Dvaro katilinės modernizavimo įvykdomumo analizė.....	48
3.3.2. Buitinio, Knygyno ir Pakruojo RK katilinių CŠT trasų apjungimo įvykdomumo analizės rezultatai.....	50
3.3.3. Pakruojo kaimo CŠT trasos modernizavimo darbų įvykdomumo analizė.....	51
3.3.4. Biokuro granulių pakeitimo į grūdų nuovalas įvykdomumo analizė.....	52
3.3.5. Sausesnio biokuro naudojimo Pakruojo RK įvykdomumo analizė.....	54
4. UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo įvertinimas, įdiegus darbe siūlomas IEŠG projektus.....	56
Išvados.....	59
Literatūros sąrašas.....	61
Priedai.....	66

LENTELIŲ SĄRAŠAS

<i>1 lentelė. 1994 – 2009 m. Lietuvos ūkio sektoriuose įdiegtų prevencinių inovacijų aplinkosauginė nauda</i>	<i>14</i>
<i>2 lentelė. Šilumos gamybos kitimas 2011 – 2013 metais Lietuvoje</i>	<i>22</i>
<i>3 lentelė. Parametrai įtakojančios teršalų emisijas UAB „Pakruojo šiluma“</i>	<i>30</i>
<i>4 lentelė. UAB „Pakruojo šiluma“ turimos katilinės ir jų charakteristikos</i>	<i>33</i>
<i>5 lentelė. UAB „Pakruojo šilumos“ katilinėse sunaudotas kuras, pagaminta šilumos energija ir poveikis aplinkos orui 2015 m.</i>	<i>36</i>
<i>6 lentelė. Santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) UAB „Pakruojo šiluma“, 2015 m.</i>	<i>40</i>
<i>7 lentelė. IEŠG pasiūlymai UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo didinimui</i>	<i>48</i>
<i>8 lentelė. Pasiūlymo aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas Dvaro katilinėje</i>	<i>49</i>
<i>9 lentelė. Buitinio ir Knygyno vartotojų prijungiamų prie pagrindinės Pakruojo RK pasiūlymo aplinkosauginio ir ekonominio įvertinimo rezultatai</i>	<i>51</i>
<i>10 lentelė. Pakruojo kaimo CŠT trasos modernizavimo aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas</i>	<i>52</i>
<i>11 lentelė. Biokuro granulių pakeitimo Pakruojo RK inovacijos aplinkosauginio ir ekonominio įvertinimo rezultatai</i>	<i>53</i>
<i>12 lentelė. Kuro parametrų aplinkosauginio ir ekonominio efektyvumo įvertinimas norint pagaminti tą patį šilumos kiekį 15463 MWh/m.</i>	<i>55</i>
<i>13 lentelė. Aplinkosauginis įvertinimas UAB „Pakruojo šiluma“ įdiegus siūlomus ŠG prevencinius projektus</i>	<i>58</i>

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<i>1 paveikslas.</i> Darnios plėtros koncepcija (šaltinis: Staniškio J. ir Kriaučionienės M. knyga „Darni plėtra“, 2008 m.)	12
<i>2 paveikslas.</i> Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekis Lietuvos ūkio sektoriuose (šaltinis: Staniškis et al. 2010).....	13
<i>3 paveikslas.</i> Kondensacinio ekonomizaizerio efektyvumas esant įvairioms sąlygoms (šaltinis: Lietuvos Šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) žurnalas „Šiluminė technika“ 2010 m.)	17
<i>4 paveikslas.</i> ES valstybių energijos vartojimas iš atsinaujinančios energijos (šaltiniai: Europos Komisija, „EurObserv‘ER“)	19
<i>5 paveikslas.</i> ES šalių pirminės energijos vartojimo, bendrojo elektros energijos suvartojimo ir šilumos energijos suvartojimas (Mtne) naudojant biomasę 2014 metais (šaltinis: EurObserv‘ER 2015).....	20
<i>6 paveikslas.</i> Prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose pagrindiniai etapai (šaltinis: Staniškis et al. 2010).....	26
<i>7 paveikslas.</i> Gyventojų nuomonė apie Pakruojo RK įtaką jų gyvenimui	28
<i>8 paveikslas.</i> Pakruojo mieste esantys šilumos energijos vartotojai	35
<i>9 paveikslas.</i> Šiluminės energijos gamybos KDĮ srautų diagrama įmonėje.....	37
<i>10 paveikslas.</i> UAB „Pakruojo šiluma“ bendras įmonės medžiagų ir energijos balansas 2015 m.	39
<i>11 paveikslas.</i> Dvaro katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.	41
<i>12 paveikslas.</i> Buitinio katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.	42
<i>13 paveikslas.</i> Knygyno katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.....	43
<i>14 paveikslas.</i> Joniškėlio 2 katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.	44
<i>15 paveikslas.</i> Joniškėlio 8 katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.	45
<i>16 paveikslas.</i> Petrašiūnų katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.....	45
<i>17 paveikslas.</i> Klovainių katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.	46
<i>18 paveikslas.</i> Pakruojo RK medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.....	47
<i>19 paveikslas.</i> Grūdų supirkimo punktai šalia Pakruojo (šaltinis: www.agrobirza.lt)	53
<i>20 paveikslas.</i> UAB „Pakruojo šiluma“ bendras įmonės medžiagų ir energijos balansas, įdiegus IEŠG projektus.....	57

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

AAV – aplinkos apsaugos veiksmingumas

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai

AVS – aplinkos vadybos sistema

CO – anglies monoksidas

CO₂ – anglies dioksidas

CŠT – centralizuotas šilumos tiekimas

DKDĮ – dideli kurą deginantys įrenginiai

EMAS – aplinkosaugos vadybos ir audito sistema

ES – Europos Sąjunga

IEŠG – išteklių efektyvumas ir švaresnė gamyba

ITŠG – išteklių tausojimas ir švaresnė gamyba (Angl. – Recourse Efficient and Cleaner Production RECP)

KD – kietosios dalelės

KDĮ – kurą deginantis įrenginys

LAND – Lietuvos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas

NO_x – azoto oksidai

PAV – poveikio aplinkai vertinimas

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

ŠG – švaresnė gamyba

TIPK – taršos integruota prevencija ir kontrolė

VŠK – vandens šildymo katilas

Pranckevičiūtė Laura „UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo didinimas, taikant išteklių efektyvumo ir švaresnės gamybos metodus“ *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, bendroji inžinerija

Reikšminiai žodžiai: šilumos energijos gamyba, aplinkosauginis veiksmingumas, išteklių efektyvumas, švaresnė gamyba, poveikio aplinkai mažinimas

Kaunas, 2016. 71 p.

SANTRAUKA

Atsinaujinančių, vietinių energijos išteklių naudojimas centralizuotos šilumos gamybos ir tiekimo įmonėse leidžia sumažinti šilumos gamybos poveikį aplinkai, žmonių sveikatai, Lietuvos priklausomybę nuo iškastinių kurą eksportuojančių šalių ir didinti darbo vietų skaičių. Pagrindinis šilumos energijos gamybai Lietuvoje naudojamas atsinaujinantis energijos išteklius (AEI) – medienos biokuras. Deja, didžioji dalis katilinėse deginamo medienos biokuro sudaro skiedros ir pjuvenos. Šis biokuras, palyginti su biokuro granulėmis, pasižymi didesniu drėgnumu, peleningumu, žymiai mažesne šilumingumo verte, jo naudojimas reikalauja didesnės infrastruktūros (specialiai įrengtų sandėlių), papildomų investicijų į šilumos gamybos optimizavimą, didinant katilo efektyvumą (Staniškis et al, 2010, LŠTA, 2010). Kai kuriose ES šalyse, pavyzdžiui, Vokietijoje, Austrijoje, Suomijoje, kt., tokio kuro naudojimas vertinamas kaip neefektyvus gamtinių išteklių (medienos) naudojimas. Todėl, norint didinti aplinkosaugos veiksmingumą centralizuotos šilumos gamybos ir tiekimo įmonėse, svarbu taikyti darnios gamybos metodus, kuriuose analizuojami ir aplinkosauginiai, ir ekonominiai, ir socialiniai aspektai. Darbe analizuojant UAB „Pakruojo šiluma“ priklausančią 8 katilinių aplinkosauginio veiksmingumo didinimo galimybes, taikomi tokie darnios pramonės plėtros įrankiai, kaip Išteklių Efektyvumas ir Švaresnė Gamyba (IEŠG; Angl. - Recourse Efficient and Cleaner Production RECP) ir pramoninė simbiozė.

Naudojant prevencinių inovacijų kūrimo ir diegimo energetikos objektuose metodiką (Staniškis et al, 2010), UAB „Pakruojo šiluma“ katilinėse identifikuotos pagrindinės aplinkosauginės problemos, nustatytos jų priežastys, susietos su neatsinaujinančiu kuro naudojimu, neefektyvia šilumos energijos gamyba, nuostoliais šilumos tiekimo metu. Visa tai didina įmonės veiklos poveikį aplinkos oro kokybei, klimato kaitai bei žmonių sveikatai. Darbe pasiūlytos 5 prevencinės alternatyvos ir atlikta jų įvykdomumo analizė (techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas). Visi pasiūlymai techniškai įgyvendinami ir turi ekonominę naudą - sumažėja tiesioginiai procesų kaštai. Keturių projektų investicijų atsipirkimo trukmė neviršija 3 m.

Visų pasiūlymų įdiegimas leistų bendrovei 100 proc. šilumos energijos gaminti iš vietinių AEI (deginant medienos biokurą ir grūdų pramonės biologiškai skaidžias atliekas - grūdų nuovalas). Naudojant sausesnį biokurą, padidėtų energijos gamybos efektyvumas, sumažėtų kvapų atsiradimo rizika. Padidinus energijos gamybos efektyvumą, sumažėtų kuro sąnaudos produkcijos vienetui bei poveikis aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai.

PADĖKA

Dėkoju UAB „Pakruojo šiluma“ direktoriui p. Jonui Bumeliui ir vyr. inžinieriui Sauliui Kalneliui už suteiktą galimybę analizuoti įmonės katilinių veiklos rodiklius, konsultuotis techniniais ir investiciniais klausimais.

Pranckevičiūtė Laura *“Increasing of “Pakruojo šiluma” Ltd. environmental efficiency by applying Resource efficiency and Cleaner production (RECP) methods”* Master’s thesis in Environmental Management and Cleaner Production / supervisor assoc. prof. Irina Kliopova Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technology sciences, General Engineering

Key words: heat energy production, environmental performance, resources efficiency, clean production, environmental impact reduction

Kaunas, 2016. 71 p.

SUMMARY

Renewable and local energy sources in district heat production and supply companies can reduce effects of heat production to the environment, human health, reduce Lithuania's dependence on fossil fuel exporting countries and to increase the number of jobs. The main renewable energy source for heat production in Lithuania is wood biofuel. Unfortunately, most of the boilers is burning wood chips and filings. This biofuel, have a higher moisture, ash content, significantly lower calorific value, compared with biofuel pellets. That’s requires greater infrastructure (specially equipped warehouses), additional investment in heat production optimization for better efficiency of the boiler (Staniškis et al, 2010, LDHA, 2010). Such fuel burning considered as inefficient natural resources (wood) usage in some EU countries, such as Germany, Austria, Finland. Therefore, it’s important to apply sustainable production methods, which analyzes the environmental and economic, and social aspects in order to increase the environmental efficiency on district heat production and supply companies.

The work of selected object – Ltd "Pakruojo šiluma" company, which owns 8 boiler’s network. The main activity - heat energy production and distribution Pakruojis district residents. The aim of this project is to increase heat production and supply company environmental efficiency by applying Resource efficiency and Cleaner production (RECP) methods.

Using preventive innovation and deployment of energy facilities methodology (Staniškis et al, 2010), identified the main environmental problems and the reasons associated with the use of non-renewable fuels, inefficient heat generation in Ltd "Pakruojo šiluma" company. All this increases the company's impact on ambient air quality, climate change and human health. The paper proposed 5 preventive options and made their feasibility studies (technical, environmental and economic assessment). All offers are technically feasible and has economic benefits. Four projects in the investment payback period does not exceed 3 years.

ĮVADAS

Temos aktualumas:

Griežtėjantys aplinkosauginiai reikalavimai, didėjančios baudos ir mokesčiai už aplinkos taršą, neefektyviai naudojama energija bei dideli prarandamų medžiagų kiekiai priverčia įmonės vadovus pradėti ieškoti sprendimų, veiklos optimizavimo klausimais. Vykdomos veiklos optimizavimo įvertinimas yra tinkamas žingsnis padėsiantis išsiaiškinti kiekvieną procesą ir energijos, žaliavų sąnaudas jose. Integruotas požiūris padeda įvertinti visus gamybos procesus, o siūlomi švaresnės gamybos projektai padės pasiekti aplinkosauginį ir ekonominį veiksmingumą.

Energetikos sektoriuje juntama priklausomybė nuo iškastinio kuro, todėl siūloma jį pakeisti atsinaujinančiais energijos ištekliais. Pavyzdžiui katilinėse naudodami skirtingą kurą galime gauti ir skirtingus išmetimus į aplinkos orą. Biokurui galime priskirti medienos atliekas, durpes, šiaudus, grūdinių kultūrų atliekas. Atlikti moksliniai tyrimai parodė, jog biomasė yra pripažįstama kaip pagrindinis atsinaujinančios ir tvarios energijos šaltinis, kuris pasaulyje pakeis iškastinio kuro išteklius (Hosseini, Wahid 2016).

Darbu parinktas objektas – UAB „Pakruojo šiluma“ įmonė, kuriai priklauso 8 katilinių tinklas. Pagrindinė vykdoma veikla – šilumos energijos gamyba ir tiekimas Pakruojo rajono gyventojams.

Darbo tikslas – padidinti šilumos gamybos ir tiekimo įmonėje aplinkosaugos veiksmingą, taikant išteklių efektyvumo ir Švaresnės gamybos (IEŠG) metodus.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti mokslinių tyrimų ir teisės aktų apžvalgą aplinkosaugos veiksmingumo didinimo pramonės srityje, ypatingą dėmesį skiriant energetikos objektams.
2. Šilumos energijos gamybos ir tiekimo įmonei pasiūlyti aplinkosaugos veiksmingumo didinimo metodiką, pagrįstą ŠG koncepcijos diegimo pagrindiniais principais.
3. Atlikti UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos auditą ir nustatyti pagrindines išteklių neefektyvaus naudojimo problemas, identifikuoti jų priežastis.
4. Pasiūlyti UAB „Pakruojo šiluma“ išteklių efektyvumo didinimo metodus ir atlikti jų įvykdymo analizę.
5. Įvertinti IEŠG inovacijų aplinkosaugos veiksmingumą.

1. NAUJAUSIŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ BEI REGLAMENTUOJANČIŲ TEISĖS AKTŲ APŽVALGA APLINKOSAUGOS VEIKSMINGUMO DIDINIMAS PRAMONĖJE

Šioje darbo dalyje bus rašoma apie metodus, kurie padeda išspręsti kylančias aplinkos apsaugos problemas pramonės įmonėse. Daromas žmonių neigiamas poveikis aplinkai skatina imtis atitinkamų priemonių ir veiksmų. Turime kurti gaminius taip, jog medžiagų ir energijos sąnaudos būtų minimalios viso gaminio būvio cikle. Įdiegtos naujos technologijos ar kiti būdai leistų padidinti aplinkos apsaugos veiksmingumą. Apie tai plačiau yra rašoma poskyriuose.

1.1. Darnios pramonės plėtros priemonės

Darnios pramonės plėtros tikslas – tai tenkinti visuomenės poreikius išsaugant gyvąją gamtą ateities kartoms. Keičiantis gyventojų skaičiui išsivysčiusiose ir besivystančiose šalyse atsiranda sritys, kuriose galimos įvairios problemos. Pavyzdžiui keičiantis maisto gamybai keičiasi ūkininkavimo metodai, kurie pasitelkia chemines trąšas, pesticidus, o jų pasekmės turi neigiamų aspektų aplinkos veiksmingumui. Taip pat plečiantis miestams atsiranda poreikis plėtoti infrastruktūrą paveikiant natūralią aplinką. Išauga ir energijos vartojimas, kuris padidina klimato pokyčius dėl emisijų išmetimų į aplinką dėl intensyvesnės gamybos. Didesnis ekonominis augimas skatina pramonės sektorių plėtotis bei padidina oro ir dirvožemio taršą, o tai gali pakeisti natūralias ekosistemas. Atsižvelgiant į tai turėtų būti pasirinkta tvaraus vystymosi metodika, kurioje dalyvautų mokslas, politika ir visuomenė kartu (Tran 2016).

Darniosios pramonės plėtros koncepcija apima tris plėtras – ekonominę, socialinę ir fizinę, kuris grafiškai pavaizduotas 1 paveiksle. Savaimė suprantama, jog darniosios plėtros akirytyje dominuoja pramonės santykis su aplinka. Norėdami sureguliuoti šį poveikį yra numatyti atitinkami standartai nacionaliniu ir pasauliniu mastu (pvz. taikomas aplinkos apsaugos mokestis). Šiems darniosios plėtros aspektams pasiekti geriausiai tinkamos švaresnės gamybos ir aplinkos vadybos sistemos, o darnus vystymasis skatina pakeisti mąstymą visuomenės lygmenyje, politinių priemonių atsiradimą ar geriausių prieinamų gamybos būdų pripažinimą.



1 paveikslas. Darnios plėtros koncepcija (šaltinis: Staniškio J. ir Kriauciūnienės M. knyga „Darni plėtra“, 2008 m.)

Europos Sąjunga ėmėsi priemonių kovoti su klimato kaita ir aplinkos apsaugos veiksmingumo didinimu įtvirtindama darnųjį vystymąsi ES tvaraus vystymosi strategijoje. Norint prisitaikyti prie klimato kaitos reikia sumažinti didelį energijos suvartojimą ir atkurti padarytą žalą biologinei įvairovei. Naudoti technologijas, kurios būtų saugios ir tvarios aplinkos atžvilgiu. Tinkamai sukurta indikatorių sistema leidžia susikurti realų vaizdą apie visas sistemas, o darnaus vystymosi rodikliai jau buvo sukurti nuo 1987 m. (Iddrisu, Bhattacharyya 2015). Eurostatas pateikia statistikos duomenis darnaus vystymosi rodiklių (suskirstytų pagal temas), kurie parodo apie ES šalių daromą pažangą siekiant nustatytų tikslų ir uždavinių. 2015 m. stebėsenos ataskaitoje pastebimas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažėjimas, kurį nulėmė energijos gamybos perėjimas prie atsinaujinančių šaltinių (EUROPEAN COMMISSION 2013).

Pramonės sektorius turi palankias galimybes pereiti nuo neriboto išteklių naudojimo prie šiuolaikinių veiklos metodų, kurie gerintų gaminių kokybę, mažintų energijos sąnaudas. Pavyzdžiui siekiant sumažinti naudojamų medžiagų intensyvumą pasitelkti taršos prevenciją. Šis metodas užkerta kelią taršai atsirasti pačiame gamybos procese. Taip pat atlikti medžiagų srautų analizę ar aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimą pasitelkiant indikatorius įvairiems ūkio sektoriams, kurie naudoja neefektyviai gamtos išteklius ir energiją. Įvertinimas produkto ar gaminio šiame etape nulemia 80 % susijusio poveikio su aplinka (European Commission, Directorate-General for the Environment 2009). Aplinkosaugos aspektų nustatymas viso būvio cikle parodo į kuriuos parametrus reikia atsižvelgti (žaliavų, vandens, teršalų, atliekų ir kt.) norint pasiekti aplinkos apsaugos veiksmingumą vadovaujantis darnios plėtros principu.

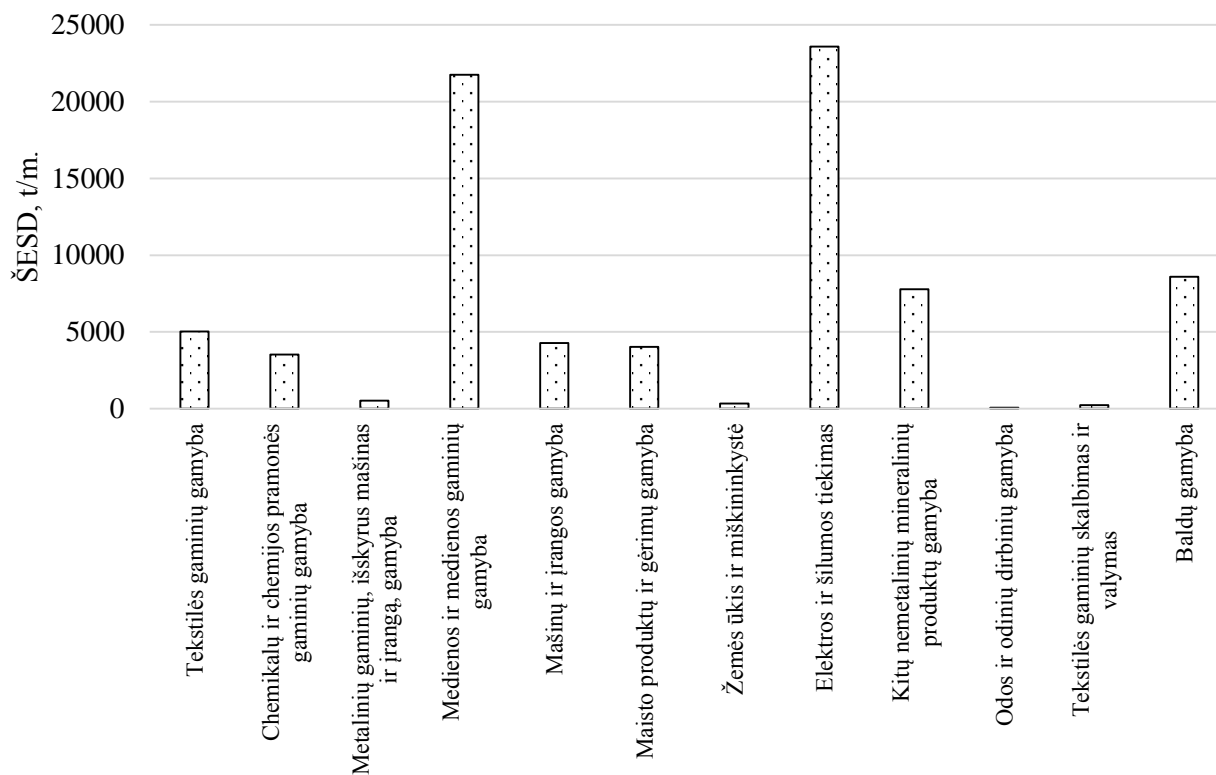
Aplinkos apsaugos požiūriu pramonės įmonės turi taikyti inovacijas, kurios leistų padidinti pelną ir konkurenciją, o vartotojams rinktis gaminius darančius mažesnę poveikį aplinkai. Šiam aplinkos apsaugos veiksmingumo skatinimui Europos Sąjungos aplinkos apsaugos vadybos ir audito sistema (EMAS) siūlo verslo sektoriui diegti aplinkos apsaugos ir audito sistemas. Ši valdymo priemonė įmonėms suteikia galimybę įvertinti ir tobulinti aplinkosauginį veiksmingumą. Kiekvienas padalinys ir kiekvienas asmuo turi įsitraukti į sistemos veiklą ir būti atsakingais. Toks sisteminis reguliavimas padeda efektyviai pasiekti įmonėje aplinkos apsaugos politikos tikslus bei uždavinius ir vykdyti nuolatinį aplinkosaugos gerinimą. O įmonėms, kurios neturi šios aplinkos vadybos sistemos (AVS), pravartu vadovautis kūrimo schema, kitaip dar vadinamu Demingo ciklo modeliu, kurio keturios fazės (Staniškis et al. 2010): planavimas, veikimas, tikrinimas ir gerinimas, padeda įmonei tobulintis ar įdiegti naują aplinkos vadybos standartą.

1.2. Švaresnės gamybos prevencinių metodų taikymas

Švaresnė gamyba (ŠG) – yra vienas iš būdų kaip sistemiskai sutvarkyti pramonės sistemą, kad tarp jos veiklos ir aplinkos apsaugos būtų ryšys. Šiuo metodu taikoma strategija, jog tarša turi būti mažinama jos susidarymo vietoje. Taip į taršą ir atlieką žvelgiama iš kitos pusės – tai du svarbūs ir susieti dalykai dalyvaujantys gamybos procese.

ŠG koncepcija taikoma įvairiems ūkio sektoriams, kuriuose naudojami gamtos ištekuliai ir susidaro tarša. Šis gamybos metodas leidžia sumažinti poveikį aplinkai ir pagerinti aplinkos apsaugos veiksmingumą. Tokiu būdu padidinamas įmonės ekonominis efektyvumas ir galima būti konkurencingais rinkoje.

ŠG projektų diegimo pagrindiniai etapai: planavimas ir organizavimas, įvertinimas, įvykdomumo analizė, diegimas ir testinimas. Kiekvienas etapas svarbus, kadangi įmonės lygmeniu leidžia įvertinti visus gamybos procesus. Atitinkamai sudaryti medžiagų ir energijos balansai parodo kur ir kiek daugiausiai patiriama nuostolių, susidaro tarša ar prarandama energija. Švaresnės gamybos diegimo metu taikomi prevenciniai metodai: geras ūkininkavimas, procesų optimizavimas, technologijų pakeitimas, pakartotinis atliekų panaudojimas ar perdirbimas. Prevencinių metodų idėja – taršos ir atliekų mažinimas jų sukūrimo šaltinyje (Staniškis et al. 2002). Šių prevencinių metodų įdiegimas leidžia ne tik sumažinti pramonės taršą, t.y. neigiamą įtaką aplinkai, bet ir tiesioginius procesų kaštus, taip padidinant įmonės pelningumo rodiklius (Staniškis et al. 2002).



2 paveikslas. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (GESD) kiekis Lietuvos ūkio sektoriuose (šaltinis: Staniškis et al. 2010)

ŠG metodai gali būti taikomi įvairiuose ūkio sektoriuose. 1994-2009 m. KTU APINI organizuojamuose ŠG diegimo mokymuose dalyvavo 85 įmonių iš 20 ūkio sektorių. ŠG koncepcijos diegimo metu įgyvendinti 177 prevenciniai projektai. Šių projektų įdiegimo apibendrinti rezultatai aplinkosaugos srityje pateikti 1 lentelėje. Daugiausiai buvo diegiami esamų procesų optimizavimo metodai: iki 42 proc. visų investicijų buvo nukreipta būtent į šį prevencinį metodą, iki 50 proc. sutaupomų lėšų sudarė ekonomija optimizuojant procesus. Diegiant ŠG metodus, mažinamos medžiagų ir energijos sąnaudos produkcijos vienetui, t.y. mažinamas naudojamų išteklių intensyvumas. Dėl to mažėja poveikis aplinkos orui, vandenims, mažėja atliekų susidarymas. Be tiesioginės naudos šie projektai turėjo ir netiesioginę naudą dėl elektros sąnaudų sumažinimo – sumažėja šiltnamio efektą sukeliančių dujų (GESD) kiekis (žr. 2 paveikslas) (Staniškis et al. 2010).

1 lentelė. 1994 – 2009 m. Lietuvos ūkio sektoriuose įdiegtų prevencinių inovacijų aplinkosauginė nauda

	Aplinkos apsaugos sritys:	Aplinkosauginė nauda	Vnt./m.
1	Sumažėja sąnaudos/ nuostoliai		
1.1	elektros energijos	29 940	MWh
1.2	šiluminės energijos	237 205	MWh
1.3	cheminių, kitų papildomų medžiagų	2 289	t
1.4	vandens	811	tūkst. m ³
1.5	tepalų	90	t
1.6	degalų	448	t
1.7	kuro sąnaudos, iš jų taupant šiluminę energiją arba mažinant šilumos nuostolius ją gaminant ir tiekiant vartotojams	22 071,61	tne
2	Sumažėja poveikis aplinkai:		
2.1	išlakų iš stacionariųjų taršos šaltinių	3 093,95	t
2.2	šiltnamio efektą sukeliančių dujų (CO ₂) kiekis	79 759,53	t
2.3	išlakų iš mobiliųjų taršos šaltinių	183,98	t
2.4	nuotekų kiekis	774,00	tūkst. m ³
2.5	nuotekų tarša	521,21	t
2.6	pavojingų atliekų kiekis	621,50	t
2.7	nepavojingų atliekų kiekis	116 108	t
3	Netiesioginis poveikis aplinkai taupant elektros ir šiluminę energiją (negaminama pačiuose įrenginiuose):		
	Sumažėja šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis (CO ₂): vertinant pagal gamtinių dujų išlakų faktorių (vertinant pagal mazuto išlakų faktorių)	7107,46 (22 616,36)	t

Informacinis šaltinis: (Staniškis et al. 2010)

ŠESD išmetimai ar gamtinių išteklių suvartojimai yra svarbūs indikatoriai politikos sprendimų priėmimo nuo pradžios iki pabaigos (Yong et al. 2016). Kiekviena ES šalis turi nacionalinę aplinkos apsaugos strategiją, kurioje numatyti veiksniai, susieti su aplinkosauginiu gerinimu. Lietuva Nacionalinėje Klimato Kaitos Valdymo Politikos Strategijoje numachičius tikslus ir uždavinius klimato kaitos švelninimo (išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo) ir prisitaikymo prie pasekmių energetikos, pramonės, transporto, žemės ūkio sektoriuose. Norint pasiekti nustatytus šalies tikslus, ŠG yra vienas iš būdų padidinti aplinkosauginį veiksmingumą.

ŠG prevencinių metodų taikymas energetikos objektams Lietuvoje pradėtas 2004 metais, diegiant taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) direktyvos reikalavimus. TIPK idėja – tą taršą, kurios neįmanoma išvengti prevenciniais metodais, turi būti valdoma. Didžioji dalis Lietuvos energetikos objektų, kurie centralizuotai tiekia energiją, yra TIPK direktyvos įrenginiai, kuriuose turi būti diegiamos darnios inovacijos, nukreiptos į energijos gamybos efektyvumo didinimą, siekiant mažinti pirminės energijos (kuro) sąnaudas ir poveikį aplinkai (Staniškis et al. 2010).

ŠG prevencinės aplinkos apsaugos strategijos padeda padidinti paslaugų ir produktų efektyvumą, mažinant išteklių intensyvumą ir poveikį aplinkai bei žmonėms. Būtent todėl ŠG strategija šiuo metu vadinama – Išteklių tausojimo ir Švaresnės gamybos (ITŠG) strategija. Ji leidžia kontroliuoti gamtos išteklių naudojimą ir sumažinti

atliekų susidarymą bei skatinti saugią ir atsakingą gamybą. Pagerintas bendras aplinkos apsaugos veiksmingumas ir išteklių naudojimo efektyvumas suteikia įmonei ekonominę naudą ir padidina gamybos našumą (Kliopova, Lieščinskienė 2011). ITŠG požiūris skatina domėtis ir siekti ekologinio efektyvumo, atliekų mažinimo ir taršos prevencijos pasauliniu mastu. Naujausios technologijos padeda gaminti su minimaliu poveikiu aplinkai, o augimas būtų ekologiškai švarus (United Nations Environment Programme Environment for Development.). Tokiu būdu yra apsaugoma aplinka, vartotojas ir darbuotojas, o pramonės sektorius pasiekia ekonominį pelningumą ir konkurencingumą.

Pereinant prie darnios pramonės plėtros ir vartojimo, besivystančioje ekonomikoje siekiama pagerinti įmonėse išteklių naudojimo efektyvumą ir aplinkosauginį veiksmingumą. Šiam rezultatui pasiekti turi būti išplėtotas veiksmingas tinklas, kuris teiktų aukštos kokybės paslaugas įvairiuose sektoriuose. Skatinti ITŠG projektų finansavimą ir suformuoti atitinkamą politiką, kuri stiprintų nacionalinius gebėjimus. Be to, taip būtų palengvinamas gebėjimas pereiti prie naujų technologijų pritaikant ilgalaikiams produktams veiksmingus pokyčius.

UNEP organizacija siekia paskatinti efektyvų išteklių naudojimą ir švaresnę gamybą įvairiose šalyse. Skirti didesnę dėmesį visuomenės švietimui apie ITŠG. Žmonių noras patenkinti savo poreikius turi įtakos ekonomikos augimui ir taip pat gamybos sektoriui. Atkreipdami į vartojamo gaminio būvio ciklą vartotojas suformuotų kitokį gamintojo požiūrį ir taip pakeistų gamybos procesus draugiškesniais aplinkai. Kada atsiranda poreikis – atsiranda ir produktas, o vartotojas „diktuojantis madą“ prisideda prie švaresnių gamybos metodų atsiradimų įmonėse. Produktai ir paslaugos sudaro ryšį tarp švaresnės gamybos ir tvaraus vartojimo (United Nations Environment Programme 2006). Tai turi būti visuotinai suprantama ir taikoma pasauliniu mastu. Prevencinis požiūris padeda pasiekti aplinkos apsaugos veiksmingumą ir kartu apsaugoti aplinką ir išvengti netvaraus gamtos išteklių naudojimo.

Prevenčines inovacijas energetikos objektuose galima išskirti į: energijos efektyvumo didinimą (gamybos ir vartojimo efektyvumo didinimas); likutinės energijos panaudojimas; energijos paskirstymo sistemos optimizavimas; atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas; energijos išgavimas iš gamybinių atliekų. Šių inovacijų idėja – energijos gamybos efektyvumo didinimo, mažinant poveikį aplinkos orui.

Didinant energijos gamybos efektyvumą galima pritaikyti technologijas ir jų priemones. Senus degiklius pakeisti šiuolaikiškais, turinčiais didesnę našumą ir skleidžiančius mažesnę poveikį aplinkai. Kogeneracijos pritaikymas didinant pirminio kuro efektyvumą, kondensacinių ekonomizerių naudojimas išmetamų dūmų likutinės šilumos energijos panaudojimas ar „judančių grindų“ įrengimas biokuro sandėliuose padidintų įmonės aplinkosauginį efektyvumą. Įvairūs pasiūlymai padėtų sumažinti darbuotojų poreikį bei kaštus skirtus jų išlaikymui. Katilinės valdomos nuotoliniu būdu tampa nepriklausomos ir autonominės.

Vienas iš plačiausiai diegiamų energijos efektyvumo didinimo metodų – likutinės energijos panaudojimas, šilumos regeneravimu iš kondensato (Staniškis et al. 2010).

Kondensacinis ekonomizeris padeda pasiekti deginamo kuro efektyvumą. Įdiegus kondensacinį ekonomizerį galima nesudeginant papildomo kuro kiekio gauti didesni katilo galios padidėjimą ir sumažinti kietųjų dalelių išsiskyrimą. Pavyzdžiui Palangos miesto katilinei kondensacinis ekonomizeris leido padidinti biokuro katilo galios padidėjimą 15 – 20 % ir sumažinti kietųjų dalelių išsiskyrimą iki 90 % (LIETUVOS

ŠILUMOS TIEKĖJŲ ASOCIACIJA 2010). Panašūs rezultatai gaunami ir kitose katilinėse, kurios įsidiegė kondensacinį ekonomazerį.

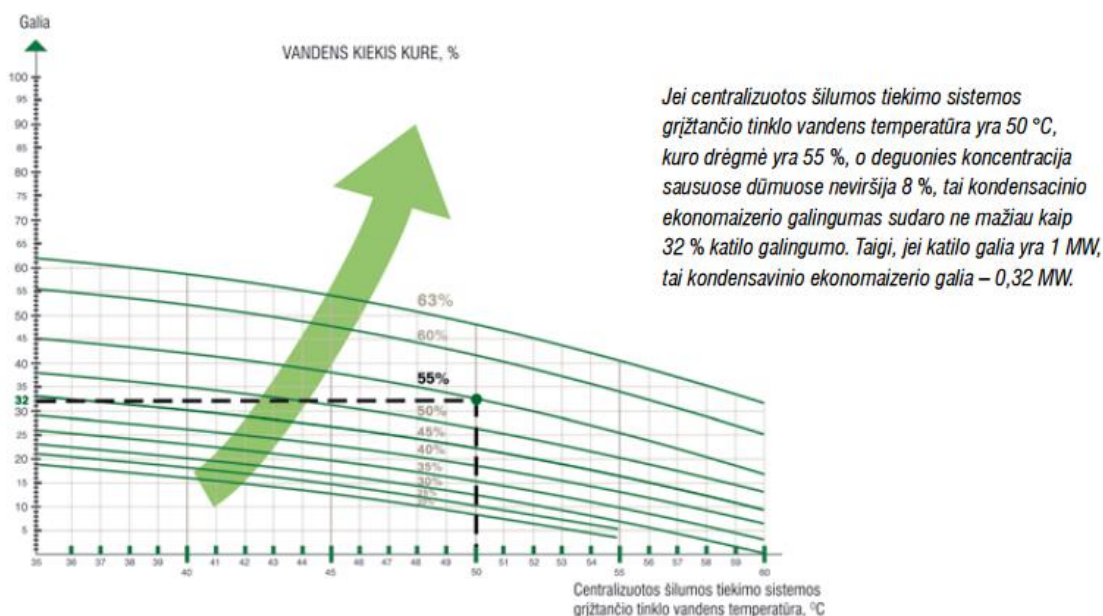
Kondensacinio ekonomazerio veikimas vyksta šilumos mainų principu. Katilo dūmai po valymo multiciklone dūmsiurbės pagalba nukreipiami į kondensacinį ekonomazerį. Dūmai jame teka vamzdeliais ir yra aušinami termofikaciniu vandeniu, kuris yra grįžtamasis iš termofikacinio vandens magistralės. Dūmų ataušinimo sąskaita pašilęs termofikacinis vanduo už kondensacinio ekonomazerio grąžinamas į tą pačią grįžtančio vandens magistralę, o dūmai po kondensacinio ekonomazerio patenka į atmosferą, kurie būna jau žemos temperatūros. Be to pastebėta, jog kuo didesnė grįžtamojo termofikacinio vandens temperatūra, tuo mažėja kondensacinio ekonomazerio efektyvumas.

Kondensaciniame ekonomazeryje dūmai yra ataušinami dūmuose esančių vandens garų kondensacijos sąskaita, o vanduo tampa užterštas kietosiomis dalelėmis. Norint iš kondensato pašalinti daleles pirmiausiai vyksta filtravimas ir nusodinimas. Iš nusodintuvo patenka į filtrą ir tik po to dalis vandens keliauja atgal į kondensacinį ekonomazerį, o kita dalis į lietaus nuotekų tinklą.

Katilinės su kondensaciniu ekonomazeriu yra neatsiejamos. Jų įdiegimas padeda pagerinti energijos efektyvumą ir taip sumažinti kietųjų dalelių išmetimus į aplinkos orą. Kuo katilinės šiluminė galia didėja, tuo termofikacinio vandens grįžtamoji temperatūra didėja ir į aplinką yra išmetami šiltesni dūmai su daugiau drėgmės. Todėl norint, kad šilumos energija nebūtų išmetama per kaminą galima pasitelkti kondensacinį ekonomazerį, kuris padeda susigražinti šilumą.

Pastebėta, jog optimalios degimo sąlygos padeda sumažinti kietųjų dalelių ir pelenų išmetimus. Pavyzdžiui kietosioms dalelėms sugaudyti yra naudojami dūmų valymo aparatai, kurių dėka praėję pirmąjį ir antrąjį dūmų valymą yra sugaudoamos kietųjų dalelių frakcijos prieš dūmams patenkant į kondensacinį ekonomazerį. Kietąsias daleles galima sugaudyti elektrostatiniais filtrais (nusodintuvais) iki 99 %, negu be jų (Poškas et al. 2015). Oro perteklius nulemia dūmuose esantį ne viso degimo produktą (CO) ir ar dūmai turės oro perteklių (tolinamas rasos taško susidarymas). Norėdami kontroliuoti oro pertekliaus koeficientą reikia sureguliuoti katilinės darbą, jog ši dirbtų efektyviai.

Dūmų temperatūra priklauso nuo naudojamo kuro parametrų, tokių kaip: drėgmė, peleningumas, kokio medžio yra pjuvenos ar skiedros. Deginant kurą, kuriame yra pakankamai daug drėgmės ir nenaudojamas ekonomazeris didelis šilumos energijos kiekis yra tiesiog išmetamas į aplinkos orą kartu su dūmais (žr. 3 paveikslas). Pavyzdžiui, kuro drėgmei esant 55 %, o grįžtamojo vandens temperatūrai 50 °C papildomai būtų galima gauti apie 32 % šilumos energijos.



3 paveikslas. Kondensacinio ekonomizaierio efektyvumas esant įvairioms sąlygoms (šaltinis: Lietuvos Šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) žurnalas „Šiluminė technika“ 2010 m.)

1.3. Aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimo indikatoriai

Aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimo indikatoriai skirti įvertinti darnios žmonijos plėtros pokyčius nacionaliniame ir pasauliniame lygmenyje (Staniškis, Kriaučionienė 2008). Šie indikatoriai gali padėti nustatyti kur veikla vykdoma teigiama linkme, o kur reikalingi dideli pokyčiai.

Aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) gali būti absoliutiniai (gauti, sudarant medžiagų ir energijos balansas) ir santykiniai (kokybinės išraiškos pagamintam produkcijos vienetui), kurie svarbūs vertinant tiriamą veiksmingumą prieš ir po. Gauti įvertinimai gali padėti nustatyti tos veiklos galimybes susijusias su aplinkos apsauga.

Planuojant aplinkos apsaugos inovacijas būtina įvertinti santykinius indikatorius, kurie parodytų pokyčius po įdiegtos inovacijos ir apibrėžtų aplinkosauginio veiksmingumo rodiklį. Gali padidėti gamybos apimtys, sumažėti išmetimai į aplinkos orą ar kiti įvediniai srautuose. Aplinkosauginio veiksmingumo indikatorius gali turėti teigiamą arba neigiamą vertę, priklausomai nuo pasiūlytos inovacijos. Tokiu būdu AAI nustatymas gali padėti nustatyti ūkinės veiklos aplinkosaugos problemas bei parinkti gamtos išteklių taupymo ar atliekų mažinimo priemones (Staniškis et al. 2010).

Lietuvos Statistikos departamentas prie aplinkos būklės rodiklių priskiria indikatorius, kurie parodo skirtingų sektorių išmetimus į atmosferą, jų koncentracijas ir kt., taip yra matoma esama situacija šalies lygmeniu (Nacionalinė darnaus vystymo strategija). Tokiu būdu galima vertinti ne tik šalies viduje, tačiau ir kitose šalyse, kurios įstojusios į Europos Sąjungą. Darnaus vystymosi rodikliai padeda nustatyti tolimesnius tikslus ir uždavinius įvairiuose sektoriuose priklausomai nuo fizinių, ekonominių ir socialinių aspektų, kurie turi įtakos aplinkos apsaugos veiksmingumui.

1.4. Pirminės energijos efektyvumo didinimas energetikos pramonėje

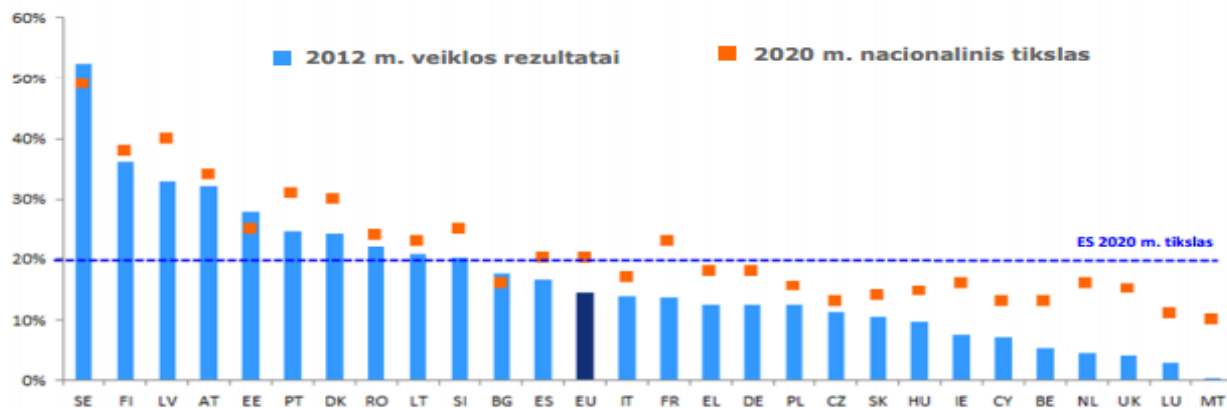
Pirminė energija – energija, sukaupta gamtos ištekliuose: atsinaujinančių (saulės, vėjo, geoterminė, vandens ir kt.) išteklių energija bei neatsinaujinančių (nafta, durpės, branduolinė) išteklių energija. Pirminės energijos išteklių poreikį labiausiai nulemia įvairūs ūkio sektoriai, ypač energetikos objektuose.

ŠG prevencinių metodų diegimas leidžia sumažinti pirminės energijos naudojimo intensyvumą ir dėl to sumažėja poveikis aplinkos orui. Pavyzdžiui, 1994 – 2009 metais ŠG inovacijų diegimas elektros ir šilumos gamybos ir tiekimo ūkio sektoriuje leidžia taupyti iki 8 226,80 tne/m. pirminės energijos – įvairaus kuro, dėl to sumažėja išlakų į aplinkos orą – iki 770 t/m. bei ŠESD – CO₂ – iki 23 tūkst. t/m. (Staniškis et al. 2010).

Pasaulio gyventojai naudoja žemės išteklius, o kuo didesnė paklausa, tuo labiau jaučiamas išteklių atsargų mažėjimas. Europos Sąjungos ataskaitose raginama siekti išteklių naudojimo efektyvumo ir su mažesnėmis sąnaudomis pasiekti ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos politikos tikslus. Transporto, pramonės, energetikos, žemės ūkio ir kiti sektoriai susiduria su išteklių naudojimo problema ir patiria konkurencingumo sunkumus. Efektyvių išteklių naudojimo „Europa 2020“ tikslu numatytos strategijos, kurios leistų sukurti galimybes ekonomikos augimui ir užtikrintų efektyvų išteklių naudojimą (EUROPEAN COMMISSION 2010). Skatinama tobulinti esamas technologijas įdiegiant atsinaujinančius energijos šaltinius. Tokiu būdu būtų prisidedama prie klimato kaitos ir poveikio aplinkai mažinimo.

Kuo įmonės veikla pelningesnė, tuo labiau yra plėtojamas verslas ir padidėja išteklių naudojimo intensyvumas. Pasaulyje gamybos funkcionavimui svarbūs ištekliai yra importuojami ir eksportuojami iš skirtingų regionų. Pavyzdžiui Kinijos žemės išteklių gamybos eksportas sudaro maždaug 97 % (Baldi et al. 2014). Tačiau pastaraisiais metais vis labiau skatinama mažinti transportavimą, o gamybos metu gautas atliekas perdirbti (Europos komisija 2011). Tai jau tapo aktualu ne tik įmonės ar namų ūkio sektoriuose, tačiau ir pramonėje. Dėl šios idėjos gaminiai atkuriami antram gyvenimui, o nebenaudojamos detalės tampa reikalingomis ir perdirbamos. Tokiu būdu vienos įmonės atliekos gali tapti kitos įmonės medžiagomis. Pavyzdžiui, medžio pjuvenos medienos lentpjūvėje buvusios atliekomis parduodamos baldų sektoriui ar katilinei kaip žaliava. Tačiau kuriant naujas įmones planuojamų išmetimų kiekis turi būti pagrįstas ar numatytas iš anksto (Yan et al. 2016).

Pasitelkus įvairius gamybos įrenginius galima gauti elektros energiją, šilumos energiją, biokurą ar biodegalus. ES lygmeniu siekiama, jog atsinaujinančios energijos suvartojimas sudarytų iki 20 % galutinio energijos suvartojimo 2020 metais (EUROPOS KOMISIJA 2014). Kiekviena ES valstybė turi išsikėlusį nacionalinius tikslus dėl atsinaujinančios energijos suvartojimo (žr. 4 paveikslas). Palyginus ir įvertinus šalis, matyti, kad geriausius rezultatus pasiekusi Švedija, Austrija ir Estija. Lietuva 2012 m. jau pasiekusi ES 2020 m. iškeltą 20 % tikslą, tačiau nacionalinis tikslas dar nepasiektas. Kai tuo metu Estijos ir Latvijos šalių energijos vartojimas iš atsinaujinančių išteklių yra didesnis.

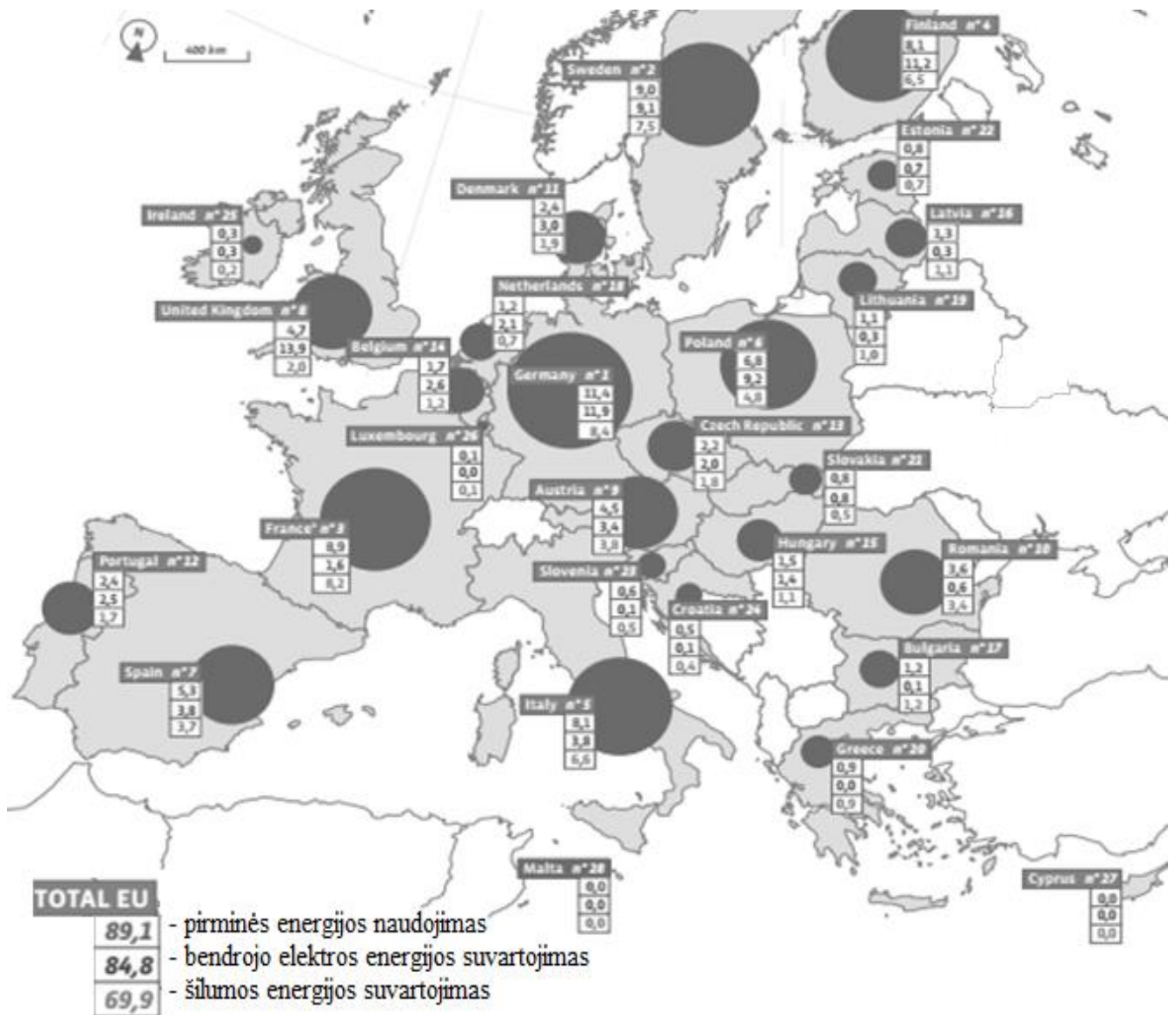


4 paveikslas. ES valstybių energijos vartojimas iš atsinaujinančios energijos
(šaltiniai: Europos Komisija, „EurObserv'ER“)

Atsinaujinantys gamtos ištekliai padidina energijos tiekimo saugumą ir pasižymi „švaria“ išgavimo technologija, kurią galima pritaikyti lokaliai. Remiantis Eurostato duomenimis ES-28 valstybėse atsinaujinančios energijos kiekis nuo 2003 iki 2013 metų padidėjo 84,4 % (vidutiniškai 6,3 % per metus) ir iš visų atsinaujinančios energijos rūšių dominuojanti buvo iš biomasės ir atliekų pagaminta energija (64,2 %). Lietuvoje tuo metu iš biomasės ir atliekų pagaminta energija sudarė 92,1 % (Eurostat, Renewable Energy Statistics). ES politikoje siekiama, jog atsinaujinantys gamtos ištekliai taptų veiksmingai integruoti į rinką. Ypač žinant, jog biomasės potencialas pasižymi didelio prieinamumu visoje planetoje ir siekia 2900 EJ/m. (Deac et al. 2016).

Europos energetinio saugumo strategijos ataskaitoje skelbiama, jog 2013 metais 39 % ES gamtinių dujų importuojama buvo iš Rusijos (27 % ES suvartojamų dujų) ir tai sudarė ketvirtadalį savo energijos poreikiui patenkinti. Siekiant sumažinti šią priklausomybę nuo kitų šalių yra skatinama naudoti atsinaujinančius išteklius energijai gaminti (Gaigalis, Skema 2015).

Šilumos ūkio sektorius Lietuvoje yra priklausomas nuo importuojamo kuro – gamtinių dujų (Gaigalis, Skema 2015). Šį kurą siūloma pakeisti atsinaujinančių išteklių energija. Labiausiai išskiriama ir akcentuojama biomasė, tai organinės kilmės žaliava, kuri gali būti medžių, augalų, žemės ūkio ir komunalinės atliekos. Europos sąjungoje nustatyta, jog 2012 metais biomasės atliekos sudarė apie du trečdalius visų atsinaujinančių energijos suvartojimo ES (EUROPEAN COMMISSION, Biomass). Biomasės naudojimas ES šalyse 2014 m. pateiktas 5 paveikslas. Siekiant paskatinti naudoti biomasę ir išvengti neigiamo poveikio aplinkai 2014 metais ES paskelbė ataskaitą apie kietosios ir dujinės biomasės tvarumą šilumos ir elektros energijos gamybai. Ataskaitoje pabrėžiamas dėmesys biomasės kokybės užtikrinimui ir norima, jog per savo gyvavimo ciklą biomasė turi išskirti bent 35 % mažiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų lyginant su iškastiniu kuru.



5 paveikslas. ES šalių pirminės energijos vartojimo, bendrojo elektros energijos suvartojimo ir šilumos energijos suvartojimas (Mtne) naudojant biomasę 2014 metais (šaltinis: EurObserv'ER 2015)

Svarbu paminėti, jog pastatų sektoriuje maždaug 40 % ES energijos ir trečdalis gamtinių dujų sunaudojama šildymo poreikiams, o pramonės sektoriui tenka ketvirtadalis ES sunaudojamų dujų (EUROPOS KOMISIJA 2014a). Lietuvos miestų katilinės įdiegusios naujus KDĮ gali šilumos energiją gauti naudojant atsinaujinantį kurą ir jį tiekti centralizuotai. Atsinaujinančių išteklių skatinimas būtinas ir dėl išsikelto nacionalinio įsipareigojimo 2020 m., jog AEI galutinės energijos suvartojime sudarys ne mažiau 23 %. Centralizuotame šilumos tinklo sektoriuje 2012 metais AEI dalis sudarė tik 27,2 %, o siekiama padidinti iki 60 – 75 %, kad būtų pasiektas įsipareigojimas (LIETUVOS ŠILUMOS TIEKĖJŲ ASOCIACIJA 2013). Išvystytas centralizuotas šilumos tiekimo tinklas turi palankias sąlygas biokuro sektoriaus vystymuisi.

Lietuvoje vystyti biokuro naudojimą šilumos gamybai yra keletas priežasčių. Pirmiausiai atsižvelgiant į Lietuvos teritorijos miškingumą, kuris pagal *Aplinkos ministerijos duomenis* užima 33,3 % (2014 m. duomenimis) lyginant su visa teritorija. Kirtimo metu susidariusios medienos atliekos (kelmai, pjuvenos, žievė, drožlės) gali virsti kuru. Lietuvos mokslininkai prognozuoja, jog 2020 – 2025 metais miškų kirtimai tik didės ir taip atsiras

šalutinio miško kirtimo produktų gausa. Dažniausiai atliekos, kurios susidarydavo po kirtimų buvo paliekamos pūti. 2013 metais miško kirtimo atliekos, kurios buvo surenkamos ir gaunamas biokuras, sudarė 15 – 20 % visų kirtimo metu gautų atliekų (Lietuvos energetikos konsultantų asociacija 2013).

Biokuras yra priskiriamas prie atsinaujinančios energijos išteklių ir pagal tarptautinį susitarimą CO₂, išsiskyręs degimo metu, nėra laikomas šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis (Srirangan et al. 2012). Todėl laikomas alternatyviu švarios ir atsinaujinančios energijos šaltiniu. Jo gausa leidžia gauti didelius energijos kiekius ir paskatintų socialinius ir ekonominius pokyčius daugelyje valstybių. Biokure galima rasti organinės anglies (C) kiekio, kadangi ji yra „kilusi“ iš augalų – medienos, pasėlių ar gyvulių atliekų. Organinė anglis taip pat padeda išsaugoti cheminę energiją iš saulės šviesos fotosintezės obligacijas iš anglies, vandenilio ir deguonies molekulių. Įvairios cheminės ir fizikinės savybės biokurui padeda sumažinti SO_x, NO_x emisijas lyginant su iškastiniu kuru, nes maži sieros ir azoto kiekiai biomasėje (Liu et al. 2010). Atlikti tyrimai parodė, jog medienos granuliu deginimo išmetimai yra santykinai nereikšmingi lyginant su iškastinio kuro (ypač akmens anglies) deginimu (Qiu 2013).

Tačiau oro tarša priskirta prie vieno iš fizinių aplinkos veiksnių, kuris būdingas biokurą deginantiesiems įrenginiams. Nuo turimo šaltinio atsiranda išmetimai į aplinkos orą, susidaro foninė tarša. Šis išorinis poveikis gyvenamosios aplinkos ore yra reglamentuojamas higienos norma HN 35:2007 „*Dėl didžiausių leidžiamų cheminių medžiagų koncentracijų gyvenamosios aplinkos ore*“. Energetikos objekte galimi kvapai dėl medienoje esamų terpenų ir terpenoidų (LOJ), kurie susidaro riebiųjų rūgščių oksidacijos metu (Mehrđad Arshadi, Paul Geladi, Rolf Gref and Pär Fjällström 2009). Lietuvos teisės aktuose nėra reglamentuojama terpenų koncentracijos ribinė vertė aplinkos ore, o tik numatoma jų koncentracija darbo aplinkoje pagal higienos normą HN 23:2011 ilgalaikio poveikio – 150 mg/m³, trumpalaikio – 300 mg/m³. Atlikti tyrimai parodė, jog terpenai ir aldehydų grupės junginiai išsiskiria iš šviežios žaliavos (medienos pjuvenų, drožlių, kt.). Po 2 savaičių jų koncentracija ženkliai mažėja, bet po 3 – 4 mėnesių laikymo vėl padidėja iki pirminio lygio. Esančios palankios sąlygos mikroorganizmų, pelėsių ir grybelių augimas pagreitina bioreakcijas. Tokiu būdu pradeda greičiau vykti cheminės reakcijos, kurių metu formuojasi įvairūs cheminiai junginiai ir juntamas kvapas (Mehrđad Arshadi, Paul Geladi, Rolf Gref and Pär Fjällström 2009). Atlikti moksliniai tyrimai parodė, jog sausesniame biokure buvo nustatyti mažesni terpenų kiekiai (Mehrđad Arshadi, Paul Geladi, Rolf Gref and Pär Fjällström 2009).

Be medienos atliekų yra ir kitų svarbių atsinaujinančios energijos išteklių – tai šiaudai skirti šilumai gauti. Kiekvienais metais Lietuvos žemės ūkio sektoriuje deklaruojami skirtingi javų plotai. Remiantis Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centro duomenimis nuo 2012 m. iki 2015 m. bendras deklaruotų laukų plotas padidėjo 3 %. Vadinasi didėjant ūkininkavimo plotams atsiranda didesnis kiekis šiaudų, kaip biokuro naudojimui. Lietuvos statistikos departamento duomenimis 2008-2012 m. vidutinis šiaudų kiekis yra apie 3,07 mln. tonų. Panaudojus šiaudus kaip biokurą būtų galima gauti šilumos energiją ir taip praplėsti atsinaujinančių išteklių naudojimo sritį. Taip pat pastebima, jog apie 50 % žemės ūkio atliekų kiekio 2014 m. buvo transformuota katilinėse (Energetikos agentūra). Atliktų mokslinių straipsnių apžvalga parodė, jog iš vieno hektaro žemės ūkio naudmenų galima paruošti sausos biomasės iki 300 kW galios energetiniam objektui eksploatuoti per metus (Ambrulevičius 2010). Svarbu paminėti, jog deginimo metu kuro apatinė šilumingumo vertė turi įtakos gautai šilumos energijai, o miško ir žemės ūkio atliekos yra tam puikiai pritaikytos: pjuvenos, grūdų ir rapsų nuovalos, grikių lukštai, rapsų ir javų šiaudai ir kt. Pavyzdžiui medienos kaloringumas vyrauja apie 16-17 MJ/kg, rapso

šiaudų apie 15-16 MJ/kg, javų apie 17-18 MJ/kg (Hrdlička et al. 2016). Rytų Kanadoje taip pat kaip ir Lietuvoje vyrauja šaltas klimatas ir šaltuoju metu laiku yra aktualus šildymas. Siekiant sumažinti iškastinio kuro naudojimą galima panaudoti ir vietinės produkcijos – žemės ūkio rinką. Kaimo vietovėse galima rasti atsinaujinančių išteklių, kurie sumažintų priklausomybę nuo iškastinio kuro ir sumažintų pasaulinį anglies pėdsaką (Lizotte et al. 2015).

1.4.1. Kogeneracinių elektrinių pritaikymas

Užsienio šalyse yra minima kogeneracinių elektrinių pritaikymas pirminės energijos efektyvumui didinti. Jų veikimo principas labai paprastas – deginamas kuras ir gaunama elektros ir šilumos energija. Kitas svarbus aspektas, kuris yra tik pliusas – tai kogeneracinės elektrinės veikimas nepriklausomai nuo gamtos. Nereikia vėjo kaip pavyzdžiui vėjo jėgainėms ar saulės intensyvumo fotovoltiniams elementams. Lietuvai išnaudoti šią sritį itin aktualu, kadangi kogeneracinėse elektrinėse gaunamą energiją galima tiekti į šilumos tinklus. Taip mažinamos kuro sąnaudos tam pačiam energijos kiekiui pagaminti ir taip pat nebelieka priklausomybės nuo importuojamo kuro – mazuto ar gamtinių dujų.

Senkant neatsinaujinančio kuro atsargoms ir didėjančios jo kainos skatina ieškoti kitų alternatyvių būdų gauti energiją. Padidėjęs dėmesys aplinkos taršai turėjo įtakos naujų energijos gamybos technologijų vystymuisi. Kogeneracinės elektrinės – tai vienas iš būdų kaip sutaupyti pirminę energiją ir jos neiššvaistyti. ES patvirtinta direktyva 2004/8/EB skatina gaminti šilumos ir elektros energiją kombinuotai, o tarptautinė energijos agentūra (IEA) valstybių kogeneracijos plane numatė, jog iki 2030 m. pvz. Prancūzijoje, Italijoje, Anglijoje ir Vokietijoje bus dvigubai sutaupoma pirminės energijos negu sutaupoma visoje ES (Adomavičius 2013).

2 lentelė. Šilumos gamybos kitimas 2011 – 2013 metais Lietuvoje

Miestas	Gamyba	Šilumos gamyba, GWh			Šilumos gamyba, %		
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
11 pasirinktų miestų	Šilumos gamyba, viso:	6855	6874	4388	100	100	100
	tarp jų elektrinėse	3562	3170	2105	52,0	46,1	48,0
	tarp jų katilinėse	3293	3704	2283	48,0	53,9	52,0
	tarp jų iš biokuro	671	988	1003	9,8	14,4	22,9
	Kuras	Kuro suvartojimas, tūkst. tne			Kuro suvartojimas, %		
	Kuro naudojimas, viso:	769	745	526	100	100	100
	tarp jų gamtinės dujos	669	604	383	86,9	81	72,8
	tarp jų biokuras	8	122	99	11,2	16,3	18,8

Šaltinis: Lietuvos Respublikos išsamus didelio naudingumo kogeneracijos ir efektyvaus centralizuoto šilumos tiekimo galimybių vertinimas

Kogeneracinės elektrinės veikia Lietuvos miestuose ir taip gaunama atsinaujinanti elektros ir šilumos energija iš atsinaujinančių energijos išteklių (žr. 2 lentelė). Išplėtotas centralizuotas šilumos tinklas leidžia pastatams tiekti pagamintą šilumos energiją lokaliai ir išvengti nuostolių. Kogeneracinėse elektrinėse pagaminta šilumos ir elektros energija padėtų išspręsti ekonominius ir socialinius aspektus. Perkamas vietinis kuras ir mažinama priklausomybė nuo importuojamo kuro, kuris 2012 metais sudarė daugiau nei 85 % viso pagaminto energijos poreikio pasaulyje (Srirangan et al. 2012). Pažangios technologijos kogeneracinėse elektrinėse leidžia

gauti energijos maksimaliai naudojant skirtingus biomasės tipus. Tokiu būdu priimti sprendimai prisideda prie energijos, kuri pagaminta remiantis švaresnės gamybos technologijomis ir sprendimais.

Norėdami padidinti kurą deginančių įrenginių efektyvumą svarbus deginimo proceso optimizavimas kogeneracinėse elektrinėse. Neiškastinį kurą pakeitę kitu, turime kontroliuoti degimo procesą, o gautą energiją panaudoti efektyviai. Šiuolaikiniai įrenginiai leidžia naudoti katilus, kurių naudingo veikimo koeficientas būtų virš 90 %, o gauta energija būtų su optimaliu kuro kiekiu. Svarbų vaidmenį atlieka kuro parametrai ir išmetamųjų dūmų temperatūra. Optimali recirkuliacijos norma padeda uždaroje sistemoje cirkuliuoti srautus ir 17 % optimaliau veikti katilinei pagal reikalingą energijos poreikį rinkoje (Strzalka et al. 2013).

Svarbu paminėti metų sezoniškumą. Lietuvoje ir kitose valstybėse, kuriose yra juntama žiemos ir vasaros kaita, reikia įvertinti kogeneracinės elektrinės gamybos scenarijų. Skaičiavimai leistų gaminti šilumos energiją ir tiekti į centralizuotus šilumos tinklus pagal reikiamą poreikį ir gauti ekonominį ir aplinkosauginį veiksmingumą. Italijos miestelyje, netoli Turino (Turin) pastatyta kogeneracijos elektrinė leido miesto gyventojams šilumos energijai naudoti biomasę ir išspręsti kuro ir energijos priklausomybę nuo importuojamo kuro iš užsienio šalių. Pakeisti neefektyvūs katilai į vieną bendrą katilinę leido kontroliuoti išmetimus į aplinkos orą. Tokiu būdu tiekiamą šilumos energija centralizuotai padeda gyventojams sutaupyti ir pasiekti ekonominę naudą ir jaustis socialiai nepriklausomais (Delmastro et al. 2015).

1.5. Aplinkosaugos teisės aktai, kurie taikomi energijos gamybos procesams

Planuojant pradėti vykdyti tam tikrą veiklą yra numatyta teisinė aplinkos apsauga, kuri padeda išsaugoti gamtą ir laikytis nustatytų normų. Laikantis šių įstatymų yra kontroliuojama ūkinė veikla tam tikrame sektoriuje. Aplinkos būklės kitimui yra sukurtas *Aplinkos monitoringo įstatymas*, kurio dėka užregistruojami atmosferos, vandens ar dirvožemio pakitimai dėl antropogeninio poveikio. Tokia teisinė sistema padeda numatytą ūkio struktūrą plėtoti pagal valstybės poreikius ir gamtinį potencialą.

Aplinkos apsaugos įstatymas Lietuvoje yra pagrindinis teisės aktas, kuris reguliuoja ir nustato visuomenės santykius aplinkos apsaugos srityje vyriausybės bei savivaldybių lygmeniu. Šis įstatymas apibrėžia juridinių ir fizinių asmenų teises ir pareigas išsaugant Lietuvos Respublikai būdingą gamtą ir švarią aplinką (Baltrėnas et al. 2008).

Planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas reglamentuoja procesus, kurio metu nustatomas, apibūdinamas ir įvertinamas galimas tos ūkinės veiklos poveikis įvairiems aplinkos komponentams bei numatomas neigiamą poveikį mažinančios priemonės. Šiame įstatymo prieduose numatytos planuojamos ūkinės veiklos, kurios privalo būti vertinamos dėl poveikio aplinkai. Taip išskirtas poveikio aplinkai objektas padeda nustatyti aplinkai vertinimo tikslus tam tikrai institucijai.

Energetiniuose objektuose yra naudojamas tiek neatsinaujinantis, tiek atsinaujinantis kuras. Pastaruoju metu vyraujantis požiūris siūlo naudoti atsinaujinančius išteklius. Tam Lietuvoje yra priimtas *Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas* numatantis, kad jų naudojimo plėtra būtų darni ir užtikrintų Lietuvos įsipareigojimus mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro. Galutiniame energijos suvartojime 2020 metais atsinaujinančių išteklių energijos dalis sudarytų ne mažiau kaip 23 % ir skatintų energijos vartojimo efektyvumą. Taip pat patvirtintas veiklos aprašas dėl atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti yra išskirtas

elektros ir šilumos gamybos skatinimas iš AEI. Kuomet naudojami atsinaujinantys išteklių galima gauti finansavimą iš Nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros finansavimo programos nustatyta tvarka.

Prisidėti prie atsinaujinančių energijos išteklių skatina ir *Nacionalinė atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategija*, kurioje pabrėžta AEI nauda aplinkos taršai mažinti ir taip sumažinti klimato atšilimą. Darnus požiūris į atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą padėtų kovoti su skurdu, energetinės atskirties ir ekonomikos problemomis. Strategijoje taip pat galima rasti Europos Sąjungos dokumentų, kuriuose skatinama naudoti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą ir esamos būklės stiprybių, silpnybių, galimybių ir grėsmių analizę, strategijos viziją, tikslą ir uždavinius.

Nagrinėtai aplinkos sistemai esmingai būdinga ir plačiau aptariama šilumos energijos gamybos daromas poveikis. Lietuva esanti ES turi atsižvelgti į šalies ir tarptautines tendencijas tiek aplinkosaugos, tiek energetikos sektoriuje. Patvirtinta nacionalinė šilumos ūkio plėtros 2015 – 2021 metų programa numato integruotą požiūrį apžvelgiant į pagrindinius tausojo ir efektyvumo didinimo principus. Šilumos ūkis turi būti modernizuotas ir apimantis optimalaus energijos iš įvairių kuro rūšių panaudojimą. Tai ypač aktualu Lietuvai, kuri importuoja kurą iš kitų šalių ir turi energetinę priklausomybę. Šioje *Šilumos ūkio plėtros programoje* išskiriamas prioritetas vietinių išteklių panaudojime ir centralizuotų tinklų privalumui. Numatoma, kad pagrindinis kuras bus biokuras, o jo pagaminta šilumos energija sudarys 60 % 2017 metais ir apie 70 % 2021 metais. Toks požiūris apimtų visus darnios plėtros aspektus ir prisidėtų prie klimato kaitos mažinimo, kuro panaudojimo efektyvumo ir šilumos kainos mažėjimo.

Vykdam tam tikrą veiklą yra numatyti mokesčiai už aplinkos teršimą. *Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatyme* (Nr. VIII-1183) pateikiami priedai su nurodytais tarifais. Pavyzdžiui mokestis už: aplinkos teršimą iš stacionarių taršos šaltinių į atmosferą, į vandens telkinius ar žemės paviršius, apmokestinamųjų gaminių sąrašas, pakuotės rūšys, aplinkos teršimas iš mobilių taršos šaltinių ir t.t. Mokestį už aplinkos teršimą iš stacionarių taršos šaltinių moka aplinką teršiantys asmenys, kuriems Lietuvos Respublikos Vyriausybės ar jos įgaliotų institucijų nustatyta tvarka privaloma turėti gamtos išteklių naudojimo leidimą su nurodytais teršalų išmetimo į aplinką normatyvais.

Kurą deginančių įrenginių (KDI) pagrindinis poveikis aplinkai – t.y. reikšmingi aspektai, susieti su poveikiu aplinkos orui, vandenims, žmonių sveikatai (dėl galimų kvapų ir triukšmo).

KDI veiklai taikomi teisės aktai (Staniškis et al. 2010):

1. Didelėms kurą deginantiems įrenginiams (DKDI), kurių šilumos galia nuo 50 MW ir kurių veiklos vykdymui reikia gauti Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) leidimą, oro teršalų (degimo produktų) didžiausios leidžiamos koncentracijos (DLK) pateiktos LAND 43-2001, kuris 2001-09-28 patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu Nr. 484 *Dėl išmetamų teršalų iš didelių kurą deginančių įrenginių normų patvirtinimo* (paskutinis pakeitimas 2015-10-12 Nr.D1-728);

2. KDI (iki 50 MW) oro teršalų DLK pateiktos LAND 43-2013, kuris 2013 m. balandžio 10 d. patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu Nr. D1-244 „*Dėl išmetamų teršalų iš kurą deginančių įrenginių normų patvirtinimo*“ paskutinis pakeitimas 2014-03-01 Nr. D1-226);

3. KDI veikloje išmetamų oro teršalų kiekis vertinamas pagal metodikas, 1999 m. gruodžio 13 d. patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu Nr. 395 „*Dėl apmokestinamų teršalų kiekio*

nustatymo metodikų asmenims, kurie netvarko privalomosios teršalų išmetimo į aplinką apskaitos“ (paskutinis papildymas 2009-06-09 Nr. D1-322).

4. CO₂ emisijos, deginant iškastinį kurą, ir jų susidarymas vertinamas naudojant metodiką, 2010-04-06 patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymo Nr. D1-275 „*Dėl klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo*“ (paskutinis pakeitimas 2014-04-27 Nr. D1-377) 2-me priede „*Išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimo vertinimo metodika*“.

5. KDĮ pagrindinėje ir pagalbiniėje veikloje teršalų koncentracija aplinkos ore ribojama pagal nacionalinius kriterijus, teršalų sąrašus ir ribines aplinkos oro užterštumo vertes (Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministro 2000-10-30 įsakymas Nr. 471/582 „*Dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal Europos Sąjungos kriterijus, sąrašo ir teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal nacionalinius kriterijus, sąrašo ir ribinių aplinkos oro užterštumo verčių patvirtinimo*“ (paskutinis papildymas 2008-06-16 Nr. D1-325/V-587)

6. Katilinių teritorijoje susidariusių paviršinių (lietaus) nuotekų teršalų DLK pateiktos 2007-04-02 Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakyme Nr. D1-193 „*Dėl paviršinių nuotekų tvarkymas reglamentas*“ patvirtinimo (paskutinis pakeitimas 2015-10-15 Nr. D1-743).

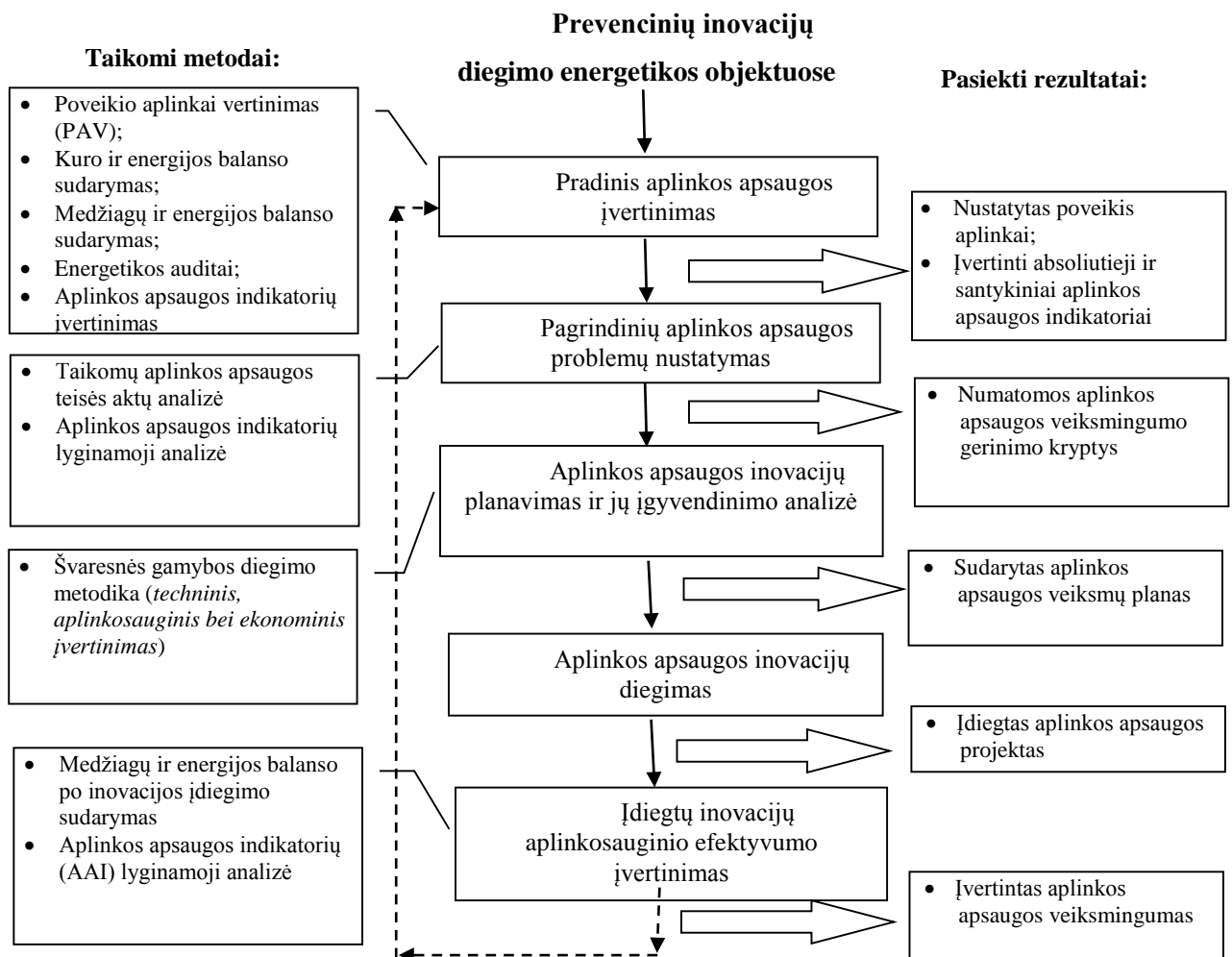
7. DKĮ atliekos tvarkomos pagal reikalavimus, kurie nurodyti 1997-07-14 Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu Nr. 217 patvirtintuose *Atliekų tvarkymo taisyklėse* (paskutinis pakeitimas 2016-04-05 Nr. D1-238).

2. TYRIMO METODIKA

Darbi parinktas objektas – UAB „Pakruojo šiluma“ įmonė, kuriai priklauso 8 katilinių tinklas. Pagrindinė vykdoma veikla – Pakruojo rajono gyventojams tiekiamą šilumos energiją ir karštą vandenį. Tyrimo metu buvo skiriamas dėmesys įmonės katilinių veiklos efektyvumo didinimui.

Darbo tikslas – pasiūlyti ir įvertinti UAB „Pakruojo šiluma“ energijos efektyvumo didinimo galimybes siekiant pagerinti aplinkosaugos veiksmingumą.

Analizei pasirinkta Prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose metodika, kurios pagrindiniai etapai sutampa su ŠG diegimo pramonės įmonėse metodika ir kuri yra apčiuopiama, diegiant darnias inovacijas Lietuvos energetikos pramonėje (žr. 6 paveikslas) (Staniškis et al. 2010).



6 paveikslas. Prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose pagrindiniai etapai (šaltinis: Staniškis et al. 2010)

Pradinio aplinkosaugos įvertinimo etape, o taip pat atliekant siūlomų inovacijų aplinkosaugos įvertinimą, sudaromi UAB „Pakruojo šiluma“ katilinių kurą deginančiuose įrenginiuose (KDI) kuro ir energijos balansai, taip pat kuro gamybos ir tiekimo balansai.

Gauti duomenys padės susisteminti informaciją apie šilumos energijos ir karšto vandens gamybą KDI, kuomet gamtiniuose ištekliuose sukauptą pirminę energiją transformuojama į šilumos energiją.

Kuro ir energijos balansą KDĮ galime išreikšti lygybę:

$$B \times Q_z / (1000 \times 3,6) = Q + Q_n, \quad (I)$$

čia

B – kuro kiekis, kg/m.;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg;

Q – pagamintas energijos kiekis, MWh/m.;

Q_n – energijos gamybos nuostoliai, MWh/m.

KDĮ **naudingumas** vertinamas pagal formulę:

$$G_\eta = Q / B_t \cdot 11,628, \quad (II)$$

čia

Q – pagamintas šilumos energijos kiekis, MWh/m.;

B_t – sunaudotas kuro energetinė vertė, tne/m.;

1 tne = 11,628 MWh (pagal Kuro ir energijos balanso sudarymo metodiką).

Energijos gamybai KDĮ sunaudojamo **kuro kiekis** vertinamas pagal formulę (Staniškis et al. 2010):

$$B = B_t \cdot 11,628 \cdot 3,6 / Q_z \cdot G_\eta, \quad (III)$$

čia

B_t – sunaudotas kuro kiekis, tne/m.;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg;

1 tne = 11,628 MWh (pagal Kuro ir energijos balanso sudarymo metodiką);

1 tne = 3,6 GJ (pagal Kuro ir energijos balanso sudarymo metodiką);

G_η – katilo naudingumo koeficientas.

Tolimesniam etapui – aplinkos apsaugos įvertinimui atrenkami tie KDĮ, kuriuose:

- mažiausias naudingumo koeficientas, t.y. didžiausi pirminės energijos nuostoliai šilumos energijos gamybos metu – neefektyviai naudojamas kuras;
- didžiausi nuostoliai šilumos energijos tiekimo vartotojams metu.

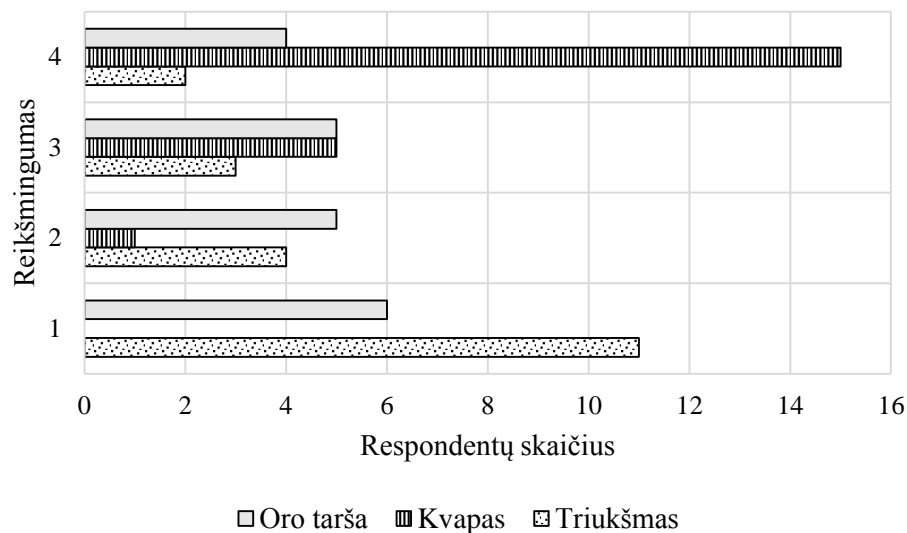
Taip pat tyrimui buvo parinktas dar vienas metodas nustatyti KDĮ pagrindines aplinkosaugos problemas – gyventojų apklausą.

Buvo atlikta UAB „Pakruojo šiluma“ šilumos energijos vartotojų, gyvenančių šalia didžiausios šiluminės galios turinčios Pakruojo katilinės, apklausa. Tyrime dalyvavo 20 gyventojų. Gyventojams užduoti nesudėtingi klausimai dėl reikšmingų katilinės veiklos aplinkosaugos aspektų, kurie įtakoja (gali įtakoti) jų gyvenimo kokybę, t.y. teršalai į aplinkos orą, kvapai ir triukšmas. Įvertinimui buvo naudota 4 balų skalė:

1 – nereikšmingas aspektas,

- 2 – mažai reikšmingas;
 3 – vidutiniškai reikšmingas,
 4 – reikšmingas aspektas.

Respondentų rezultatai pateikti 7 paveiksle.



7 paveikslas. Gyventojų nuomonė apie Pakruojo RK įtaką jų gyvenimui

Antrame metodikos diegimo etape vertinant KDĮ poveikį aplinkai, kurą deginimo metu į aplinkos orą išsiskiriančių teršalų (NO_x , CO ir KD) kiekis skaičiuojamas pagal metodiką „Teršalų, išmetamų į atmosferą iš pagrindinių technologinių mašinų gamybos įrenginių, normatyviniai rodikliai“ Charkovas, 1997 (Tomas I) 1 paragrafas „Kuro deginimas“. Ši metodika įtraukta į sąrašą metodikų, kurie gali būti taikomi oro teršalų vertinimui Lietuvoje.

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

$$G_{\text{NO}_x} = 0,001 \cdot B \cdot Q_z \cdot K_{\text{NO}_x} (1 - \beta), \quad (\text{IV})$$

čia

B – kuro kiekis, t arba tūkst. nm^3 , deginant dujinį kurą;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg arba MJ/ nm^3 ;

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

β – koeficientas, įvertinantis azoto oksidų susidarymo mažėjimą dėl panaudotų techninių priemonių.

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

$$G_{\text{CO}} = 0,001 \cdot C_{\text{CO}} \cdot B (1 - q_4 / 100), \quad (\text{V})$$

čia

B – kuro kiekis, t arba tūkst. nm^3 , deginant dujinį kurą;

q_4 – šilumos nuostoliai dėl nepilno mechaninio kuro sudeginimo, %;

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

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_z, \quad (\text{VI})$$

čia

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

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

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg arba MJ/nm³.

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

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

čia

B – sudeginamo kuro kiekis, t/m;

A^r – kuro peleningumas, % (kuris nustatomas sausoje medžiagoje);

λ – koeficientas, apibūdinantis degiųjų medžiagų kiekį šlake ir jų dalį lakiuosiuose pelenuose, %;

η – kietųjų dalelių valymo įrenginių naudingumo koeficientas, % (jeigu valymo įrenginių nėra, $\eta = 0$).

Sieros dioksido (SO₂) ir KD metinis išlakų kiekis vertinamas naudojant SO₂ ir KD emisijų faktorius, kurie pateikti Europos Aplinkos agentūros „Oro teršalų inventorizacijos 2013“ vadove, B dalis, 1.A.4 poskyris (European Environment Agency 2013).

Sieros dioksidas (SO₂) deginant gamtines dujas ar biokurą vertinamas pagal formulę:

$$G_{SO_2} = B \cdot Q_z \cdot F / 1000, \quad (\text{VIII})$$

čia

B – energijos gamybai sunaudojamo kuro kiekis, tūkst. nm³/m. arba t/m.;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg arba MJ/nm³;

F – emisijų faktorius, deginant gamtines dujas 0,3 g/GJ, biokurui 11 g/GJ;

KD išsiskyrimas (t/m.) deginant gamtines dujas vertinamas pagal formulę:

$$G_{KD} = B \cdot Q_z \cdot F / 1000, \quad (\text{IX})$$

čia

B – energijos gamybai sunaudojamų gamtinių dujų kiekis, tūkst. nm³/m.;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, MJ/nm³;

F – emisijų faktorius, deginant gamtines dujas 1,2 g/GJ;

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) – CO₂ emisijos, deginant iškastinį kurą bei jų susidarymas kaip netiesioginis poveikis aplinkos orui dėl elektros energijos sąnaudų, vertinamos naudojant metodiką, pateikta 2010-04-06 Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymo Nr. D1-275 „Dėl klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ (paskutinis pakeitimas 2014-04-27 Nr. D1-377) 2-me priede „Išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio sumažinimo vertinimo metodika“.

ŠESD – CO₂ kiekis (t/m.), deginant kurą KDI, vertinamas pagal formulę:

$$G_{CO_2} = B \cdot T_f / 1000, \quad (X)$$

čia

B – sudeginamo kuro kiekis, t arba tūkst. nm³, deginant dujinį kurą;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, GJ/t arba GJ/tūkst. nm³;

T_f – taršos faktorius, t CO₂/GJ.

ŠESD – CO₂ kiekis (t/m.), naudojant elektros energiją, vertinamas pagal formulę:

$$CO_2 \text{ kiekis} = \text{Elektrosenergijoskiekis} \cdot CO_2 f, \quad (XI)$$

čia

Elektros energijos kiekis – sunaudotas šilumos gamybai, MWh/m.;

CO₂f – elektros energijos taršos faktorius Lietuvoje, 0,2762 t CO₂/MWh.

Formulėse IV – X naudojamų koeficientų vertės, kurios buvo naudojamos emisijų skaičiavimams pateiktos 3 lentelėje. Parametrai gauti pagal įmonėje užsakytų matavimų rezultatus, rengiant ūkio specialųjį planą ir tikrinant gautąjį kurą, kuris naudojamas įmonei priklausančiose katilinėse.

3 lentelė. Parametrai įtakoiantis teršalų emisijas UAB „Pakruojo šiluma“

Parametrai	Biokuras		Gamtinės dujos
	skiedros	granulės	
Q _z , MJ/kg (MJ/nm ³)	9,419	17,279	37,71
q ₃ , %	1		0,5
R	1		0,5
q ₄ , %	2		20,16
K _{NOx} , kg/GJ	0,13		0
β	0		-
λ	0,0034		-
A ^r , %	1,11		-
η, %	0,85		
¹ T _f , t CO ₂ /vnt.	0		1,8961

Pastaba:

¹ Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas „Dėl klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ patvirtintas 2010 m. balandžio 6 d. nutarimu Nr. D1-275.

Tikslu įvertinti esamą katilinių aplinkosaugos veiksmingumą bei veiksmingumo pakitimą po siūlomų prevencinių inovacijų įdiegimo analizei atrinktam KDI vertinami santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (Staniškis et al. 2010):

$$AAI = K_{(t)} / G_{(t)}, \quad (\text{XII})$$

čia

AAI – aplinkos apsaugos indikatorius;

$K_{(t)}$ – sunaudotos žaliavos, energijos kiekis arba į aplinkos orą išmetamų teršalų ar ŠESD kiekis, vnt./m.;

$G_{(t)}$ – faktinis fiksuotas pagamintos produkcijos kiekis, matavimo vnt./m.; šio darbo atveju – MWh/m.

Gaminių išteklių taupymui, energijos gamybos efektyvumo didinimui bei tokiu būdu poveikio aplinkai mažinimui, darbe siūloma taikyti ŠG prevencinius metodus, kurie aprašyti 1.2 paragrafe.

Planuojamų prevencinių metodų įdiegimo aplinkosaugos veiksmingumas vertinamas pagal formulę (Staniškis et al. 2010):

$$AAV = AAI_{\text{prieš}} - AAI_{\text{po}}, \quad (\text{XIII})$$

čia

$AAI_{\text{prieš}}$ – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius prieš inovacijos įdiegimą, pvz., kuro sąnaudos pagaminti šiluminę energiją – tne/MWh;

AAI_{po} – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius po inovacijos įdiegimo, vnt./MWh.

3. IŠTEKLIŲ EFEKTYVUMO IR ŠVARESNEŠ GAMYBOS (IEŠG) METODŲ TAIKYMAS UAB „PAKRUOJO ŠILUMA“

UAB „Pakruojo šilumai“ priklauso 8 šilumos energijos gamybos objektai: Rajoninė katilinė, Ligoninės katilinė, Dvaro, Knygyno, V. Didžiojo 35, V. Didžiojo 41, Klovainių, Joniškėlio 2, Joniškėlio 8 (detalesiau pateikta 4 lentelėje), kurių pagaminta šilumos energija gyventojus pasiekia centralizuotai Pakruojo ir Linkuvos miestuose, Pakruojo ir Klovainių kaimuose.

Kai kurių katilinių katilai palikti rezerve, ir šilumą gaminama Pakruojo RK. Šioje katilinėje įrengti trys vandens šildymo katilai, kurių vienas skirtas deginti gamtines dujas, o kiti du – biokurą. Kuomet yra didelis šilumos poreikis (šildymo sezonu metu) naudojamas 4 MW instaliuotos šiluminės galios katilas su kondensaciniu ekonomaizeriu. Nešildymo sezonu metu šilumos poreikis sumažėja, todėl naudojamas 2 MW instaliuotos šiluminės galios katilas. Gamtinėmis dujomis kūrenamas katilas (5,2 MW) naudojamas tik kaip rezervinis, vieno iš biokuro katilui avarijos atveju ar šilumos energijos poreikio padidėjimui. 2015 metais Pakruojo RK buvo naudojami tik biokuru kūrenami vandens šildymo katilai (VŠK) ir pagaminta 15570,7 MWh šilumos energijos. Dominuojantis kuras – biokuras ir jo sunaudojimas sudaro 92,45 % (iš kurių 89,38 % sudaro skiedros).

4 lentelė. UAB „Pakruojo šiluma“ turimos katilinės ir jų charakteristikos

Katilinė	Katilas			Degiklis		Pastaba
	Katilų tipai	Galingumas, MW	Pagaminimo metai	Tipas	Kuras	
Pakruojo RK	ETC KVV.05.08	4 (5)	2013		Biokuras	Ekonomaizeris ETC 1387-1F
	FERROLI PREXTHERM T 3G 5200	5,2 (5,8)	2006	GAS P550/M	Dujos	Ekonomaizeris GUILLOT TOTAL ECO
	D'ALESSANDRO TERMOMECCANICA CSA 2000	2	2008		Biokuras	
Ligoninės KK	VK 21	1,86	1989	Baltur BT 100 DSG	Skystas kuras	Katilinė rezerve
	VK 22	3,15	1989	Riello RS 190 ST	Dujos	
	VK 21	1,86	1989	Riello RS 190 ST	Dujos	
Dvaro KK	VK 21	1,86	1989	Bentone BG 700	Dujos	
	VK 21	1,86	1990	RIELLO P140 T/N ECO)	Dyzelinas	Katilas rezerve
Knygyno BK	RIELLO 2RCT7	0,053	1999	Bentone STG 146/2	Dujos	
	RIELLO 2RCT9	0,068	1999	Bentone STG 146/2	Dujos	
Buitinio BK	Lamborghini SEC 80	0,093	1999	Bentone STG 146/2	Dujos	
	Compact A CA 200	0,2	2008	Radiant GS 30/2 (TL)	Dujos	
Klovainių m/d k.	MaxBio 200	0,2	2011	Palnik Platinum Bio 200	Biokuras	
	FAKEL	0,8	1999	Baltur BT 40 DSG	Dyzelinas žym.	
Joniškėlio 2, Linkuva	Baltur GHR 5	0,043	1999	Baltur SPARK 4	Dyzelinas žym.	Katilas rezerve
	Kostrzewa PFL 50	0,05	2011		Biokuras	
Joniškėlio 8, Linkuva	Baltur GBT 5	0,043	1999	Palnik Platinum Bio 32	Biokuras	
				Baltur Spark 4	Dyzelinas žym.	Rezervinis degiklis rezerviniam kurui

Pagrindinis įmonės gaminamas produktas – tai šilumos energija pastatų šildymui ir karšto vandens ruošimui. Šiluminė energija termofikacinio vandens pavidalu tiekama visuomeniniams, komerciniams ir gyvenamiesiems pastatams. Turimos šilumos tiekimo linijos reikšmė – skirstomoji (kvartalinė), ir jos tarpusavyje buvo susietos tik 2014 metais.

Pagrindinių katilinių šilumos tinklų techniniai duomenys:

Pakruojo rajoninės katilinės šilumos tinklai:

Šilumos tiekimo trasos ilgis $L = 5427,74$ m. Šilumos tiekimo vamzdyno ilgis $L = 10855,48$ m. Statybos pradžia – 1972 m. Statybos pabaiga – 1980 m. 2011 m. – 2012 m. atlikti rekonstravimo darbai.

Ligoninės katilinės šiluminiai tinklai, kurie prijungti prie PR katilinės:

Šilumos tiekimo trasos ilgis $L = 2031,04$ m. Šilumos tiekimo vamzdyno ilgis $L = 4062,08$ m. Statybos pradžia – 1981 m. Statybos pabaiga – 1981 m. 2011 m. – 2014 m. atlikti rekonstravimo darbai.

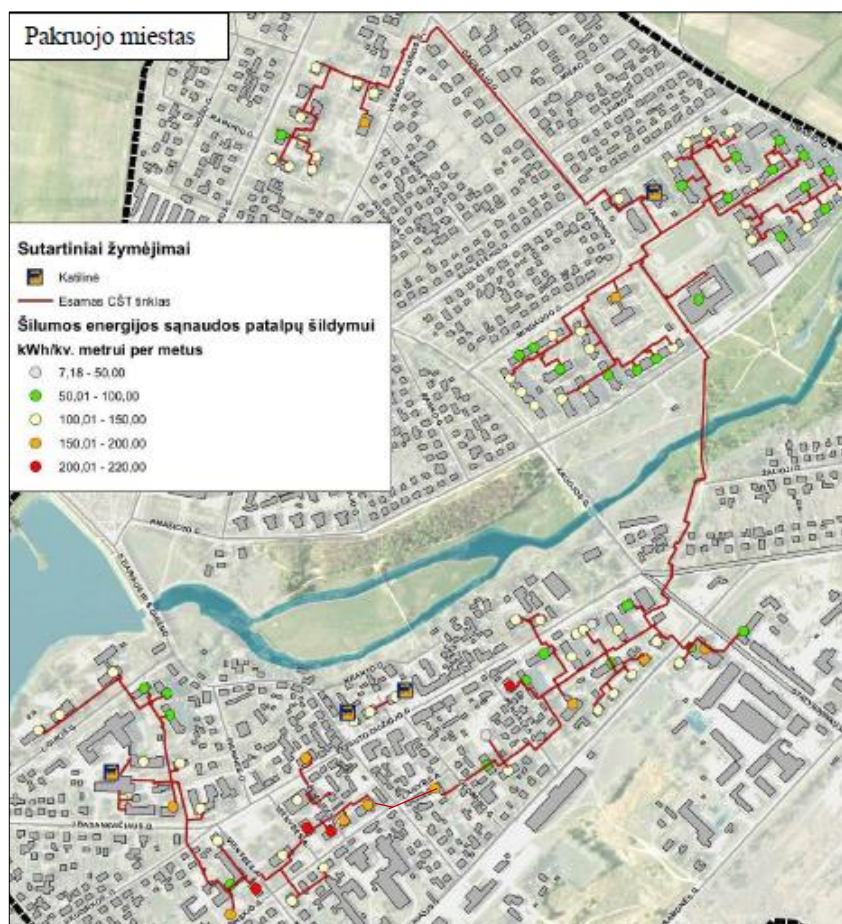
Dvaro kvartalinės katilinės šilumos tinklai:

Šilumos tiekimo trasos ilgis $L=414,70$ m. Šilumos tiekimo vamzdyno ilgis $L=829,40$ m. Statybos pradžia – 1994 m. Statybos pabaiga – 1994 m. 2011 m. – 2012 m. atlikti rekonstravimo darbai.

Bendras šilumos tinklų ilgis sudaro 7960,68 m. Detalesnė informacija apie tinklus pateikta 2 priede. Tinklų išdėstymas Pakruojo miesto teritorijoje pateiktas 8 paveiksle.

Šilumos energijos sąnaudos patalpų šildymui Pakruojo teritorijoje siekia nuo 50,01 iki 100,00 kWh/m²/metus.

Kitų katilinių tinklų centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistemų brėžiniai pateikti 1 priedas. CŠT naudojami apie 30 proc. Pakruojo miesto gyventojų (1467 vartotojai).



8 paveikslas. Pakruojo mieste esantys šilumos energijos vartotojai

Nuo 2011 m. UAB „Pakruojo šiluma“ vykdo šilumos tiekimo sistemos atnaujinimo ir plėtros darbus. 2012 metais buvo pakeista apie 3,01 km DN 40-250 senų ir susidėvėjusių šilumos tiekimo trasų. Įdiegti naujo tipo vamzdynai, kuriuose nenaudojamas kanaliniis būdas. 2013 m. – 2014 m. šilumos tiekimo trasų modernizavimo metu pakeistų trasų ilgis sudarė 1471,5 m.

Be modernizavimo liko Pakruojo kaime esanti apie 500 m ilgio antžeminė centralizuota šilumos trasa, kurią aptarnauja Dvaro katilinė. Modernesnės šilumos tinklų trasos pasižymi geresnėmis izoliacijos savybėmis. Tai leidžia sumažinti šilumos energijos nuostolius tinkluose, t.y. padidinti šilumos tiekimo efektyvumą, taip mažinant šilumos gamybos poreikį, taupant gamtos išteklius (kurą, vandenį, kt.) ir didinant aplinkos apsaugos veiksmingumą oro ir energijos srityse.

3.1. Pradinis aplinkos apsaugos įvertinimas

Kaip ir buvo aptarta metodinėje dalyje (žr. 2 skyrius), pradiniam aplinkos apsaugos įvertinimui sudaromas medžiagų ir energijos balansas, kuris UAB „Pakruojo šiluma“ padės nustatyti pagrindines aplinkosaugos problemas.

Kuro sąnaudos katilinėse (tne/m.) ir pagamintas šilumos energijos kiekis (MWh/m.) paimti iš įmonės buhalterinės apskaitos pagal kuro perdavimo ir priėmimo aktus bei matavimo prietaisų rodmenis. Darbe analizuojami duomenis už 2015 metus (žr. 5 lentelė). UAB „Pakruojo šiluma“ 8-se katilinėse 2015 m. pagamino

17071,838 MWh šilumos energijos (arba 1468 TNE/m.). Šiam tikslui buvo sudeginta 1576 TNE. Tokiu būdu galima daryti išvadą, kad bendras energijos gamybos efektyvumas bendrovėje siekia 81,34 proc. Kitas aplinkosauginiu požiūriu teigiamas aspektas – 92,3 proc. sunaudoto kuro – AEI, t.y. medienos skiedra ir granulės. Katilinės veikloje, deginant biokurą ir gamtines dujas, į aplinkos orą patenka teršalai (CO, NO_x, SO₂, KD) – iki 74,236 t/m. ir ŠESD – 253,901 t CO₂/m.

5 lentelė. UAB „Pakruojo šilumos“ katilinėse sunaudotas kuras, pagaminta šilumos energija ir poveikis aplinkos orui 2015 m.

Katilinė	Sunaudotas kuras, tne/m.		Pagaminta šilumos energija, ¹ MWh/m. (tne/m.)	Katilinių efektyvumas, n.k., proc.	² Oro tarša, t/m. (ŠESD, t/m.)	³ AAI, tne/MWh
Pakruojo RK	skiedros	1398,93	15463 (1329,58)	95	NO _x – 7,619; CO – 57,438; KD – 3,491; SO ₂ – 0,645.	0,090
	medienos granulės	10,07	107 (9,20)	91,4	NO _x – 0,054; CO – 0,406; KD – 0,013; SO ₂ – 0,005.	0,094
	dujos	0,00	-	-	-	-
Petrašiūnų K	medienos granulės	4,02	36,876 (3,17)	78,9	NO _x – 0,022; CO – 0,165; KD – 0,036; SO ₂ – 0,002.	0,109
Dvaro KK	dujos	87,16	774,6 (66,60)	76,4	NO _x – 0,578; CO – 0,885; KD – 0,001; SO ₂ – 0,001; (CO ₂ – 181,627)	0,113
Knygyno BK	dujos	12,26	99,711 (8,57)	69,90	NO _x – 0,081; CO – 0,125; KD – 0,000; SO ₂ – 0,0002; (CO ₂ – 25,588)	0,123
Buitinio BK	dujos	22,33	213,96 (18,40)	82,40	NO _x – 0,149; CO – 0,228; KD – 0,000; SO ₂ – 0,0003; (CO ₂ – 46,686)	0,104
Klovainių K	medienos granulės	32,62	300,36 (25,85)	79,25	NO _x – 0,178; CO – 1,340; KD – 0,296; SO ₂ – 0,015.	0,109
Joniškėlio 2, Linkuva	medienos granulės	5,28	48,46 (4,17)	79	NO _x – 0,029; CO – 0,216; KD – 0,048; SO ₂ – 0,002.	0,109
Joniškėlio 8, Linkuva	medienos granulės	3,00	27,871 (2,40)	79,8	NO _x – 0,016; CO – 0,123; KD – 0,027; SO ₂ – 0,001.	0,108
Iš viso:	skiedros	1398,93	17071,838 (1467,91)	81,34	NO _x – 8,726; CO – 60,926; KD – 3,913; SO ₂ – 0,671; (CO ₂ – 253,901)	0,107
	medienos granulės	54,99				
	dujos	121,75				
	Iš viso:	1575,67				

Pastabos:

¹UAB „Pakruojo šiluma“ audito metu pateikta informacija.

²Oro taršalai įvertinti naudojant IV – X formules, ŠESD – naudojant XI formulę.

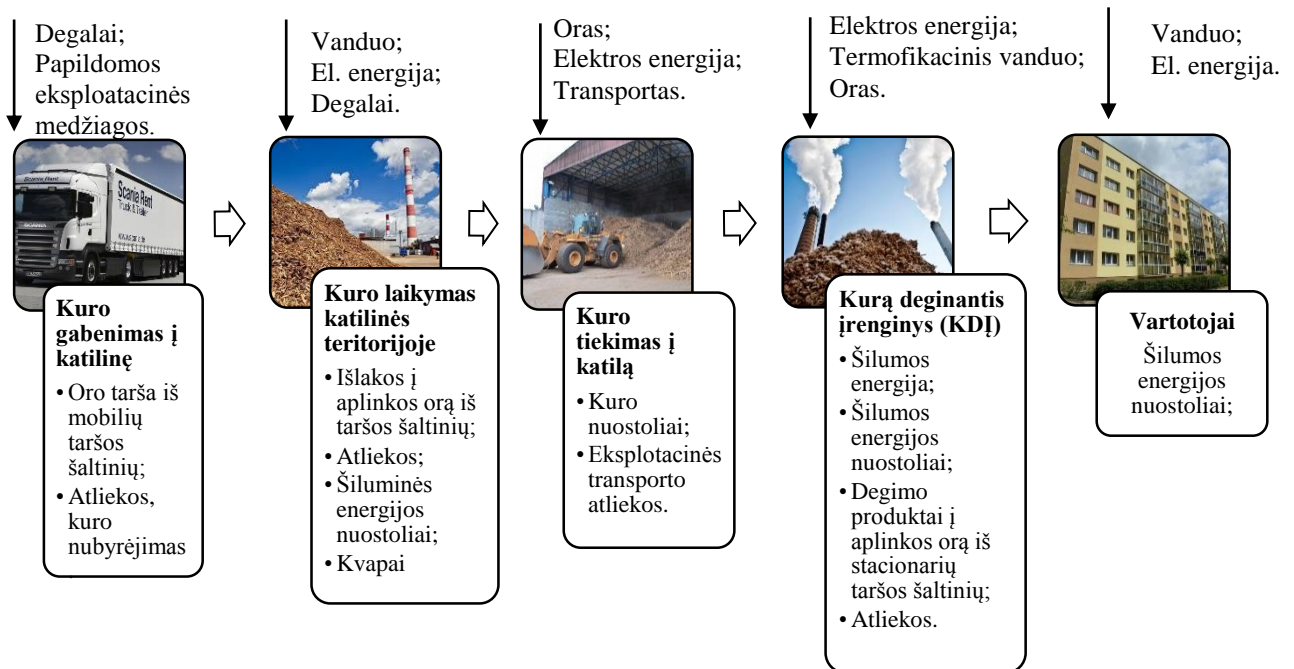
²Santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) įvertinti naudojant XII formulę.

Analizuojant atskirai UAB „Pakruojo šilumos“ kiekvienos katilinės kuro sąnaudas ir pagamintos šilumos energijos kiekį, nustatyta, kad daugumos bendrovės katilinių šilumos energijos gamybos efektyvumas nesiekia 85 proc.: Knygyno katilinės n.k. – 69,90 proc., Dvaro katilinės n.k. – 76,4 proc., Petrašiūnų, Klovainių, Joniškėlio 2 ir Joniškėlio katilinių n.k. – 80 proc., Buitinio katilinės n.k. – 82,40 proc. (žr. 5 lentelė). Pagrindinė tokios neefektyvios šilumos energijos gamybos priežastis – katilų amžius (žr. 4 lentelė).

Tik Pakruojo RK katilinės, kurioje pagaminama iki 91,2 proc. visos šilumos energijos, n.k. – pakankamai aukštas ir yra virš 90 proc. Katilinėje dirba 2 katilai:

- 2013 m. medienos skiedras kūrenamas 4 MW šilumos galios VŠK – ETC KVV.05.08 (n.k. – iki 95 proc. pasiekiamas instaliuoto kondensacinio ekonomizerio dėka);
- 2008 m biokuro granulėmis kūrenamas 2 MW šilumos galios VŠK – CSA 2000 (n.k. – iki 91,4 proc.).

Įmonėje šiluminės energijos gamybos kurą deginančiuose įrenginiuose (KDI) medžiagų ir energijos srautų diagrama pavaizduota 9 paveiksle.

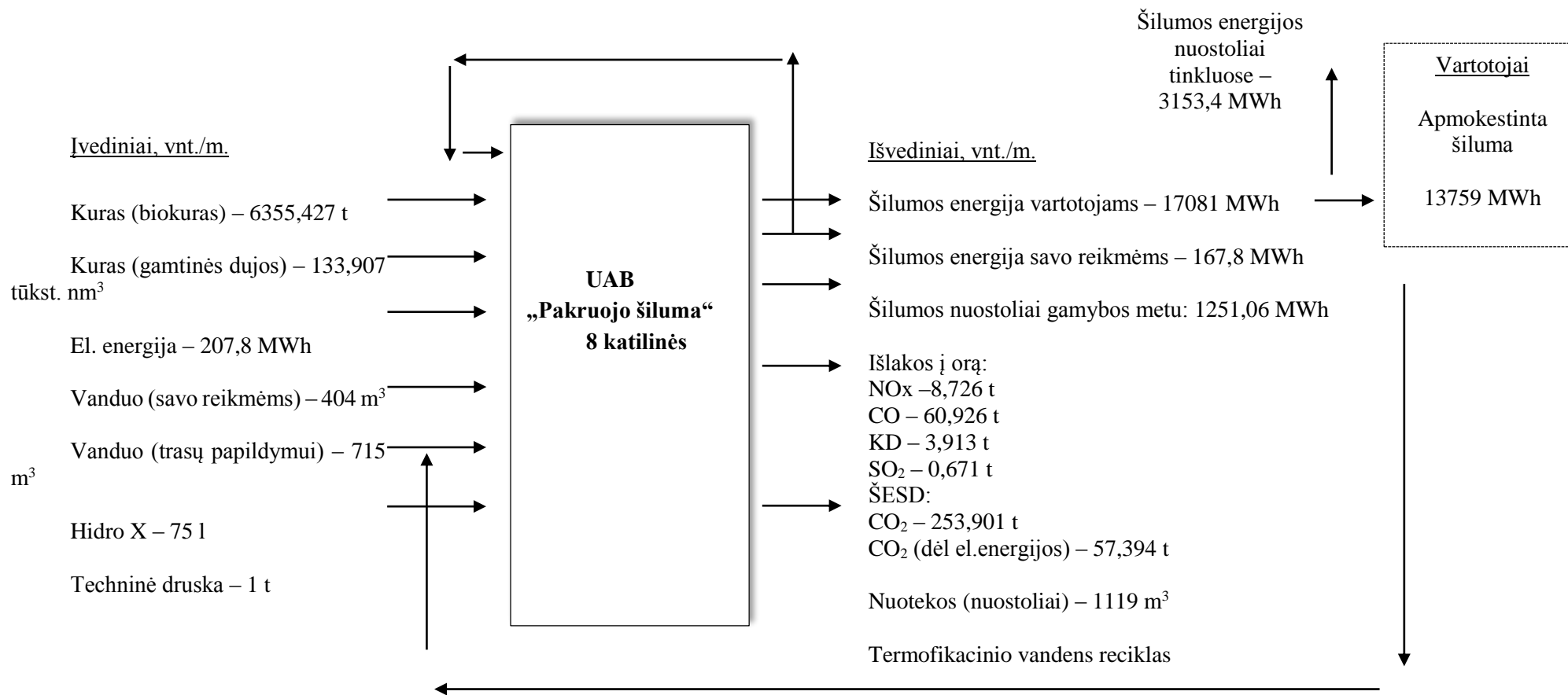


9 paveikslas. Šiluminės energijos gamybos KDI srautų diagrama įmonėje

UAB „Pakruojo šiluma“ bendras medžiagų ir energijos balansas pateiktas 10 paveiksle. Įvedinių duomenų vertės ir pagamintos energijos kiekis pateiktas pagal faktinius katilinių duomenis. Išvedinių vertės, kurios yra susijusios su išlakomis iš stacionarių taršos šaltinių ir ŠESD, įvertintos naudojant darbo metodikoje pateiktas II –

VIII formules. Kiti išvediniai – tai šilumos gamybos nuostoliai (įvertinti kuro – energijos balanso principu) bei įmonėje susidariusios nuotekos (buitinės ir nuostoliai tinkluose). Bendro katilinių medžiagų ir energijos balanso rezultatai parodo, jog 2015 m. šilumos energijos vartotojams buvo patiekta tik 75,06 % pagamintos šilumos energijos, savo reikmėms sunaudota 0,92 % šilumos energijos.

Tokiu būdu galima daryti išvada, kad UAB „Pakruojo šiluma“ šilumos energijos gamybos nuostoliai sudarė 6,82 % bei nuostoliai tinkluose siekė net 17,2 % (žr. 10 paveikslas).



10 paveikslas. UAB „Pakruojis šiluma“ bendras įmonės medžiagų ir energijos balansas 2015 m.

Atliekant pradinį aplinkos apsaugos įvertinimą, naudojant XII formulę, įvertinti santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) – įvedinių ir išvedinių kiekybinės išraiškos santykis gaminamos šilumos energijos vienetui (žr. 6 lentelė).

6 lentelė. Santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) UAB „Pakruojo šiluma“, 2015 m.

Procesų srutai	Pagal balanso duomenis vnt./m.	Santykiniai AAI	
		vnt.	dimensija
<i>Įvediniai:</i>			
Kuras:			
Biokuras	6355,427 t	0,3721	t/MWh
Gamtinės dujos	133,907 tūkst. nm ³	0,0078	tūkst.nm ³ /MWh
Cheminės medžiagos:			
techninė druska	1 t	0,0001	t/MWh
Hidro X	75 l	0,0044	l/MWh
Vanduo:			
trasų papildymui	715 m ³	0,0419	m ³ /MWh
Energija:			
šiluminė (savo reikmėms)	167,8 MWh	0,0098	MWh/MWh
elektros	207800 kWh	12,16	kWh/MWh
<i>Išvediniai:</i>			
Nuotekos:			
nuostoliai tinkluose	404 m ³	0,0237	m ³ /MWh
Išlakos į aplinkos orą iš stacionarių taršos šaltinių:			
CO	60926 kg	3,57	kg/MWh
NO _x	8726 kg	0,51	kg/MWh
SO ₂	671 kg	0,04	kg/MWh
KD	3913 kg	0,23	kg/MWh
ŠESD – CO ₂	253901 kg	14,90	kg/MWh
Netiesioginis poveikis dėl elektros energijos sąnaudų:			
CO ₂	57394 kg	3,36	kg/MWh

Pastaba: MWh – šilumos gamybos apimtys (2015 m. – 17081 MWh/m.)

3.2. Pagrindinių aplinkos apsaugos problemų nustatymas

Sekantis analizės etapas – nustatyti pagrindines atskirų UAB „Pakruojo šiluma“ katilinių energijos gamybos ir tiekimo nuostolių priežastis bei identifikuoti kitus reikšmingus aplinkosaugos aspektus.

Dvaro katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 11 paveikslas. Teršalų į aplinkos orą ir ŠESD vertinimui buvo naudojamos metodikoje pateiktomis formulėmis IV - XI:

$$G_{NO_x} = 0,001 \cdot 95,79 \text{ tūkst.nm}^3 \cdot 37,71 \text{ MJ} / \text{nm}^3 \cdot 0,16 \text{ kg} / \text{GJ} \cdot (1 - 0) = 0,578 \text{ t} / \text{m}.$$

$$G_{CO} = 0,001 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 37,71 \text{ MJ} / \text{nm}^3 \cdot 95,79 \text{ tukst. nm}^3 \cdot (1 - 2/100) = 0,885 \text{ t} / \text{m}.$$

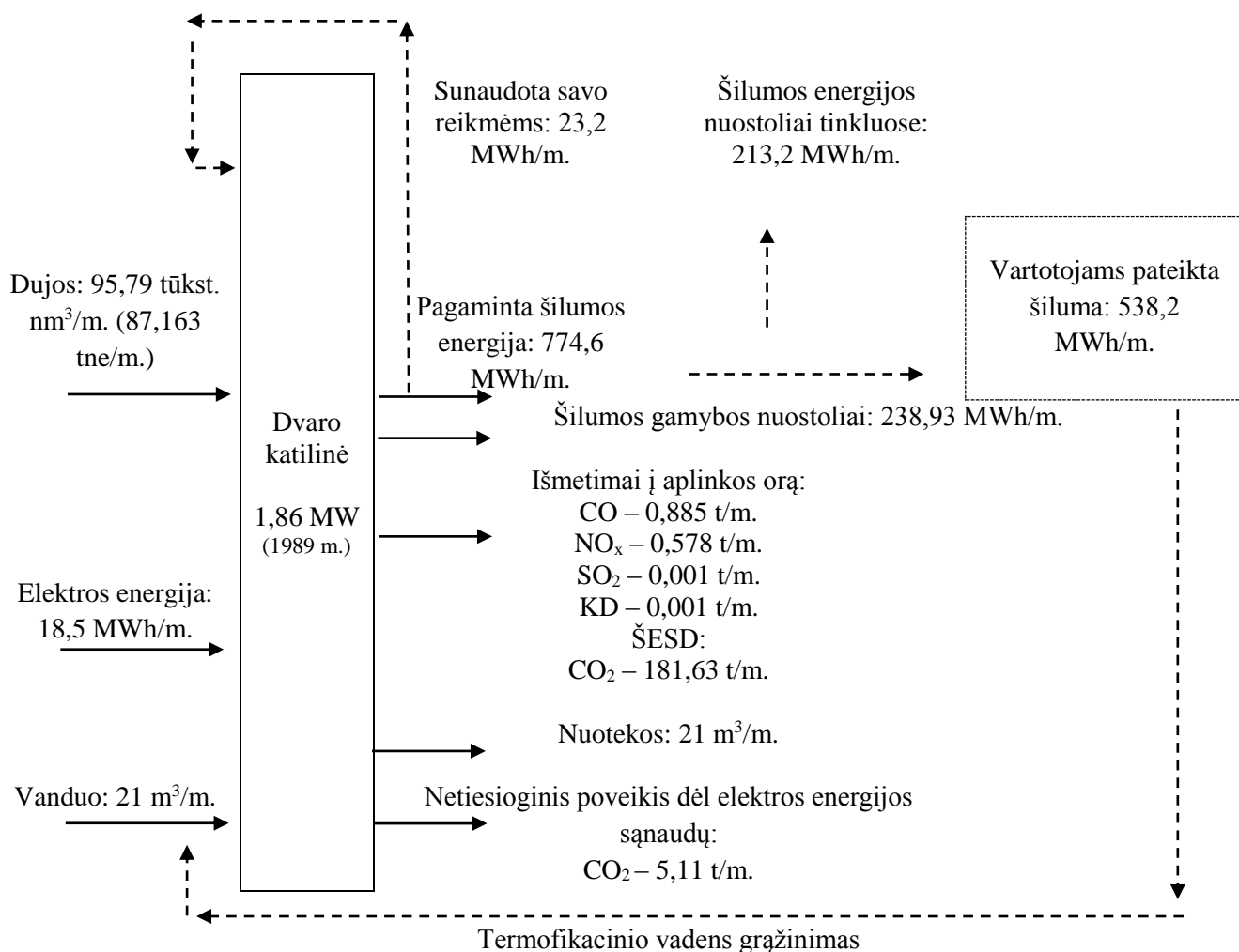
$$G_{SO_2} = 95,79 \text{ tukst. nm}^3 \cdot 37,71 \text{ MJ} / \text{nm}^3 \cdot 0,3 \text{ g} / \text{GJ} / 1000000 = 0,0011 \text{ t} / \text{m}.$$

$$G_{KD} = 95,79 \text{ tukst. nm}^3 \cdot 37,71 \text{ MJ} / \text{nm}^3 \cdot 1,2 \text{ g} / \text{GJ} / 1000000 = 0,001 \text{ t} / \text{m}.$$

$$G_{CO_2} = 95,79 \text{ tukst. nm}^3 \cdot 1,8961 \text{ t CO}_2 / \text{nm}^3 = 181,627 \text{ t} / \text{m}.$$

Netiesioginis poveikis CO₂ dėl elektros energijos sąnaudų įvertintas pagal metodikoje pateiktą XI formulę.

$$CO_2 \text{ kiekis} = 18,5 \text{ MWh} \cdot 0,2762 \text{ t CO}_2 / \text{MWh} = 5,11 \text{ t CO}_2 / \text{m}.$$



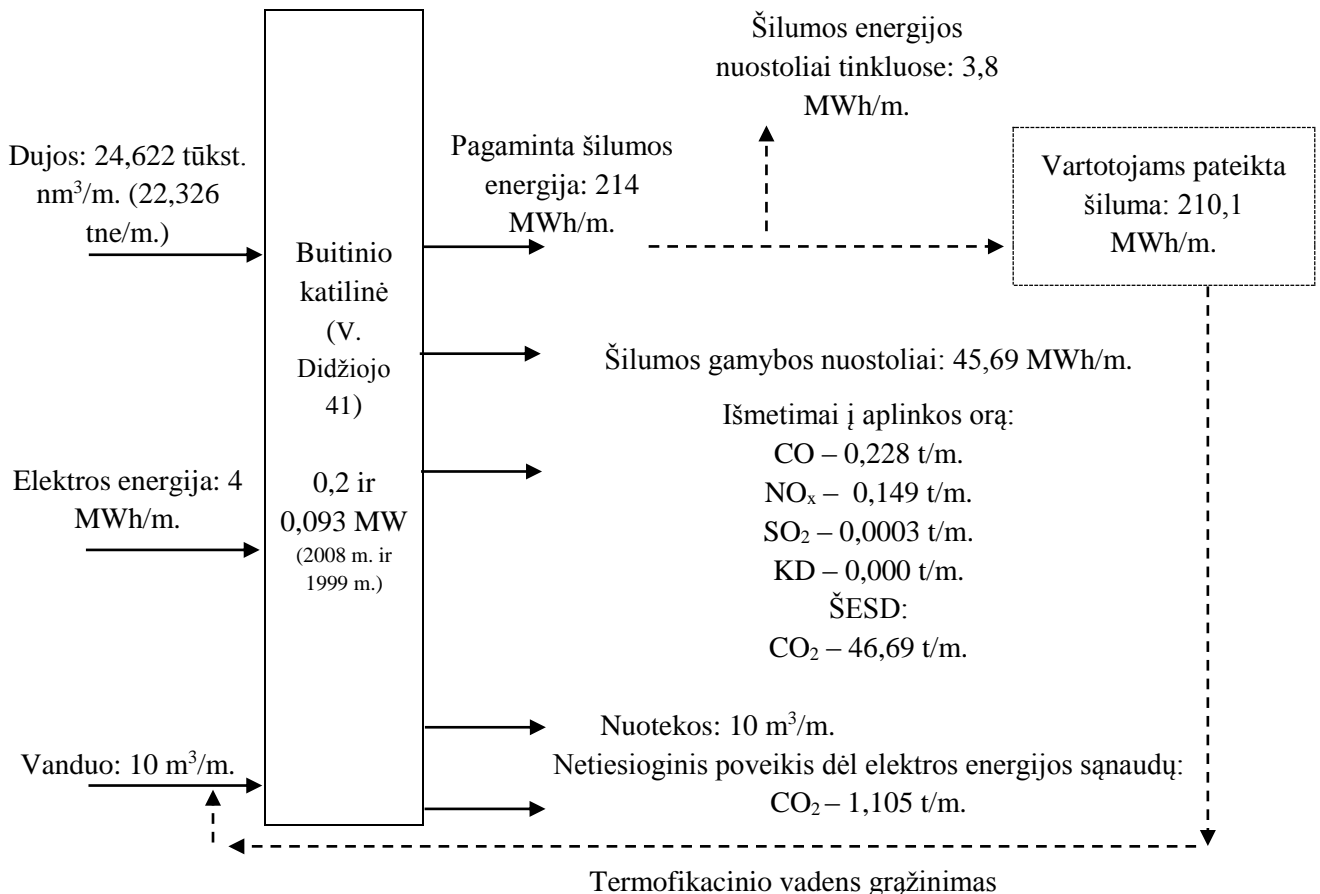
11 paveikslas. Dvaro katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

Dvaro katilinės reikšmingi aplinkosaugos aspektai:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai – 238,93 MWh/m., t.y. iki 30,8 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio;
- neatsinaujinančių energijos išteklių (gamtinių dujų) naudojimas, dėl to – ŠESD – 181,627 t CO₂/m.;
- šilumos energijos tiekimo nuostoliai – 213,2 MWh/m., t.y. 27,5 proc. nuo pagamintos ir į tinklus tiekiamos šilumos energijos kiekio.

Dvaro katilinės aplinkosaugos problemų susidarymo priežastys:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai atsiranda dėl seno (1989 m. gamybos) ir neefektyviai veikiančio (n.k. – 76,4 proc.) VŠK; išmetamų dūmų temperatūra siekis – 200 °C;
- šilumos energijos tiekimo nuostoliai atsiranda dėl antžeminės nerenovuotos trasos (iki 500 m.).

Buitinio katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 12 paveiksle.

12 paveikslas. Buitinio katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

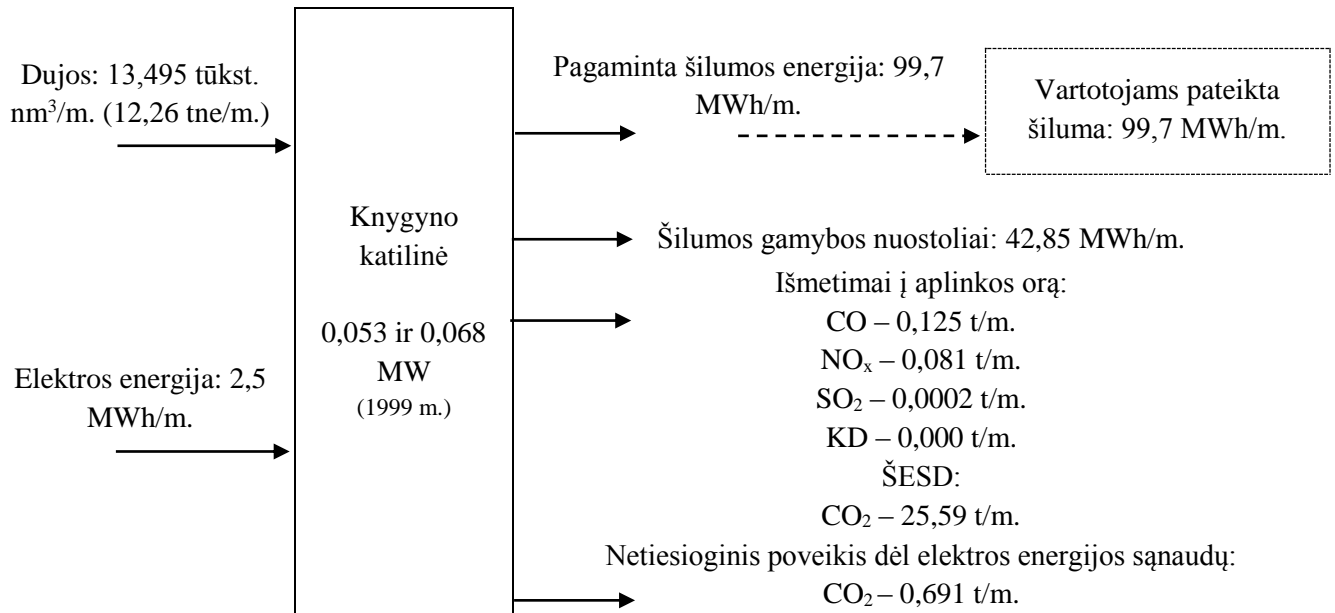
Buitinio katilinės reikšmingi aplinkosaugos aspektai:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai – 45,69 MWh/m., t.y. iki 21,4 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio;
- neatsinaujinančių energijos išteklių (gamtinių dujų) naudojimas, dėl to – ŠESD – 46,69 t CO₂/m.;

- šilumos energijos tiekimo nuostoliai yra nedideli ir siekia tik 3,8 MWh/m., t.y. 1,8 proc. nuo pagamintos ir į tinklus tiekiamos šilumos energijos kiekio.

Buitinio katilinės neefektyvios šilumos gamybos priežastis – senas (1999 m. gamybos) ir neefektyviai veikiantis (n.k. – 82,40 proc.) VŠK, kurio išmetamų dūmų temperatūra siekia iki 200 °C;

Knygyno katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 13 paveiksle.



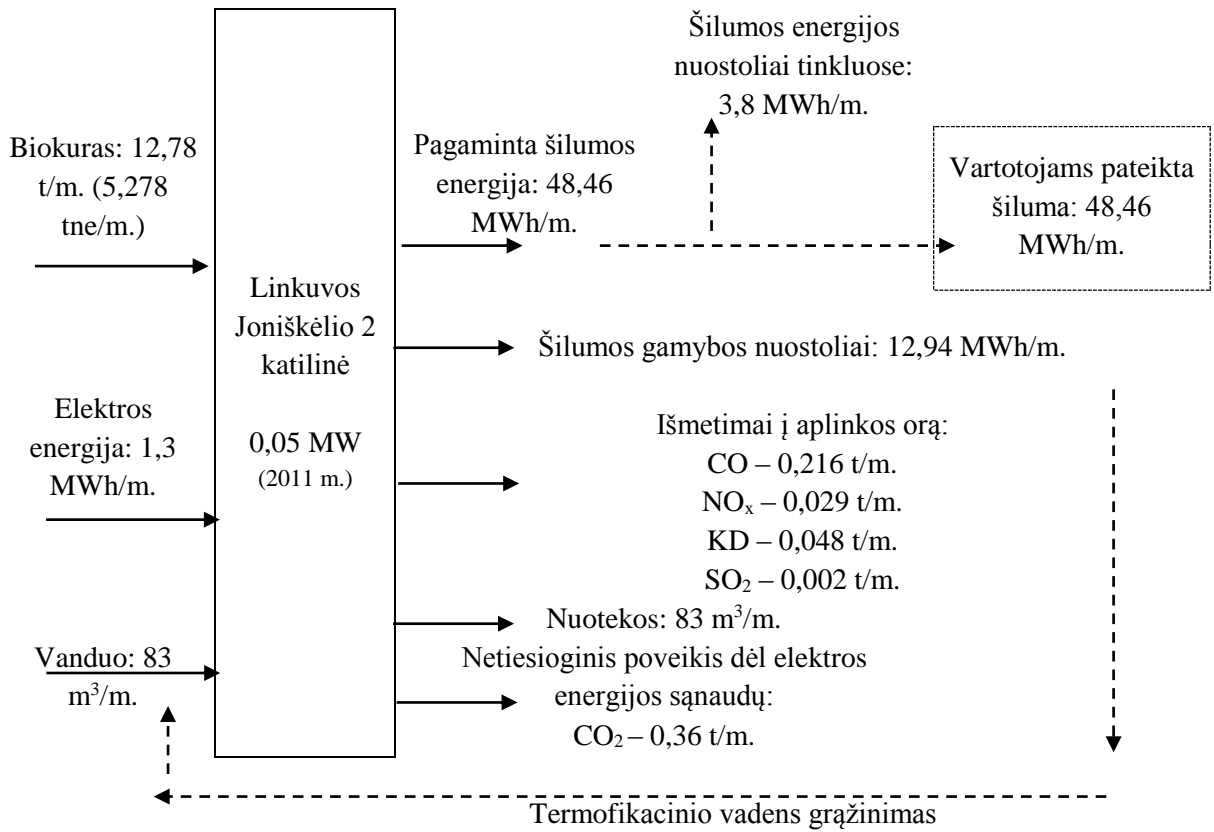
13 paveikslas. Knygyno katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

Knygyno katilinės reikšmingi aplinkosaugos aspektai:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai – 42,85 MWh/m., t.y. iki 43 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio;
- neatsinaujinančių energijos išteklių (gamtinių dujų) naudojimas, dėl to – ŠESD – 25,59 t CO₂/m.

Knygyno katilinės neefektyvios šilumos gamybos priežastis – senas (1999 m. gamybos) ir neefektyviai veikiantis (n.k. – 69,90 proc.) VŠK, kurio išmetamų dūmų temperatūra siekia iki 200 °C;

Joniškėlio 2 katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 14 paveiksle.

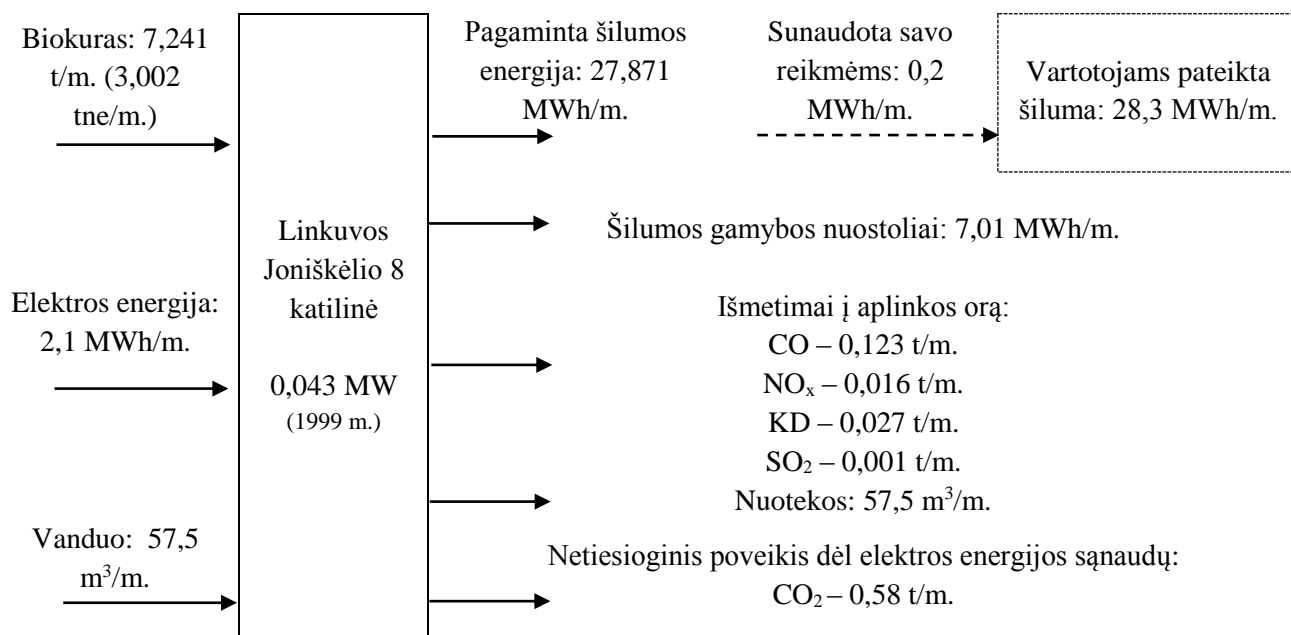


14 paveikslas. Joniškėlio 2 katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

Joniškėlio 2 katilinės reikšmingas aplinkosaugos aspektas - šilumos energijos gamybos nuostoliai – 12,94 MWh/m., t.y. iki 26,7 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio.

Pagrindinės priežastis – neefektyviai veikiantis (n.k. – 79 proc.) VŠK, kurių išmetamų dūmų temperatūra siekia iki 200 °C;

Joniškėlio 8 katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 15 paveiksle.

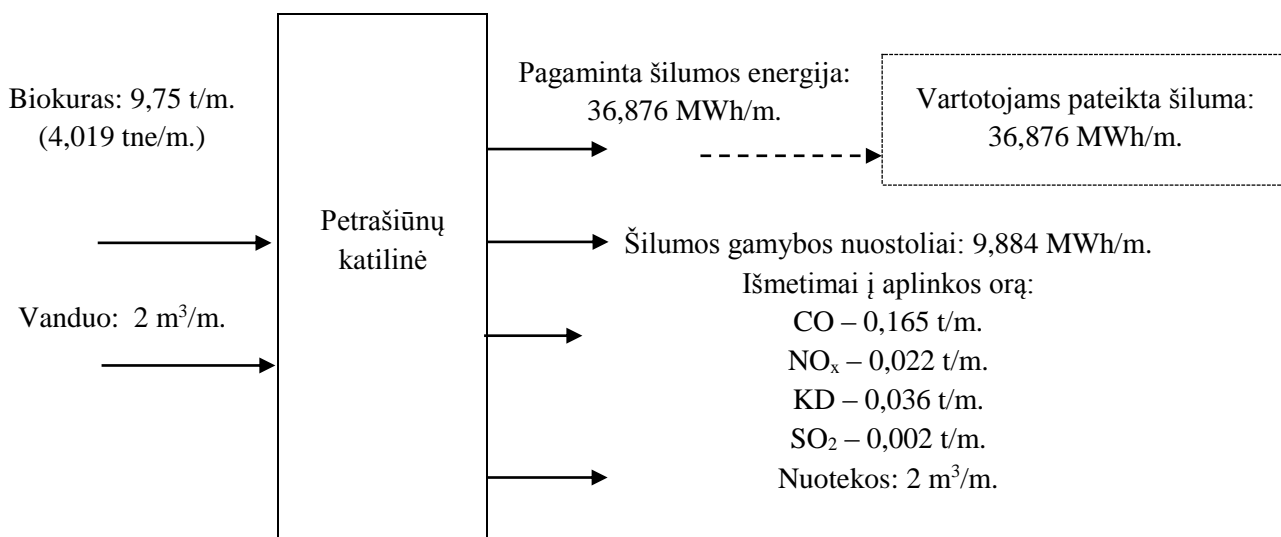


15 paveikslas. Joniškėlio 8 katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

Joniškėlio 8 katilinės reikšmingas aplinkosaugos aspektas - šilumos energijos gamybos nuostoliai – 7,01 MWh/m., t.y. iki 25,2 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio.

Pagrindinės nuostolių susidarymo priežastis – senas (1999 m. gamybos) ir neefektyviai veikiantis (n.k. – 79,8 proc.) VŠK, kurių išmetamų dūmų temperatūra siekia iki 200 °C.

Petrašiūnų katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 16 paveiksle.

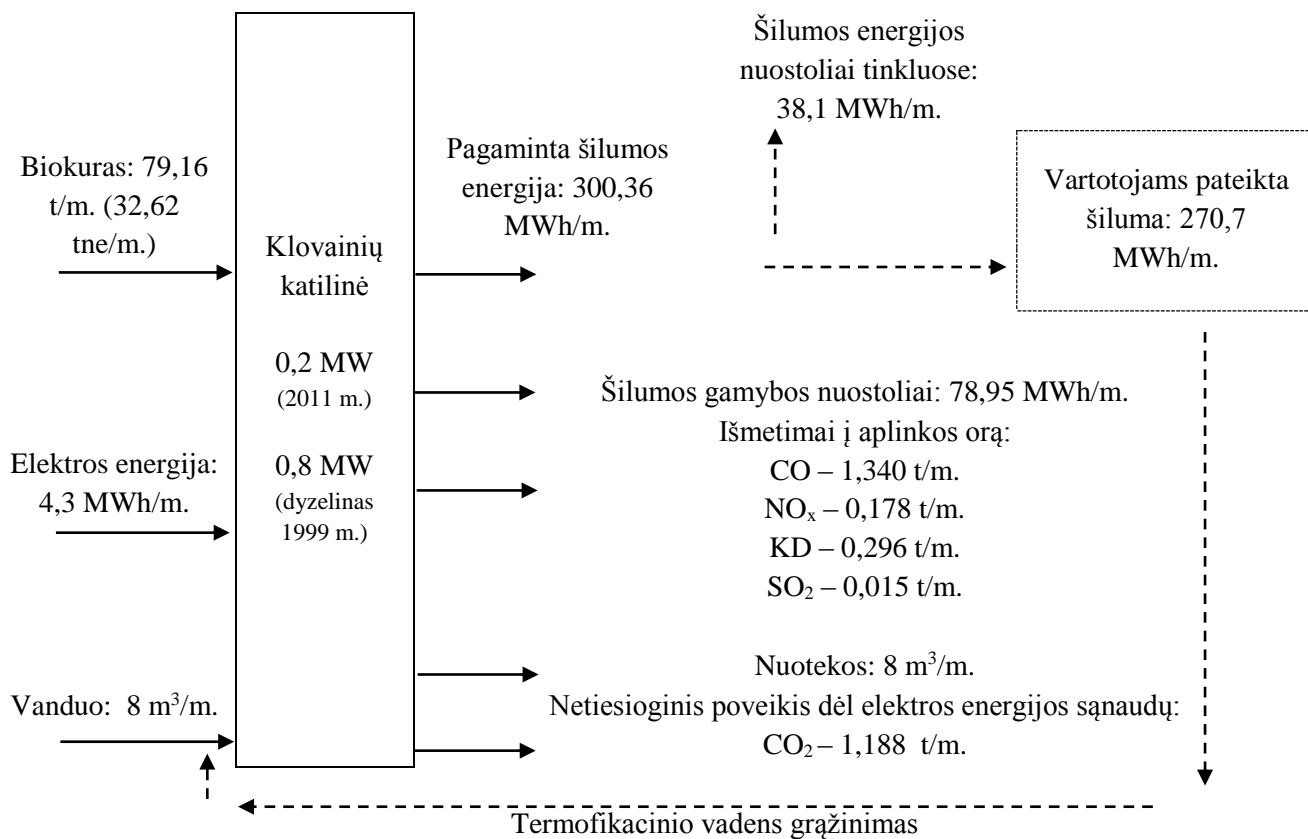


16 paveikslas. Petrašiūnų katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

Petrašiūnų katilinės reikšmingas aplinkosaugos aspektas - šilumos energijos gamybos nuostoliai – 9,88 MWh/m., t.y. iki 26,8 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio.

Pagrindinė nuostolių susidarymo priežastis - neefektyviai veikiantis (n.k. – 78,9 proc.) VŠK, kurių išmetamų dūmų temperatūra siekia iki 200 °C.

Klovainių katilinės medžiagų ir energijos balansas pateiktas 17 paveiksle.



17 paveikslas. Klovainių katilinės medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

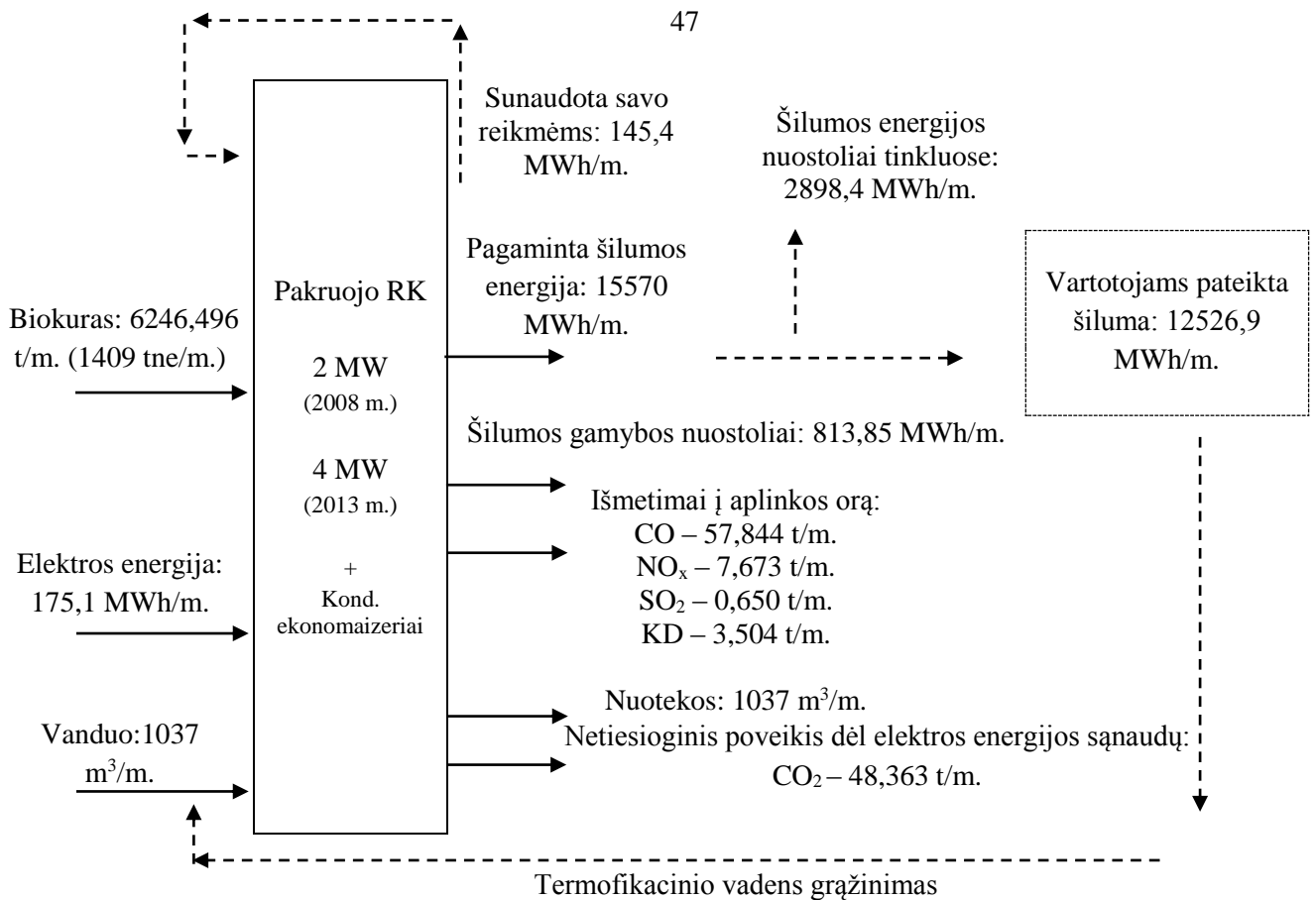
Klovainių katilinės reikšmingi aplinkosaugos aspektai:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai – 78,95 MWh/m., t.y. iki 26,3 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio;
- šilumos energijos tiekimo nuostoliai – 38,1 MWh/m., t.y. 12,7 proc. nuo pagamintos ir į tinklus tiekiamos šilumos energijos kiekio.

Pagrindinės priežastys:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai atsiranda dėl seno (1999 m. gamybos) ir neefektyviai veikiančio (n.k. – 79,25 proc.) VŠK, kurio išmetamų dūmų temperatūra siekia iki 200 °C;
- šilumos energijos tiekimo nuostoliai atsiranda dėl nerenovotos trasos.

Pakruojo RK medžiagų ir energijos balansas pateiktas 18 paveiksle.



18 paveikslas. Pakruojis RK medžiagų ir energijos balansas, 2015 m.

Pakruojis RK katilinės reikšmingi aplinkosaugos aspektai:

- šilumos energijos gamybos nuostoliai – 813,85 MWh/m., t.y. iki 5,2 proc. nuo pagamintos šilumos energijos kiekio;
- šilumos energijos tiekimo nuostoliai – 2898,4 MWh/m., t.y. 18,6 proc. nuo pagamintos ir į tinklus tiekiamos šilumos energijos kiekio.

Pagrindinės priežastys:

- neefektyviai išnaudojamas kondensacinio ekonomizaizerio darbas;
- šilumos energijos tiekimo nuostoliai atsiranda dėl dalies nerenovuotos trasos (iki 500 m).

UAB „Pakruojis šiluma“ kuro ir energijos balansų bei įvertintų AAI lyginamosios analizės rezultatai parodė, kad Knygyno ir Dvaro katilinių darbas yra neefektyviausias, sunaudojama daugiausiai kuro energijos pagaminti (iki 0,123 tne/MWh). Knygyno, Dvaro ir Buitinio katilinių naudojamas brangus neatsinaujantis kuras – gamtinės dujos, dėl to susidaro didelis poveikis aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai (žr. 5 lentelė).

Kita aplinkosaugos problema buvo nustatyta, atliekant Pakruojis RK katilinės gaminio (šilumos energijos) vartotojų - aplinkinių gyventojų nuomonės apklausą, kurios rezultatai pateikti darbo 2 skyriuje. Vartotojai nurodė nepasitenkinimą dėl kvapų susidarymo nuo Pakruojis RK katilinės veiklos.

UAB „Pakruojis šiluma“ siekiama didinti šilumos gamybos, tiekimo efektyvumą bei tuo pačiu sumažinant neigiamą poveikį aplinkai. Šilumos gamybos ir tiekimo įmonei „Pakruojis šiluma“ siūlomi aplinkosaugos sprendimai (alternatyvos), kurių įdiegimas galėtų padidinti bendrovės aplinkosauginį veiksmingumą:

- 1) Dvaro katilinės modernizavimas, pereinant prie AEI - biokuro naudojimo ir didinant šilumos gamybos efektyvumą;
- 2) Dvaro katilinėje pagamintos šilumos energijos tiekimo efektyvumo didinimas, modernizuojant šilumos tiekimo trasas;
- 3) Knygyno, Buitinio ir Pakruojo katilinės tinklų hidraulinis apjungimas;
- 4) Sausesnio biokuro (skiedrų) naudojimas Pakruojo RK;
- 5) Granulių biokuro pakeitimas į grūdų nuovalas Pakruojo RK.

Pasiūlymuose taikomi ŠG prevenciniai metodai ir laukiama aplinkosauginė nauda aprašyta 7 lentelėje.
7 lentelė. IEŠG pasiūlymai UAB „Pakruojo šiluma“ aplinkosaugos veiksmingumo didinimui

IEŠG projektas	Taikomas taršos prevencijos būdas	Laukiama aplinkosauginė nauda
Katilo modernizavimas pereinant prie biokuro naudojimo	Įėjimų pakeitimas; technologijos pakeitimas	Mažiau naudojama iškastinio kuro.
		Sumažėja oro teršalų.
		Sumažėja ŠESD kiekis.
Senų tinklų modernizavimas	Įrangos modernizavimas; technologijos pakeitimas.	Sumažėja šilumos nuostoliai tinkluose.
		Sumažėja šilumos gamybos poreikis.
		Sumažėja kuro sąnaudos.
		Į aplinkos orą išmetama mažiau teršalų.
Sausesnio biokuro (didesnio kaloringumo) – naudojimas	Įėjimų pakeitimas; geras ūkininkavimas	Sumažėja kuro sąnaudos produkcijos vienetui.
		Į aplinkos orą išmetama mažiau teršalų (CO, NO _x , SO ₂ , KD).
Granulių biokuro pakeitimas į grūdų nuovalas	Įėjimų pakeitimas	Gamtos išteklių taupymas.
		Tinkamas biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas, taikant pramoninės simbiozės metodą.

3.3. Prevenciniai pasiūlymai katilinių aplinkosaugos veiksmingumo didinimui ir jų įvykdomumo analizė

Prevenciniai siūlymai pagerintų ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius aspektus. Būtų sumažinti įmonės kaštai perkamam kurui, sumažėtų išmetimai į aplinkos orą ir gyventojams pasikeistų šilumos energijos kaina. Didindami energijos gamybos efektyvumą labai svarbu stebėti naudojamo kuro: sudėtį (kaloringumą, peleningumą, drėgnį ir kt.), degimo oro ir išmetamųjų dujų temperatūrą, išmetamųjų dujų sudėtį ir koncentraciją, oro prietaką į kūryklą. Nuolatinis šių parametrų stebėjimas padeda išlaikyti kuo didesnę energiją gaminančio įrenginio efektyvumą.

3.3.1. Dvaro katilinės modernizavimo įvykdomumo analizė

Techninis įvertinimas

Dvaro katilinės VŠK (1,86 MW) šiluminės energijos gamybai naudoja gamtines dujas. Pradinis aplinkos apsaugos vertinimas parodė, jog vienai MWh šilumos energijai pagaminti sunaudojama 0,113 tne kuro, o katilo

n. k. nesiekia 76 %. Siekiant pagerinti šią situaciją Dvaro katilinėje siūloma modernizuoti katilinę: įdiegti naują VŠK su n.k., nemažesniu nei 85 %; pereiti prie AEI – biokuro.

Šioje alternatyvoje siūloma įdiegti naują biokuro granulių katilą UT β – 500, kurio šiluminė galia siekia 500 kW. Katilas gali naudoti medienos biokurą (pjuvenas, granules, atliekas), durpių briketus, anglis. Katilo techninės charakteristikos pateiktos 4 priede. Katilas gali pagaminti šilumos energiją, kurios pakaktų apšildyti 4000 – 5500 m² patalpų plotą. Katilo instaliuota el. galia – 0,47 kW. Sistemoje numatyta granulių talpykla su automatinio kuro padavimu į katilo pakurą. Planuojamo biokuro granulių VŠK naudingumas – virš 90 %. Įmonėje naudojamų biokuro granulių žemutinė šilumingumo vertė – 17,279 MJ/kg (žr. 3 lentelė). Šio pasiūlymo aplinkosauginio ir ekonominio įvertinimo rezultatai pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. Pasiūlymo aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas Dvaro katilinėje

Procesų srantai	Prieš ŠG			Po ŠG			Sutaupoma / sumažėja		
	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/m.	
Šilumos energijos gamyba	774,6 MWh/m.			774,6 MWh/m.			-		
Šilumos gamybos energijos nuostoliai	238,93 MWh/m.			90,02 MWh/m.			148,91 MWh/m.		
Elektros energija, kWh	18500	0,018	333	17230	0,018	310,14	1270	22,86	
Gamtinės dujos, tūkst. nm ³ (tne)	95,79 (87)	483,4	46304,89	-	-	-	(13)	27190,44	
Biokuras, t (tne)	-	-	-	179,31 (74)	106,6	19114,45			
ŠESD, t	CO ₂	181,63	-	-	-	-	181,63	-	
Išlajos į aplinkos orą, t	NO _x	0,578	196	113,288	0,403	196	78,988	0,175	34,30
	SO ₂	0,001	104	0,104	0,03	104	3,12	-0,029	-3,02
	KD	0,001	61	0,061	0,671	61	40,931	-0,670	-40,87
	CO	0,885	4	3,54	3,037	4	12,148	-2,152	-8,61
Iš viso:		46 754,88 €			19 556,65 €			27 195,11 €	

Įgyvendinus projektą, galima kasmet taupyti iki 27 195,11 €.

Investicijos į katilinės modernizavimą siekia 56 500 €:

- VŠK UT β – 500 - 40 000 €;
- planuojamos ūkinės veiklos poveikio visuomenės sveikatai vertinimas – 3 500 €;
- planuojamos ūkinės veiklos dokumentų atranka dėl poveikio aplinkai vertinimo (PAV) – 1 000 €;
- įrangos montavimo darbai – 10 000 €;
- kaminas – 2000 €.

Projekto atsipirkimo trukmė:

$$AT = \frac{56\,500\,€}{27\,195,11\,€} = 2,08 \text{ metai}$$

3.3.2. Buitinio, Knygyno ir Pakruojo RK katilinių CŠT trasų apjungimo įvykdomumo analizės rezultatai

UAB „Pakruojo šiluma“ Pakruojo mieste jau atliko tinklų modernizavimo bei sužiedinimo darbus, kurių metu Ligoninės katilinės tinklus prisijungė prie pagrindinės Pakruojo RK. Tačiau dar Pakruojo mieste veikia Buitinio ir Knygyno katilinės, kurios atskirai gamina šilumos energiją. Aplinkosauginio įvertinimo rezultatai parodė, jog ypač didelis kuro santykis gaminant 1 MWh šilumos energijos yra Knygyno katilinėje (0,123 tne/MWh), žemi katilinių katilų naudingumo koeficientai (70 % ir 82 %), katilų pagaminimo metai yra 1999 m. bei jos įsikūrusios Pakruojo mieste tarp gyvenamųjų namų. Darbe siūloma įmonei prijungti Buitinio ir Knygyno vartotojus prie bendro CŠT ir energiją tiekti tik iš Pakruojo katilinės.

Magistralinių tinklų modernizavimu būtų galima pasiekti įmonei ne tik aplinkosauginį, bet ir ekonominį efektyvumą. Padidintas CŠT patikimumas ir efektyvumas leistų optimizuoti katilinės darbą. Šilumos energijos gamybai būtų naudojamas biokuras. Vertinimui daroma prielaida, jog atsisakius Buitinio ir Knygyno katilinės visas reikiamas šilumos energijos kiekis (iki 313,671 MWh/m.) bus pagamintas esamame Pakruojo RK 4 MW katile, deginant skiedrų kurą, kurio kaina – 31,7 eur/t (įmonės nurodyta kaina). Taip būtų mažiau sunaudojama iškastinio kuro pakeičiant jį atsinaujinančiais energijos šaltiniais.

Naujos centralizuoto šilumos tiekimo trasos yra modernesnės. Nebūtų apsemiamos po pavasarinio polaidžio apsaugant vamzdynus nuo korozijos ir išvengiant šilumos nuostolių tinkle. Daroma prielaida, jog naujosios šilumos trasos ilgis sudarys apie 120 m, kas leis tiekti šilumos energiją iš pagrindinės katilinės, o esami katilai galės likti kaip rezerviniai.

Siūlomos alternatyvos aplinkosauginio ir ekonominio įvertinimo rezultatai pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Buitinio ir Knygyno vartotojų prijungiamų prie pagrindinės Pakruojo RK pasiūlymo aplinkosauginio ir ekonominio įvertinimo rezultatai

Procesų srantai	Prieš ŠG			Po ŠG			Sutaupoma / sumažėja		
	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/m.	
Katilinės:	Knygyno ir Buitinio			Pakruojo RK					
Šiluminės energijos gamyba	313,671 MWh/m.			368,211 MWh/m.			-54,54 MWh/m.		
Nuostoliai gamybos metu	88,54 MWh/m.			23,54 MWh/m.			34,54 MWh/m.		
Elektros energija, kWh	6500	0,018	117	4424	0,018	79,632	2076	37,368	
Vanduo, m ³	10	3,43	34,3	25	3,43	85,75	-15	-51,45	
Gamtinės dujos, tūkst. nm ³ (tne)	38,12 (35 tne)	483,4	18427,208	-	-	-	2 tne	13721,66	
Biokuras, t (tne)	-	-	-	148,44 (33 tne)	31,7	4705,548			
ŠESD, t	CO ₂	72,28	-	-	0	-	-	72,28	-
Išlakos į aplinkos orą, t	CO	0,459	4	1,836	1,370	4	5,480	-0,911	-3,64
	NO _x	0,299	196	58,604	0,182	196	35,672	0,117	22,93
	SO ₂	0,0005	104	0,052	0,015	104	1,560	-0,015	-1,51
	KD	0	61	0	0,083	61	5,063	-0,083	-5,06
Iš viso:	18 639,00 €			4 918,71 €			13 720,30 €		

Pastaba: Artimiausiu metu planuojami Pakruojo RK tinklų renovavimo darbai, todėl nuostoliai tiekimo metu lentelėje nenurodomi. Taip pat po Pakruojo RK tinklų renovavimų kuro kiekį būtų galima sumažinti iki 126,45 t/m. ir projekto AT sumažėtų iki 2,7 metų.

Katilinėje deginamo kuro kiekis po alternatyvos įdiegimo apskaičiuojamas pagal III formulę:

$$B = \frac{368,211 \text{ MWh} \cdot 3,6}{9,4 \text{ MJ/kg} \cdot 0,95} = 148,44 \text{ t/m.}$$

Įgyvendinus projektą, galima kasmet sutaupyti iki 13 720,30 €.

UAB „Pakruojo šiluma“ atsakingų darbuotojų duomenimis, investicijos į naujų tinklų įrengimą ir hidraulinį sujungimą su Pakruojo RK tinklais siektų 39 120 eurų (kaina įvertinta su projektavimu, priežiūra, darbais, medžiagomis ir k.t.).

Projekto atsipirkimo trukmė:

$$AT = \frac{39120 \text{ €}}{13720,30 \text{ €}} = 2,85 \text{ metai}$$

3.3.3. Pakruojo kaimo CŠT trasos modernizavimo darbų įvykdomumo analizė

UAB „Pakruojo šilumos“ aplinkosaugos analizės metu nustatyta, jog yra dar nemodernizuotų tinklų. Pavyzdžiui, Pakruojo kaime šilumos energija yra tiekama antžemiais šilumos tinklais ir 2015 m. nuostoliai

juose sudarė 27,5 % nuo visos pagamintos šilumos energijos šioje katilinėje. Šiai katilinei priklausantis šilumos tiekimo trasos ilgis – 414,70 m (vamzdynų ilgis 829,40 m).

Siūlomo projekto esmė - centralizuotos šilumos trasos modernizavimas, diegiant naujus vamzdžius. Pagal Dvaro vamzdyno charakteristikas (žr. 2 priedas) siūloma iš pradžių pakeisti CŠT dalį 140,31 m, vertinant, jog nuostoliai šilumos tinkluose sumažės 30 % (1 m vamzdyno kaina sieks 163 €) (žr. 10 lentelė).

Tokiu būdu įmonė prisidės prie *Šilumos ūkio programos* antrojo tikslo įgyvendinimo, kuris numato mažinti šilumos perdavimo nuostolius tinkluose.

10 lentelė. Pakruojo kaimo CŠT trasos modernizavimo aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas

Procesų sratai		Prieš ŠG			Po ŠG			Sutaupoma / sumažėja	
		vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/m.
Nuostoliai tiekimo metu		213,2 MWh/m.			149,24 MWh/m.			63,96 MWh/m.	
Gamtinės dujos, tūkst. nm ³		20,35	483,4	9837,19	14,25	483,4	6888,45	6,11	2948,74
ŠESD, t	CO ₂	38,586	-	-	27,019	-	-	11,567	-
Išlakos į aplinkos orą, t	CO	0,188	4	0,752	0,132	4	0,528	0,056	0,224
	NO _x	0,123	196	24,108	0,086	196	16,856	0,037	7,252
	SO ₂	0,0002	104	0,021	0,0002	104	0,021	0	0
	KD	0	61		0	61	0	0	0
Iš viso:		9 862,07 €			6 905,85 €			2 956,22 €	

Vienintelio tiekėjo apklausos metu nustatyta, kad investicijos į naujus vamzdžius ir jų klojimą siektų apie 22,87 tūkst. €. Be to, yra galimybė projekto įdiegimui gauti dalinį finansavimą iš ES Struktūrinių fondų.

Sumažinus šilumos energijos nuostolius tinkluose, tą patį energijos kiekį pagaminti galima būtų su mažesniu kuro kiekiu (sutaupoma iki 6,11 tūkst. nm³/m. gamtinių dujų). Tuo pačiu sumažėja oro teršalai (degimo produktai) bei ŠESD. Kasmet būtų sutaupoma iki 2 956,22 €/m.

Projekto atsipirkimo trukmė:

$$AT = \frac{22\,870,53 \text{ €}}{2\,956,22 \text{ €}} = 7,74 \text{ metų}$$

Prieš pradėdant modernizuoti dalį CŠT, reiktų atlikti tinklų tiekėjų apklausą nustatant optimaliausią santykį tarp techninio sprendimo ir investicijų.

3.3.4. Biokuro granulių pakeitimo į grūdų nuovalas įvykdomumo analizė

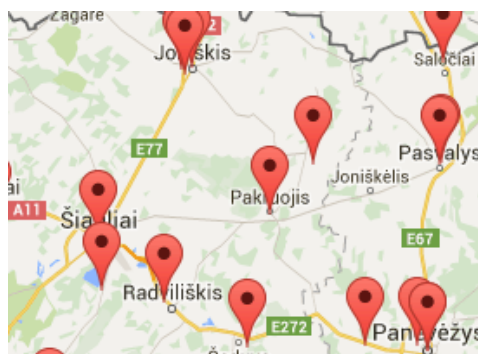
Didžiausias gaminamas šilumos energijos poreikis yra Pakruojo katilinėje, kuri pagal pradinę aplinkos apsaugos vertinimą turi naujausius katilus ir jų n.k. yra virš 90 %. Katilai taip pat turi po atskirus kondensacinius ekonomizerius, kurių dėka galima padidinti kuro efektyvumą, sumažinant žaliavos sąnaudas šilumos energijos kiekiui ir išmetimus į aplinkos orą (Staniškis et al. 2010).

2015 metais Pakruojo RK buvo deginamas biokuras – iki 1409 tne (žr. 5 lentelė). Atliktų mokslinių tyrimų analizė atskleidė, jog šilumos energijai gauti katilinėje galima deginti grūdų nuovalas. Šio kuro žemutinė šilumingumo vertė – apie 12 – 13 MJ/kg, peleningumas siekia – iki 9 – 10 %. Pagal Kietojo atgautojo kuro (KAK)

klasifikacija, kuras, pagamintas iš grūdų pramonės biologiškai skaidžių atliekų (BSA), atitinka 1 klasę pagal tokius užterštumo rodiklius, kaip chloro ir gyvsidabrio kiekis sausoje medžiagoje, 4 klasė – pagal žemutinę šilumingumo vertę. Toks kuras gali būti naudojamas KDĮ kaip biokuras. Dėl šio biokuro didelio pelningumo, būtina įdiegti kietųjų dalelių valdymo įrenginius (Kliopova et al. 2013).

Atsižvelgiant į tai, jog grūdų derlius nuimamas vasaros pabaigoje ir tikėtina, jog tuo metu bus grūdų nuovalų pasiūla, įmonei siūloma 2 MW katilui vietoj granulių naudoti grūdų nuovalas. Šio katilo veikimas numatytas dirbti nešildymo metu, todėl jo sąnaudoms nereikia didelių kuro kiekių.

Grūdų nuovalų galima būtų gauti iš šalia esančių grūdų supirkimo punktų, kurių paplitimas pateiktas 19 paveikslas. 50 km atstumu galima rasti AB „Kauno grūdai“, KB „SV Obeliai“, UAB „Linus agro“ ir daugelis kitų grūdų perdirbimo bendrovių supirkimo punktų, pvz., Pakruojyje veikia UAB „Robusta“, UAB „Agrochema“ ir UAB „Agrokonzernas“.



19 paveikslas. Grūdų supirkimo punktai šalia Pakruojo (šaltinis: www.agrobirza.lt)

Siūlomo įėjimų pakeitimo projekto įgyvendinimas leistų įmonei du kartus sumažinti išlaidas kurui, prisidėtų prie grūdų pramonės aplinkosaugos aspekto reikšmingumo sumažinimo, tinkamai tvarkant biologiškai skaidžias atliekas, išnaudojant jų energetinį potencialą (žr. 11 lentelė).

11 lentelė. Biokuro granulių pakeitimo Pakruojo RK inovacijos aplinkosauginio ir ekonominio įvertinimo rezultatai

Procesų srantai	Prieš ŠG			Po ŠG			Sutaupymo / sumažėja		
	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/vnt.	eur/m.	vnt./m.	eur/m.	
Šilumos energijos gamyba	107 MWh/m.			107 MWh/m.			-		
Elektros energija, kWh	2	0,018	0,036	2	0,018	0,036	0	0	
Biokuras, t granulės grūdų nuovalos	24	106,6	2558,4	33,86	30	1015,80	-9,86	1542,60	
Išlankos į aplinkos orą, t	CO	0,454	4	1,624	0,573	4	2,292	-0,167	-0,67
	NO _x	0,060	196	10,584	0,076	196	14,896	-0,022	-4,31
	SO ₂	0,005	104	0,52	0,006	104	0,624	-0,001	-0,10
	KD	0,015	61	0,793	0,208	61	12,688	-0,195	-11,90
Iš viso:	2 571,96 €			1 046,34 €			1 525,62 €		

Šio analizuojamo pasiūlymo įdiegimas Pakruojo RK leistų kasmet taupyti 1 525,62 €. Tačiau padidėtų išmetimai į aplinkos orą 0,38 t/m. (39 %). Filtruose surinkti pelenai gali būti naudojami žemės ūkyje.

3.3.5. Sausesnio biokuro naudojimo Pakruojo RK įvykdomumo analizė

Atsižvelgiant į apklausos metu gautus rezultatus, Pakruojo RK reikšmingas aplinkosauginis aspektas – kvapas, kuris atsiranda nuo biokuro (skiedros) saugojimo. Esantis kvapas šalia gyvenantiems žmonėms kelia nepatogumų, tad siūloma įmonei išspręsti šią situaciją ir imtis priemonių dėl kvapų eliminavimo. Siekiant sumažinti fizikinės taršos poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai yra siūloma gero ūkininkavimo priemonė.

Pakruojo RK, gamindama didžiausią šilumos energijos kiekį, naudoja biokurą ir turi užtikrinti gamybos pajėgumą ir nepertraukiamumą veikimą. Teritorijoje rezervinio kuro atsargų kiekis šaltuoju metų periodu turi būti ne mažesnis, negu energetikos įmonės vidutiniškai suvartoja per 10 kalendorinių dienų šaltuoju metu, skaičiuojant pagal trejų praėjusių kalendorinių metų vidurkį. Šiltuoju metų laikotarpiu kuro atsargų poreikį ir kiekį nustato energetikos įmonė nustato individualiai (*Energijos išteklių rezervinių atsargų sudarymo, laikymo taisyklės*).

Energijos išteklių rezervinių atsargų sudarymo, tvarkymo, kaupimo ir naudojimo taisyklės įpareigoja įmonę apskaičiuoti atsargų kiekį ir jo laikymą įmonės ar jos padalinių kuro sandėliuose, iš kurių bet kuriuo metu būtų galima paimti ir pradėti naudoti katilinėse. Siekiant išvengti fizinio aplinkos veiksnio taršos siūloma įmonei naudoti sausesnį biokurą.

Atliktų Švedijos mokslinių tyrimų rezultatai parodė, jog sausesniame biokure nustatomi mažesni terpenų kiekiai (Mehrdad Arshadi, Paul Geladi, Rolf Gref and Pär Fjällström 2009). Būtent dėl terpenų, aldehidų grupės junginių gali atsirasti nemalonūs kvapai. Nustatyta, kad didžiausių šių teršalų kiekiai išsiskiria iš šviežios žaliavos (medienos pjuvenų, drožlių, kt.), po apytiksliai 2 savaičių jų koncentracija ženkliai mažėja, bet po 3 – 4 mėn. laikymo vėl didėja iki pirminio lygio (dėl palankių sąlygų mikroorganizmų, pelėsių, grybelių augimui, kurie greitina bioreakcijas, todėl greičiau vyksta cheminės reakcijos, kurių metu formuojasi įvairūs cheminiai junginiai, įsk. turintis kvapus). Todėl optimali medžiagų laikymo trukmė ir sausesnio biokuro naudojimas – prevencinės priemonės kvapų susidarymui (Kliopova et al, 2014).

Aplinkosaugos analizės metu nustatyta, kad Pakruojo RK naudojamo biokuro vidutinis drėgnis siekia net 42 %. Taip sudaroma didesnė tikimybė atsirasti kvapams, dėl kurių sukeliama gyventojų nepasitenkinimai. Įmonei siūloma kuro pirkimo dokumentuose nurodyti, jog kuras nebūtų drėgnesnis nei 40 %. Taip pat siūloma ūkiškai naudoti biokurą, pvz., jį vartant, paduodant į pakurą iš krūvos apačios, prižiūrint, kad jo laikymo trukmė neviršytų 4 mėnesius, kt. Be to, sausesnio biokuro naudojimas leistų sumažinti kuro sąnaudas tam pačiam šilumos energijos kiekiui pagaminti, sutaupyti kaštus kuro pirkimui ir sumažinti išmetimus į aplinkos orą (Staniškis et al. 2010).

Šio gero ūkininkavimo priemonės įvykdomumo analizės rezultatai pateikti 12 lentelėje. Kuomet kuro drėgnis siekia 40 procentų, pastebimas 7 % mažesnis kuro sunaudojimas, sumažinus drėgnį dar 2 procentais, kuro sąnaudos sumažėja 13 %.

12 lentelė. Kuro parametrų aplinkosauginio ir ekonominio efektyvumo įvertinimas norint pagaminti tą patį šilumos kiekį 15463 MWh/m.

	Prieš	Po	Po	Skirtumas/sutaupymas	
¹ Vidutinis kuro drėgnis, %	42	40	38	2	4
¹ Kuro kaloringumas, MJ/kg	9,4	10,1	10,8	0,7	1,4
Snaudota kuro (III formulė), t/m.	6233,68	5801,65	5425,61	432,03	808,07
Išmetimai (IV-VII formulės):	CO, t/m.	57,54	57,43	0,11	
	NO _x , t/m.	7,633	7,618	0,015	
	SO ₂ , t/m.	0,646	0,645	0	
	KD, t/m.	3,497	3,255	0,242	0,453
AAI, eurų/MWh	12,779	11,894	11,123	0,89	1,66
² Kaina už kurą, eurų/m.	197 607,66	183 912,31	171 991,84	13 988,26	26 527,83

Pastaba:

¹Duomenys iš įmonės „Biokuro kiekio ir kokybės“ matavimų 2015 m.

²Skiedrų kaina 31,7 eurų/t pagal įmonės buhalterijos duomenis 2015 m.

4. UAB „PAKRUOJO ŠILUMA“ APLINKOSAUGOS VEIKSMINGUMO ĮVERTINIMAS, ĮDIEGUS DARBE SIŪLOMAS IEŠG PROJEKTUS

UAB „Pakruojo šiluma“ pakeitusi katilo tipą Dvaro katilinėje, sumažinusi kuro drėgnį Pakruojo RK ir prijungusi Buitinio ir Knygyno vartotojus prie bendro CŠT Pakruojo mieste, padidintų aplinkosauginį ir ekonominį efektyvumą. Pagrindiniai pakeitimai bendrame UAB „Pakruojo šiluma“ medžiagų ir energijos balanse po siūlomų IEŠG priemonių įdiegimo pateikti 20 paveikslas. Jų įdiegimas leistų pasiekti aplinkosaugos naudą šiose srityse:

- būtų 100 % atsisakoma gamtinių dujų naudojimo;
- 100 % šilumos energijos būtų gaminama iš AEI;
- 2 % sumažėtų biokuro sąnaudos;
- 15 % sumažėtų šilumos gamybos nuostolių – iki 183,45 MWh/m.;
- eliminuojamos ŠESD – 253,901 t CO₂/m.

Deja, projektų įdiegimas turėtų ir neigiamą poveikį aplinkai:

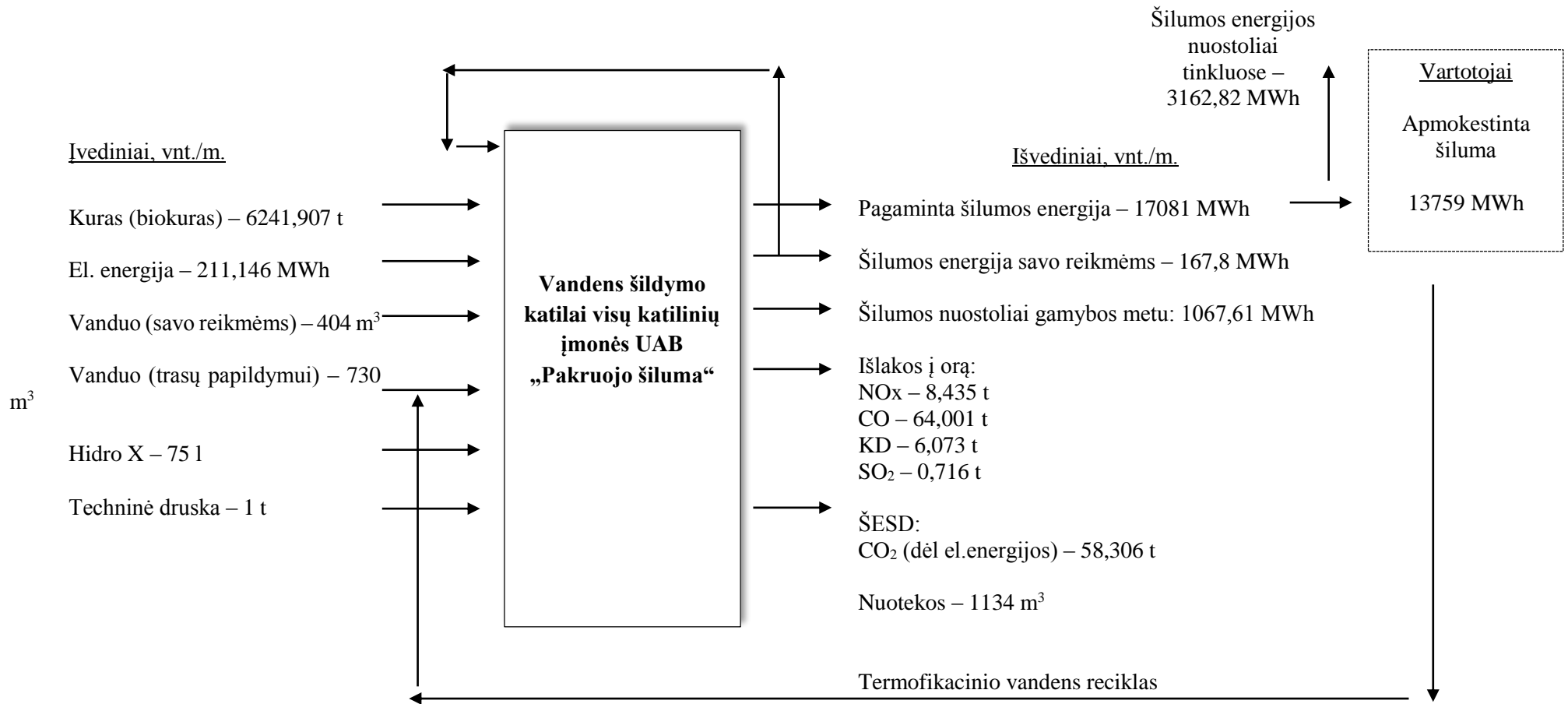
- į aplinkos orą patektų 3,58 t/m. daugiau teršalų (5 %);
- 1 % padidėtų elektros energijos sąnaudos.

Įdiegus IEŠG pasiūlymus laukiamas įmonės aplinkosauginis veiksmingumas (AAV) bei energetinis efektyvumas, kuris vertinamas naudojant santykinius aplinkos apsaugos indikatorius (AAI) (žr. 13 lentelėje). Lentelės 1 stulpelyje nurodomi įmonės įvediniai ir išvediniai (pvz., gamtos išteklių, energija, vanduo, nuotekos, išlakos). Lentelės 2 stulpelyje nurodomi katilinėje 2015 m. sunaudotų išteklių kiekiai, susidariusios taršos ir nuotekų kiekis (vnt./m.) (esama situacija – iki ŠG). Lentelės 3 stulpelyje pateikti išskaičiuoti santykiniai aplinkos apsaugos indikatorius (AAI) – išteklių sąnaudos ir susidariusios taršos kiekis gaminamos produkcijos vienetai (vnt./MWh). Lentelės 5 stulpelyje nurodomi po inovacijų įdiegimo planuojami išteklių kiekiai, susidariusios taršos ir nuotekų kiekis (vnt./m.) (planuojama situacija – po ŠG). Lentelės 6 stulpelyje pateikiami planuojami santykiniai AAI. Lentelės 8 stulpelyje įvertintas planuojamas aplinkosauginis veiksmingumas (AAV).

IEŠG projektų įdiegimas leistų padidinti bendrovės aplinkosauginį veiksmingumą:

- išteklių efektyvaus naudojime (sumažėja biokuro sąnaudos iki 6,6 kg/MWh ir atsisakoma gamtinių dujų naudojimo);
- ŠESD mažinime (iki 14,85 kg/MWh).

Gautus AAI rezultatus galima pritaikyti, vertinant energijos efektyvumo didinimo ar energijos intensyvumo mažinimo inovacijas katilinėse iki 10 MW instaliuotos šiluminės galios.



20 paveikslas. UAB „Pakruojis šiluma“ bendras įmonės medžiagų ir energijos balansas, įdiegus IEŠG projektus

13 lentelė. Aplinkosauginis įvertinimas UAB „Pakruojo šiluma“ įdiegus siūlomus ŠG prevencinius projektus

Procesų srautai	Aplinkos apsaugos indikatoriai (esama situacija (2015 m.))			Aplinkos apsaugos indikatoriai po IEŠG projektų įdiegimo (planuojama situacija)			Aplinkosaugos veiksmingumo padidėjimas (teigiama reikšmė) arba sumažėjimas (neigiama reikšmė)	
	vnt./m.	AAI _{iki}		vnt./m.	AAI _{po}		¹ AAV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Ivediniai</i>								
Kuras, tne	1575,67	0,092	tne/MWh	1486,05	0,087	tne/MWh	0,005	tne/MWh
Biokuras, t	6355,427	0,3721	t/MWh	6241,907	0,3654	t/MWh	0,0066	t/MWh
Gamtinės dujos, tūkst. nm ³	133,907	0,0078	tūkst.nm ³ /MWh	0	0	tūkst.nm ³ /MWh	0,0078	tūkst.nm ³ /MWh
Energija:								
Elektros, kWh	207800	12,16	kWh/MWh	211100	12,36	kWh/MWh	-0,2000	kWh/MWh
<i>Išvediniai</i>								
Išlajos į aplinkos orą iš stacionarių taršos šaltinių, kg:								
CO	60926	3,57	kg/MWh	64046	3,75	kg/MWh	-0,18	kg/MWh
SO ₂	671	0,04	kg/MWh	716	0,04	kg/MWh	0	kg/MWh
NO _x	8726	0,51	kg/MWh	8441	0,49	kg/MWh	0,02	kg/MWh
KD	3913	0,23	kg/MWh	4619	0,27	kg/MWh	-0,04	kg/MWh
ŠESD – CO ₂ , kg	253901	14,90	kg/MWh	0	0	kg/MWh	14,90	kg/MWh
Netiesioginis poveikis dėl elektros energijos sąnaudų:								
CO ₂ , kg	57394	3,36	kg/MWh	58306	3,41	kg/MWh	-0,05	kg/MWh

Pastaba:

¹Aplinkosaugos veiksmingumas įvertintas, naudojant XIII formulę.

UAB „Pakruojo šiluma“ šilumos gamybos apimtys santykinų AAI įvertinimui – 17081 MWh/m.

IŠVADOS

1. Mokslinės literatūros analizės metu nustatyta, kad Lietuvos energijos pramonėje dedama nemažai pastangų mažinti poveikį aplinkai, didinant pirminės energijos naudojimo efektyvumą, optimizuojant esamus procesus, diegiant naujas technologijas, pereinant nuo iškastinio kuro deginimo prie biokuro.
2. Šiame magistro baigiamajame projekte buvo naudojami prevencinių inovacijų kūrimo ir diegimo energetikos objekte metodikos pagrindiniai etapai. Šioje metodikoje į Švaresnės Gamybos (ŠG) diegimo etapus integruotas poveikis aplinkai vertinimas, kuro energijos balanso sudarymas bei aplinkosaugos veiksmingumo vertinimo metodai.
3. Aplinkosaugos pradinio įvertinimo etape eksperimentui parinktam objektui – UAB „Pakruojo šiluma“ nustatytas atskirų katilinių darbo efektyvumas ir jų veiklos daromas poveikis aplinkai. Lyginamosios analizės metu buvo nustatyta, jog neefektyviausiai dirba Knygyno, Buitinio ir Dvaro katilinės, kuriose šilumos gamybos naudingumo koeficientas yra mažesnis nei 80 %, energija gaminama iš neatsinaujinančių energijos išteklių, deginant gamtines dujas. Dėl to kuro sąnaudos produkcijos vienetui siekia atitinkamai 0,123 tne/MWh, 0,113 tne/MWh ir 0,109 tne/MWh. Dėl pasenusių antžeminių tinklų Pakruojo kaime Dvaro katilinėje gaminamo šilumos tiekimo vartotojams nuostoliai siekia 27,5 proc. Pakruojo RK gaminamo produkto vartotojų apklausos metu, nustatytas jos reikšmingas aplinkosaugos aspektas – nemalonių kvapų susidarymas.
4. Magistro baigiamajame projekte pasiūlyti 5 išteklių efektyvumo ir švaresnės gamybos (IEŠG) projektai, kurių įdiegimas leistų padidinti bendrovės aplinkosauginį veiksmingumą išteklių taupymo ir ŠESD mažinimo aplinkosaugos srityse:
 - 4.1. Dvaro katilinės modernizavimas, didinant šilumos gamybos efektyvumą ir pereinant prie biokuro naudojimo leistų iki 60 % sumažinti šilumos gamybos nuostolius, iki 15 % - kuro sąnaudų, eliminuoti ŠESD, kurių susidarydavo virš 181 t/m., tačiau iki 2,6 t/m. padidėtų teršalų į aplinkos orą. Pasiūlymo investicijų atsipirkimo trukmė – apie 2 metus.
 - 4.2. Pakruojo katilinėje nekeičiant įrangos, bet vietoje biokuro granulių pradėjus naudoti grūdų pramonės atliekas (nuovalas), kuro išlaidos sumažėtų du kartus, tačiau oro teršalų kiekis padidėtų iki 0,38 t/m. (39 %).
 - 4.3. Buitinio, Knygyno ir Pakruojo katilinių centralizuoto šilumos tiekimo tinklų apjungimas leistų bendrovei visiškai atsisakyti gamtinių dujų naudojimo, išvengti ŠESD, apytiksliai 6 % sumažėtų kuro sąnaudos, beveik 32 % - elektros energijos sąnaudos, iki 75 % - išlaidos kurui. Šios alternatyvos investicijos atsipirktų per 3 metus.
 - 4.4. Dvaro katilinės šilumos tiekimo tinklų atnaujinimas leistų iki 30 % sumažinti nuostolius tinkluose, atitinkamai 30 % sumažėtų oro teršalų bei ŠESD. Projekto atsipirkimo trukmė – virš 7 metų.
 - 4.5. Pakruojo RK naudojant sausesnį biokurą (iki 38 % drėgnio) galima ne tik sumažinti kvapų susidarymo riziką dėl terpenų atsiradimo, bet ir iki 13 % taupyti biokuro, taip didinant išteklių naudojimo efektyvumą.

5. Visų išanalizuotų IEŠG pasiūlymų įdiegimas leistų padidinti katilinės aplinkosaugos veiksmingumą išteklių efektyvumo naudojimo srityje (kuro sąnaudos sumažėtų iki 0,005 tne/MWh) bei iki 100 % ŠESD mažinimo srityje.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- ADOMAVIČIUS, V. *Mažosios atsinaujinančiųjų išteklių energijos sistemos*. 1st ed. Kaunas: Technologija, 2013. ISBN 978-609-02-0945-5.
- AMBRULEVIČIUS, R. Biomės deginimas mažose bei vidutinės galios katilinėse ir emisijų problemos. *Energetika*, 2010, vol. 56, no. 2, pp. 103-109 ISSN 02357208.
- BALDI, L., PERI, M. and VANDONE, D. Clean Energy Industries and Rare Earth Materials: Economic and Financial Issues. *Energy Policy*, 2014, vol. 66, pp. 53-61 ISSN 0301-4215. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.067>.
- BALTRĖNAS, P. *Aplinkos Apsauga*. 1st ed. Vilnius: Technika, 2008. ISBN 978-9955-28-365-2.
- DEAC, T., FECHETE-TUTUNARU, L. and GASPAR, F. Environmental Impact of Sawdust Briquettes use – Experimental Approach. *Energy Procedia*, 2016, vol. 85, pp. 178-183 ISSN 1876-6102. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.324>.
- DELMASTRO, C., MUTANI, G. and SCHRANZ, L. Advantages of Coupling a Woody Biomass Cogeneration Plant with a District Heating Network for a Sustainable Built Environment: A Case Study in Luserna San Giovanni (Torino, Italy). *Energy Procedia*, 2015, vol. 78, pp. 794-799 ISSN 1876-6102. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.102>.
- EUROPEAN COMMISSION. *Sustainable Development in the European Union - 2013 Monitoring Report of the EU Sustainable Development Strategy*. [interaktyvus] 10/12/2013 ISBN 978-92-79-31155-0. Prieiga per: doi: 10.2785/11549.
- EUROPEAN COMMISSION. *A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*. Brussels: COM(2010) 2020 final., 2010.
- European Commission, Directorate-General for the Environment. *Smarter and Cleaner*. Briuselis, 2009. ISBN 978-92-79-08112-5.
- European Environment Agency. *Small combustion*. In: *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. Small Combustion*, 2013 [interaktyvus], pp. 21-31 ISBN 1725-2237. Prieiga per: doi: 10.2800/92722.
- EUROPOS KOMISIJA. *Europos Energetinio Saugumo Strategija*. Briuselis, 2014. COM(2014) 330 final.
- EUROPOS KOMISIJA. *Pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategijos „Europa 2020“ rezultatų apžvalga*. Briuselis, 2014. COM(2014) 130 final.

EUROPOS KOMISIJA. *Efektyvus išteklių panaudojimas – ekonominė būtinybė*. Europos sąjunga, 2011. ISBN 978-92-79-20630-6. Prieiga per: doi: 10.2779/97549.

GAIGALIS, V. and SKEMA, R. Analysis of the Fuel and Energy Transition in Lithuanian Industry and its Sustainable Development in 2005–2013 in Compliance with the EU Policy and Strategy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, vol. 52, pp. 265-279 ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.121>.

HOSSEINI, S.E. and WAHID, M.A. Hydrogen Production from Renewable and Sustainable Energy Resources: Promising Green Energy Carrier for Clean Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, vol. 57, pp. 850-866 ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.112>.

HRDLIČKA, J., SKOPEC, P., DLOUHÝ, T. and HRDLIČKA, F. Emission Factors of Gaseous Pollutants from Small Scale Combustion of Biofuels. *Fuel*, 2016, vol. 165, pp. 68-74 ISSN 0016-2361. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2015.09.087>.

IDDRISU, I. and BHATTACHARYYA, S.C. Sustainable Energy Development Index: A Multi-Dimensional Indicator for Measuring Sustainable Energy Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, vol. 50, pp. 513-530 ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.032>.

KLIOPOVA, I., STANIŠKIS, J.K. and PETRAŠKIENĖ, V. Solid Recovered Fuel Production from Biodegradable Waste in Grain Processing Industry. *Waste Management & Research*, 2013, 31st ed., pp. 384-392.

KLIOPOVA, I. and LIEŠČINSKIENĖ, R. Minimization of Heat Energy Intensity in Food Production Companies Applying Sustainable Industrial Development Methods, 2011, pp. 46-56 ISSN 2029-2139.

KLIOPOVA, I., GAULE, E., GARMENĖ, A., RAŠKEVIČIENĖ, R. Aplinkos apsaugos sektoriaus specialistų mokymo programa supratimui apie poveikio visuomenės sveikatai vertinimą plėtoti. Medžiaga, parengta, KTU ir UAB Eurointegracijos projektai vykdant ES SF projektą „Poveikio visuomenės sveikatai vertinimo plėtojimas Lietuvoje“ (Nr. VP1-4.3-VRM-02-V-04-001). 2014. P-137

LIETUVOS ENERGETIKOS KONSULTANTŲ ASOCIACIJA. *Biokuro potencialo Lietuvoje įvertinimas, biokuro kainų prognozė, biokuro panaudojimo socialinės naudos įvertinimas ir biokuro panaudojimo plėtrai reikalingų valstybės intervencijų pasiūlymai*. 2013, Vilnius.

LIETUVOS ŠILUMOS TIEKĖJŲ ASOCIACIJA. *Šilumos tiekimo bendrovių 2012 metų ūkinės veiklos apžvalga*. 2013, Vilnius.

LIETUVOS ŠILUMOS TIEKĖJŲ ASOCIACIJA. *Šiluminė Technika*. 2010, 43 rd ed. ISSN 1392-4346.

- LIU, H., QIU, G., SHAO, Y. and RIFFAT, S.B. Experimental Investigation on Flue Gas Emissions of a Domestic Biomass Boiler Under Normal and Idle Combustion Conditions†. *International Journal of Low Carbon Technologies*, 2010, vol. 5, no. 2, pp. 88-95 ISSN 17481317.
- LIZOTTE, P., SAVOIE, P. and CHAMPLAIN, A.D. Ash Content and Calorific Energy of Corn Stover Components in Eastern Canada, 2015. ISSN 1996-1073. Prieiga per: doi: 10.3390/en8064827.
- MEHRDAD, Arshadi, PAUL, Geladi, ROLF, Gref and PAR, Fjällström. Emission of Volatile Aldehydes and Ketones from Wood Pellets Under Controlled Conditions University of Agricultural Sciences. 2009, Umea.
- POŠKAS, R., SIRVYDAS, A. and JANKAUSKAS, J. Elektrostatinio filtro efektyvumo tyrimas deginant biokurą mažos galios katile. 2015, pp. 131-140.
- QIU, G. Testing of Flue Gas Emissions of a Biomass Pellet Boiler and Abatement of Particle Emissions. *Renewable Energy*, 2013, vol. 50, pp. 94-102 ISSN 0960-1481. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.06.045>.
- SRIRANGAN, K., AKAWI, L., MOO-YOUNG, M. and CHOU, C.P. Towards Sustainable Production of Clean Energy Carriers from Biomass Resources. *Applied Energy*, 2012, vol. 100, pp. 172-186 ISSN 0306-2619. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.012>.
- STANIŠKIS, J.K., STASIŠKIENĖ, Ž and KLIPOVA, I. *Švaresnė Gamyba: sisteminis požiūris*. 1st ed. Kaunas: Technologija, 2002. ISBN 9955-09-312-9.
- STANIŠKIS, J.K., STASIŠKIENĖ, Ž, KLIPOVA, I. and VARŽINSKAS, V., 2010. *Darniosios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas*. 1st ed. Kaunas: Technologija, 2010. ISBN 978-9955-25-815-5.
- STANIŠKIS, J. and KRIAUCIONIENĖ, M. *Darni Plėtra*. 1st ed. Kaunas: Technologija, 2008. ISBN 978-609-02-0479-5.
- STRZALKA, R., ERHART, T.G. and EICKER, U. Analysis and Optimization of a Cogeneration System Based on Biomass Combustion. *Applied Thermal Engineering*, 2013, vol. 50, no. 2, pp. 1418-1426 ISSN 1359-4311. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.12.039>.
- TRAN, L. An Interactive Method to Select a Set of Sustainable Urban Development Indicators. *Ecological Indicators*, 2016, vol. 61, Part 2, pp. 418-427 ISSN 1470-160X. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.043>.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Applying Cleaner Production to Multilateral Environmental Agreements: A Training Kit*. , 2006-12. ISBN 978-92-807-2781-4.

YAN, J., ZHAO, T. and KANG, J. Sensitivity Analysis of Technology and Supply Change for CO2 Emission Intensity of Energy-Intensive Industries Based on Input–output Model. *Applied Energy*, 2016, 6/1, vol. 171, pp. 456-467 ISSN 0306-2619. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.081>.

YONG, J.Y., KLEMEŠ, J.J., VARBANOV, P.S. and HUISINGH, D. Cleaner Energy for Cleaner Production: Modelling, Simulation, Optimisation and Waste Management. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 1/16, vol. 111, Part A, pp. 1-16 ISSN 0959-6526. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.062>.

Interneto puslapiai ir teisės aktai

Akcinė Bendrovė „Lietuvos energija“: Aplinkosaugos ir socialinių priemonių ataskaita [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-15]. Prieiga per: gamyba.le.lt.

Energetikos agentūra: *Duomenys Apie Lietuvos Energetiką* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: <http://www.ena.lt/>.

European Commission: *Biomass* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-03-29]. Prieiga per: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biomass>.

Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministerija: *Nacionalinės Darnaus Vystymosi Strategijos Rodikliai* [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2016-04-08]. Prieiga per: http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=9438.

Eurostat: *Renewable Energy Statistics* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-02-25]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics ISBN 2443-8219.

UNEP: *United Nations Environment Programme Environment for Development* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-04-02]. Prieiga per: <http://www.unep.org>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. „Dėl apmokestinamų teršalų kiekio nustatymo metodikų asmenims, kurie netvarko privalomosios teršalų išmetimo į aplinką apskaitos“ Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas: 1999 m. gruodžio 13 d. Nr. 395 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-28]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.210C565F59C2>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. „Dėl išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių normų LAND 43-2013 patvirtinimo“ Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas: 2013 m. balandžio 10 d. Nr. D1-244 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=446368&p_query=&p_tr2=2.

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. „Dėl klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas: 2010 m. balandžio 6 d. Nr. D1-275 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A2E8B0079BC9>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos Aplinkos monitoringo įstatymas: 1997 m. lapkričio 20 d. Nr. VIII-529 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-05]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.1A98CE535B1C>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas: 2011 m. gegužės 12 d. Nr. XI-1375 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-04]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.FC7AB69BE291>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas: 1999 m. gegužės 13 d. Nr. VIII-1183 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-10]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.FFF9AE9162EE>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos Planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas: 1996 m. rugpjūčio 15 d. Nr. I-1495 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-10]. Prieiga per: https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.0539E2FEB29E/TAIS_453920.

LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. „Dėl atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti skatinimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas: 2012 m. liepos 4 d. Nr. 827 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-04]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=TAR.A644B5F0CCAE>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. „Dėl nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategijos patvirtinimo“ Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas: 2010 m. birželio 21 d. Nr. 789 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-04]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=376097.

LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. „Dėl nacionalinės šilumos ūkio plėtros 2015 – 2021 metų programos patvirtinimo“ Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas: 2015 m. kovo 18 d. Nr. 284 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-04]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a1484c20d3c711e4bcd1a882e9a189f1>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTERIJA. „Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ patvirtinimo“ Lietuvos Respublikos Sveikatos Apsaugos ministro ir Lietuvos

Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministerijos įsakymas: 2011 m. rugsėjo 1 d. Nr. V-824/A1-389 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-25]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=TAR.8012ED3EA143>.

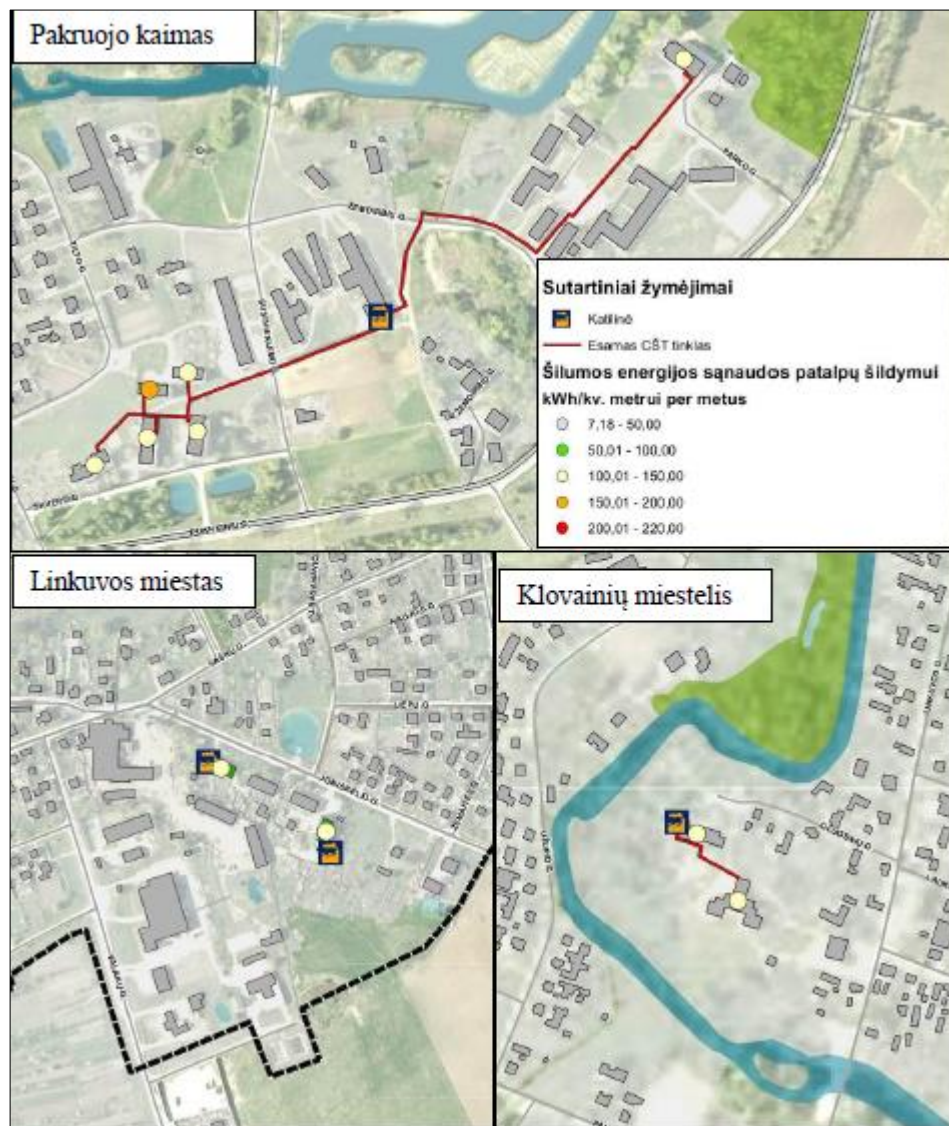
STATISTIKOS DEPARTAMENTAS PRIE LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS. „Dėl kuro ir energijos balanso sudarymo metodikos patvirtinimo“ Statistikos departamento prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės generalinio direktoriaus įsakymas: 2004 m. lapkričio 24 d. Nr. DĮ-228 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-02]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.55F2081A61B9>.

VALSTYBINĖ ENERGETIKOS INSPEKCIJA PRIE ENERGETIKOS MINISTERIJOS. „Dėl energijos išteklių rezervinių atsargų sudarymo, tvarkymo, kaupimo ir naudojimo kontrolės bei duomenų pateikimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ Valstybinės energetikos inspekcijos prie energetikos ministerijos viršininko įsakymas: 2012 m. liepos 5 d. Nr. 1V-61 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-06]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.54E26F1656D4>.

PRIEDAI

1 priedas

UAB „Pakruojo šilumai“ priklausantys šilumos tinklai Pakruojo kaime, Linkuvos mieste ir Klovainių miestelyje.



2 priedas

Šilumos tiekimo vamzdynai PR katilinei prijungtų charakteristika (Pakruojo, Ligoninės, Klovainių, Dvaro):

Metai	Rekonstruota	Medžiaga	Skersmuo, mm	Ilgis, m	Šilumos linijos paklojimo būdas		
					tranšėjoje (be kanalų)	nepraeinamuose kanaluose	
1980	-	Plienas	2x150	629,91	+		
			2x125	105,3			
			2x100	568,03			
			2x90	27,1			
			2x80	672,38		+	
			2x70	514,49			
			2x50	232,36			
			2x40	111,67			
	2012			2x275/400	75,52		
				2x219/315	1005,9		
				2x159/250	507,78		
				2x133/225	390,77		
				2x114/200	340,61	+	
				2x89/160	15,7		
				2x76/140	108,64		
				2x57/125	112,6		
				2x48/110	8,98		

Metai	Rekonstruota	Medžiaga	Skersmuo, mm	Ilgis, m	Šilumos linijos paklojimo būdas		
					tranšėjoje (be kanalų)	nepraeinamuose kanaluose	
1981	-	Plienas	2x200	284,69			
			2x150	97,15			
			2x100	176,2			
			2x90	11,41			
			2x80	16,45		+	
			2x70	45,87			
			2x50	386,55			
			2x40	61,04			
			2x25	22,91			
	2012			2x219/315	65,93		
				2x189/250	130,29		
				2x133/225	80,8		
				2x76/140	6,7		
				2x57/125	19,45		
				2x168/250	494,95	+	
				2x76/140	68,05		
	2014			2x60/125	7,14		
				2x48/110	41,96		
				2x42/110	10,88		
				2x33/90	2,62		

Meti	Rekonstruota	Medžiaga	Skersmuo, mm	Ilgis, m	Šilumos linijos paklojimo būdas	
					ant atramų	nepraeinamuose kanaluose
1994		Plienas	2x100	137,95	+	
			2x70	83,71		
			2x50	56,6		
	2012		2x114/200	136,44		+

3 priedas

Kurą deginančių įrenginių, kurių nominali šiluminė galia lygi arba viršija 1 MW, bet nesiekia 50 MW, išmetamų teršalų ribinės vertės.

Kuro rūšis	Kurą deginančio įrenginio nominali šiluminė galia, MW	Išmetamų teršalų ribinė vertė, mg/Nm ³								Standartinė O ₂ koncentracija, tūrio proc.
		SO ₂		NO _x		CO		KD		
		esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	
Dujinis kuras	1 ≥ MW < 50	nenormuojama	35 ¹	350	350	400	400	nenormuojama	20 ⁵	3 %
Skystasis kuras	1 ≥ MW < 20	1700 ²	1700	650	450 ³	500	500	250	200	3 %
	20 ≥ MW < 50	1700 ²	1700	650	450 ³	400	400	250	100	3 %
Kietasis kuras	1 ≥ MW < 20	2000	2000	650 ³	650 ³	2000 ⁴	1000 ⁴	700	400	6 %
	20 ≥ MW < 50	2000	2000	650 ³	650 ³	1500	1000	500	300	6 %

¹ Deginant mažo kaloringumo dujas, gazifikacijos būdu gautas iš atliekų perdirbimo, kokso krosnių dujas, aukštakrosnių dujas – 800 mg/Nm³.

² Dūmavamzdžių katilams – 750 mg/Nm³.

³ Deginant biokurą – 750 mg/Nm³.

⁴ Deginant biokurą – 4 000 mg/Nm³.

⁵ Ribinės vertės laikymosi kontrolė privaloma, kai nustatoma viršyta CO ribinė vertė.

4 priedas

Granulių katilo UT β – 500 techniniai parametrai

Techniniai duomenys	
Šiluminė galia, kW ±7%:	
- deginant akmens anglį (koloringumas ne mažiau 29,880 MJ/kg)	500
- deginant ne drėgnesnes kaip 20% drėgnumo malkas	440
Naudingo veikimo koeficientas, %	Tikslinama
Vandens temperatūra katile, °C	
- grįžtančio ne mažiau	65
- paduodama ne daugiau	95
Vandens slėgis katile ne daugiau, MPa	0,4
Vandens cirkuliacija katile	priverstinė
Vandens talpa katile, l	863
Katilo šildomų paviršių plotas, m ²	32,0
Trauka už katilo, Pa	Tikslinama
Išeinančių dūmų dujų temperatūra, °C	Tikslinama
Kuro rūšis, paruošimas ir naudojimas	
Akmens anglis (koloringumas ne mažiau 29,88 MJ/kg)	
- sluoksnio storis, mm	50-200
- sunaudojimas kg/val.	74,0
Sausos iki 20% drėgnumo ir ne didesnio Ø130 skaldytos malkos	
- įkrovos aukštis, mm	Tikslinama
- sunaudojimas, kg/val.	Tikslinama
Orentacinis apšildomų patalpų plotas (pastato šiluminė varža ne mažesnė, kaip 2,5 m ² /kW)	4000-5500
Gabaritiniai matmenys, mm	
- ilgis	
- aukštis	
- plotis	
Kuryklos gylis/maksimalus malkų ilgis, mm	1800/1700
Tarnavimo laikas iki, metais	10
Katilo masė, kg	
- tuščio	
- pilno	
Elektrinės charakteristikos	
- maitinimo įtampa, V/Hz	230/50
- naudojama galia, kW	0,47
- apsaugos laipsnis	IP 44
Ventiliatoriaus ir recirkuliacinio siurblio valdymas	rankinis ir automatinis