



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

Andrius Rekllys

**TECHNINIS IR SOCIO-EKONOMINIS GYVENVIETĖS  
AUTONOMIŠKO APRŪPINIMO ENERGIJA ALTERNATYVŲ  
ĮVERTINIMAS**

**TECHNICAL AND SOCIO-ECONOMICAL ASSESSMENT OF  
ENERGY SUPPLY ALTERNATIVES FOR AUTONOMOUS  
SETTLEMENT**

Baigiamasis magistro darbas

*Energijos inžinerijos ir planavimo* studijų programa, valstybinis kodas **621E31001**

*Energetikos planavimo* specializacija

*Energetikos ir termoinžinerijos* mokslo kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS  
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS  
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU

*Katedros vedėjas*

\_\_\_\_\_  
(Parašas)  
Prof. habil. dr. V. Martinaitis  
(Vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(Data)

Andrius Reklus

**TECHNINIS IR SOCIO-EKONOMINIS GYVENVIETĖS  
AUTONOMIŠKO APRŪPINIMO ENERGIJA ALTERNATYVŲ  
ĮVERTINIMAS**

**TECHNICAL AND SOCIO-ECONOMICAL ASSESSMENT OF  
ENERGY SUPPLY ALTERNATIVES FOR AUTONOMOUS  
SETTLEMENT**

Baigiamasis magistro darbas

*Energijos inžinerijos ir planavimo* studijų programa, valstybinis kodas **621E31001**

*Energetikos planavimo* specializacija

*Energetikos ir termoinžinerijos* mokslo kryptis

**Vadovas** dr. Darius Biekša \_\_\_\_\_  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

**Konsultantas** lekt. Regina Žukienė \_\_\_\_\_  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS  
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS  
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

*Energijos inžinerijos*

studijų kryptis

TVIRTINU  
Katedros vedėjas

*Energijos inžinerijos ir planavimo*

studijų programa,

\_\_\_\_\_  
(parašas)

valstybinis kodas **621E30003**

Vytautas Martinaitis

\_\_\_\_\_  
(vardas, pavardė)

2012 gegužės mėn. 04 d.

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO  
UŽDUOTIS

.....Nr. ....

Vilnius

Studentui (ei)

**Andriui Rekliui**

( vardas, pavardė )

Baigiamojo darbo tema: ***Techninis ir socio-ekonominis gyvenvietės autonomiško aprūpinimo energija alternatyvų įvertinimas***

Patvirtinta 2010 m. lapkričio 03 d.

Dekano įsakymu Nr. 396 ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas

2012 m. gegužės mėn. 29 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

*Įvadas. Problemos formulavimas. Tyrimo problemos tematikos apžvalga. Tyrimo objekto sukūrimas ir pagrindimas. Energijos vartojimo poreikio tyrimo objekto elementuose nustatymas, modeliavimas ir analizė. Aprūpinimo energija sistemų parinkimo pagrindimas, alternatyvų sudarymas, modeliavimas ir analizė. Gautų rezultatų techninis ir socio-ekonominis įvertinimas. Išvadų formulavimas.*

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: ..... **lekt. R. Žukienė** .....  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas .....  
( parašas )

.....  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....  
(parašas)

.....  
(vardas, pavardė)

.....  
(data)

## Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos gyvenvietės autonomiško aprūpinimo energija galimybės. Autonomiškas aprūpinimas energija gali būti pasiektas tik naudojant vietinius atsinaujinančius energijos išteklius. Todėl atlikta atsinaujinančių energijos išteklių potencialo Lietuvoje apžvalga. Gyvenvietės modelis sudarytas remiantis statistiniais duomenimis apie gyvenamųjų namų ir įstaigų, kurios turi būti tokio dydžio mieste, plotus, ir todėl jo energijos vartotojų struktūra yra artima vidutinio dydžio Lietuvos miesto vartotojų struktūrai. Atliktas šilumos ir elektros poreikių kitimo laike modeliavimas tam, kad būtų nustatyti gyvenvietės šilumos ir elektros poreikiai kiekvieną metų valandą. Pasirinktos 5 gyvenvietės aprūpinimo energija sistemos, kurių kiekviena skiriasi autonomiškumo lygiu. Pirmasis variantas – gyvenvietė aprūpinama elektra iš nacionalinio elektros tinklo, o šilumą gamina gamtinėmis dujomis kūrenama katilinė. Kitose sistemose įrengiami kogeneratoriaus, biokuro, dujinių katilų ir vėjo turbinų deriniai. Sistemos įvertinamos techniniu, ekonominiu ir socio-ekonominiu požiūriu. Techniniame vertinime įvertinti įrenginių darbo režimai ir jų galimybės autonomiškai aprūpinti gyvenvietę energija. Ekonominis vertinimas atliekamas skaičiuojant paprastąjį atsipirkimo laiką bei grynąją dabartinę vertę, lyginant likusius variantus su pirmuoju. Socio-ekonominis vertinimas atliktas įvertinant importo/eksporto balansą ir užimtumo analizę.

## **Annotation**

In this final master thesis energy supply options for autonomous settlement are considered. Autonomous energy supply can only be achieved by using local renewable energy sources. Therefore review of renewable energy potential of Lithuania was accomplished. Settlement's model was developed on the basis of statistics on areas of housing and institutions, which must be on a such size of a city, and therefore structure of energy consumption of this settlement is close to mid-sized Lithuanian city's energy consumption. Simulation over time of heat and power demand was accomplished in order to determinate heat and power demand in each hour during the year. 5 energy supply systems with different level of autonomy were selected. First option – village is supplied with electricity from national grid and heat is produced in natural gas-fired boiler. Combinations of CHP, biomass and gas-fired boilers and wind turbines are installed in other systems. Systems are evaluated form technical, financial and socio-economic point of view. In technical assessment operation modes of installed technologies and their abilities to provide energy for autonomous settlement are evaluated. Financial evaluation was made by calculations of simple payback time and net present value by comparing remaining options with the first one. Socio-economic assessment was made by evaluating import/export balance and employment analysis.

# VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Andrius Reklis, 20064247

---

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

---

(Fakultetas)

Energijos inžinerija ir planavimas, EPmf-10

---

(Studijų programa, akademinė grupė)

## **BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

2012 m. gegužės 28 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Techninis ir socio-ekonominis gyvenvietės autonomiško aprūpinimo energija alternatyvų įvertinimas“ patvirtintas 2010 m. lapkričio 3 d. dekanų potvarkiu Nr. 396ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: Regina Žukienė. Mano darbo vadovas dr. Darius Biekša.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

---

(Parašas)

# Turinys

Užduotis .....	3
Anotacija .....	4
Annotation.....	5
Sąžiningumo deklaracija .....	6
Turinys .....	7
Paveikslų sąrašas .....	9
Lentelių sąrašas .....	11
1. Įvadas .....	12
2. Apžvalginė dalis .....	14
2.1. Autonominė energetikos sistema .....	14
2.2. Teisės aktų apžvalga .....	14
2.3. Atliktų mokslinių tyrimų apžvalga .....	17
Baigiamųjų magistro darbų apžvalga.....	17
Mokslinių straipsnių apžvalga .....	17
2.4. Atsinaujinančių energijos išteklių potencialo Lietuvoje ir atsinaujinančių energijos išteklių technologijų apžvalga .....	18
Lietuvos pirminės energijos balanso apžvalga.....	18
Atsinaujinančių energijos išteklių potencialas .....	20
Biokuras .....	20
Kogeneracija .....	23
Saulės energijos panaudojimas .....	24
Vėjo energijos potencialas .....	29
2.5. Energijos šaltinių modeliavimo kompiuterinės programos .....	32
2.6. Saulės ir vėjo energijos skaičiavimo metodikos taikomos šiame tyrime .....	36
3. Tyrimo objektas .....	36
4. Energijos poreikių modeliavimas ir analizė .....	38

4.1. Duomenų šaltiniai .....	38
4.2. Elektros apkrovų skaičiavimas.....	39
4.2.1. Elektros apkrovos gyvenamuosiuose namuose modeliavimas .....	40
4.2.2. Elektros apkrovos visuomeninės paskirties pastatuose modeliavimas .....	43
4.3. Šilumos poreikių pastatų šildymui ir vėdinimui modeliavimas.....	47
4.4. Šilumos poreikių karšto vandens ruošimui modeliavimas.....	51
4.5. Apibendrinimas: elektros ir šilumos poreikio kitimas gyvenvietėje.....	55
4.6. Energijos poreikių skaičiavimo išvados.....	56
5. Aprūpinimo energija sistemų analizė.....	57
5.1. Objekto aprūpinimo energija variantų aprašymas.....	57
5.2. Prisijungimas prie šalies elektros tinklų ir dujinės katilinės įrengimas .....	58
5.3. Kogeneracinės jėgainės įrengimas .....	61
5.4. Saulės kolektorių įrengimas .....	65
5.5. Vėjo jėgainių ir kogeneracinės jėgainės įrengimas.....	67
5.6. Sistemų vertinimo energetinio nepriklausomumo požiūriu išvados.....	69
6. Socio-ekonominis vertinimas.....	70
6.1. Ekonominis (finansinis) vertinimas .....	70
6.2. Socio-ekonominis vertinimas.....	75
Išvados .....	81
Literatūros sąrašas .....	83

## Paveikslų sąrašas

1 pav. Pirminės energijos vartojimo struktūra Lietuvoje, 2007 m. [20] .....	19
2 pav. Lietuvos pirminės energijos vartojimo struktūra 2010 m. [21].....	19
3 pav. Biokuro panaudojimas Lietuvoje [22].....	23
4 pav. Saulės energijos potencialas Europoje .....	25
5 pav. Saulės spinduliuotė į pasvirusius paviršius 2010-aisiais metais .....	28
6 pav. Metiniai saulės spinduliuotės kiekiai patenkantys į skirtingai orientuotus paviršius	28
7 pav. Vidutinis vėjo greitis 80 m aukštyje [26] .....	29
8 pav. Vėjo greičių žemėlapis .....	30
9 pav. Vėjo turbinų pagaminamo elektros kiekio palyginimas.....	31
10 pav. Elektros paros poreikio kitimas .....	41
11 pav. Valandinių elektros apkrovų kitimas gyvenamuosiuose namuose.....	42
12 pav. Elektros apkrova didžiausio vartojimo dekadą .....	43
13 pav. Elektros apkrova mažiausio vartojimo dekadą.....	43
14 pav. Visų kvartalo vartotojų valandinių elektros apkrovų kitimas metų bėgyje.....	45
15 pav. Elektros apkrovų kitimas didžiausio vartojimo dekadą .....	46
16 pav. Elektros apkrovų kitimas mažiausio vartojimo dekadą.....	46
17 pav. Elektros suvartojimo pasiskirstymas .....	47
18 pav. Šilumos poreikio šildymui ir vėdinimui kitimas 2010-aisiais metais .....	48
19 pav. Šilumos poreikis šalčiausią 2010-ųjų metų dekadą (sausio 21-30 dienomis).....	49
20 pav. Mažųjų šilumos vartotojų šilumos poreikis šalčiausią 2010-ųjų metų dekadą (sausio 21-30 dienomis) .....	49
21 pav. Šilumos poreikis 2010-ųjų metų pereinamuoju laikotarpiu (balandžio 21-30 d.)...50	
22 pav. Mažųjų šilumos vartotojų šilumos poreikis 2010-ųjų metų pereinamuoju laikotarpiu (balandžio 21-30 d.) .....	50
23 pav. Šilumos poreikio šildymui ir vėdinimui pasiskirstymas pagal vartotojus.....	51
24 pav. Šilumos poreikio karštam vandeniui ruošti kitimas didžiausio vartojimo dekadą (gruodžio 21-30 d.).....	52

25 pav. Mažųjų karšto vandens vartotojų šilumos poreikio kitimas didžiausio vartojimo dekada.....	53
26 pav. Šilumos poreikio karštam vandeniui ruošti kitimas mažiausio vartojimo dekadą (birželio 21-30 d.).....	53
27 pav. Mažųjų karšto vandens vartotojų šilumos poreikio kitimas mažiausio vartojimo dekadą.....	54
28 pav. Šilumos poreikio karšto vandens ruošimui pasiskirstymas tarp vartotojų.....	54
29 pav. Elektros ir šilumos apkrovos kitimas per metus.....	55
30 pav. Elektros ir šilumos poreikio kitimas vasarą .....	56
31 pav. Gyvenvietės šilumos poreikių kumuliacinis grafikas.....	58
32 pav. Dujinės katilinės katilų darbo režimai.....	59
33 pav. Dujinių katilų darbo režimas sausio 1-7 d.....	60
34 pav. Dujinių katilų darbo režimas balandžio 11-17d.....	60
35 pav. Kogeneracinės jėgainės pagrindinė schema [23] .....	61
36 pav. Elektros poreikis gyvenvietėje sausio 1-7 d. ir aprūpinimo šaltiniai .....	62
37 pav. Sistemos įrenginių veikimo sausio 19-22 d. grafikas.....	63
38 pav. ŠGĮ dalis šilumos gamyboje.....	64
39 pav. Saulės kolektorių sistemų pagamintas šilumos kiekis.....	66
40 pav. Analizuotų saulės kolektorių sistemų efektyvumas .....	66
41 pav. Saulės energijos dalis karšto vandens ruošimui .....	67
42 pav. Kogeneratoriaus (KG) ir vėjo jėginių gaminamo energijos pertekliaus (eksporto) ir trūkumo (importo) trukmė.....	68
43 pav. Kogeneratoriaus (KG) ir vėjo jėginių gaminamo energijos pertekliaus (eksporto) ir trūkumo (importo) balansas .....	68
44 pav. Nagrinėjamų variantų ekonominiai rodikliai .....	73
45 pav. Paprastojo atsipirkimo laiko skaičiavimo rezultatai.....	73
46 pav. Grynosios dabartinės vertės kitimas (taupytojo požiūriu).....	74
47 pav. Per vienerius veiklos metus sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai/metus)....	75
48 pav. Per įrenginių tarnavimo laiką sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai).....	76

49 pav. Įrengimo metu sukuriamų darbo vietų dalis šalyje (žm. metai) .....	77
50 pav. Eksploatacijos metu sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai) .....	77
51 pav. Kuro gavybai sukuriamos darbo vietos (žm. metai).....	78
52 pav. Iš viso sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai) .....	78
53 pav. Aprūpinimo energija sistemų įrengimo kaštų palyginimas.....	79
54 pav. Aprūpinimo energija sistemų eksploatacijos kaštų per visą tarnavimo laikotarpį palyginimas.....	79
55 pav. Aprūpinimo energija sistemų išlaidų kurui per visą tarnavimo laiką palyginimas .	80
56 pav. Visų išlaidų per sistemų tarnavimo laiką palyginimas.....	80

## **Lentelių sąrašas**

1 lentelė. Vidutinis daugiamečių saulėtų valandų skaičius ir saulės spinduliuotė Vilniaus regione .....	27
2 lentelė. Nagrinėjamos gyvenvietės energijos vartotojų struktūra .....	37
3 lentelė. Norminių ir 2003-2010 faktinių oro temperatūrų palyginimas .....	38
4 lentelė. Elektros apkrovos ir metinis poreikis [37]. .....	39
5 lentelė. Projektinės instaliuotos galios šildymui ir vėdinimui .....	48
6 lentelė. Šilumos poreikių karšto vandens ruošimui skaičiavimas.....	51
7 lentelė. Analizuojamų saulės kolektorių sistemų charakteristikos.....	65
8 lentelė. Įrenginių ekonominiai rodikliai [45] .....	71
9 lentelė. Suvestiniai nagrinėjamų aprūpinimo energija sistemų rodikliai .....	72
10 lentelė. Vertinamų technologijų įrengimo sukuriamų darbo vietų vidutinės vertės .....	75

## 1. Įvadas

### Tyrimo problema ir aktualumas

Lietuvoje mažai dėmesio skiriama kompleksiniam, integruotam aprūpinimo energija sistemų projektavimui ir energijos planavimui. Toks planavimas naudingas ne tik energetiniu ir ekonominiu požiūriais, bet ir atitinka darnaus vystymosi koncepciją. Dažnai vertinant energetikos projektus dėmesys skiriamas tik finansiniam rentabilumui, kuris ne visada tiksliai parodo projekto naudą vartotojams ir visai valstybei. Tokią naudą įvertina socio-ekonominis vertinimas, kuris gali atskleisti ne tik kiek finansų reikia projekto įgyvendinimui, bet ir iš kur tie finansai ateina bei kas iš jų gauna naudą. Šio tyrimo vienas iš tikslų – parodyti tokio planavimo ir tokio vertinimo svarbą. Atliekant naujų gyvenviečių ar kvartalų aprūpinimo energija varianto parinkimą, turi būti atsižvelgiama į kitų (labiau patyrusių) šalių patirtį ir pavyzdžius rengiant panašius projektus. Kyla klausimas, ar įmanomas ir ar ekonomiškai pateisinamas nepriklausomas (visiškai ar iš dalies) apsirūpinimas energija? Tai aktualu, nes nėra aišku, ar Lietuva turės naują AE (o jei ir turės, tai ji neužtikrins energetinės nepriklausomybės), kada bus nutiesti elektros tiltai į Lenkiją ir Švediją (kurie taip pat jokios energetinės nepriklausomybės neužtikrina). Todėl autonomiškas naujai statomų ir jau esamų gyvenviečių ar kvartalų apsirūpinimas energija leistų išvengti priklausomybės nuo energijos tiekimo iš kitų šaltinių, kurie dažnai būna politizuoti. Nacionalinėje energetikos (energetinės nepriklausomybės) strategijoje iškeltas tikslas 2020 metais pasiekti, kad 20 % elektros ir 60 % šilumos energijos būtų pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių ir pasiekta energetinė nepriklausomybė nuo importuojamo kuro. Vienintelis būdas tapti visiškai nepriklausomiems – naudoti vietinius atsinaujinančius energijos išteklius. Jų panaudojimas ir jo techninis galimumas, ekonominė ir socio-ekonominė nauda vertinami šiame tyrime.

### Tyrimo objektas

Šiam tyrimui formuojamas gyvenvietės modelis, sukurtas remiantis darnaus miesto koncepcija, miestų planavimo teorija ir statistikos duomenimis apie įvairių įstaigų plotus tenkančius vienam gyventojui, kad kuriama energijos vartotojų struktūra taptų kiek galima artimesnė vidutiniam Lietuvos miestui. Planuojama, kad nagrinėjamame objekte gyventų 10 tūkst. gyventojų, būtų gyvenamieji, viešosios paskirties pastatai (mokyklos, ligoninės, prekybos centrai ir pan.).

### Tyrimo tikslas

Šio tyrimo tikslas – įvertinti, ar įmanomas techniškai ir ar ekonomiškai pateisinamas autonomiškas objekto aprūpinimas energija.

Tikslui pasiekti sprendžiami tokie uždaviniai:

- 1) objekto savo energijos vartotojų struktūra artimo vidutiniam vidutinio dydžio Lietuvos miestui suformavimas;
- 2) atsinaujinančių energijos išteklių Lietuvoje potencialo ir jų panaudojimo technologijų apžvalga;
- 3) atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo skaičiavimo metodų apžvalga;
- 4) objekto šilumos ir elektros poreikių skaičiavimas ir poreikių kitimo laike modeliavimas;
- 5) objekto aprūpinimo energija variantų parinkimas;
- 6) aprūpinimo energija variantų technologinių įrenginių veikimo režimo modeliavimas ir poreikių užtikrinimo analizė;
- 7) aprūpinimo energija variantų ekonominis ir socio-ekonominis įvertinimas.

#### **Tyrimo taikymo sritis**

Šis tyrimas ir jo metu suformuotas modelis gali būti pritaikytas naujai statomų arba aprūpinimo energija sistemas atnaujinančių gyvenviečių energijos poreikių, technologinių įrenginių veikimo analizei ir socio-ekonominiam vertinimui.

## **2. Apžvalginė dalis**

Atsižvelgiant į tyrimo problemą ir uždavinius atliekant literatūros apžvalgą ieškota informacijos apie darnaus energetikos planavimo pavyzdžius, metodikas, nacionalinius tikslus. Tam tikslui buvo nagrinėti Lietuvos Respublikos teisės aktai, įvardijantys šalies energetikos vystymosi kryptis, Vilniaus Gedimino technikos universiteto pastatų energetikos katedros magistrantų ankščiau parašyti baigiamieji darbai susijusiomis temomis, įvairių autorių moksliniai straipsniai ir kiti informacijos šaltiniai.

### **2.1. Autonominė energetikos sistema**

Šiuolaikinis darnaus vystymosi požiūris ir mokslas visuomenės apsirūpinimą energija suvokia kaip integruotą pirminės energijos transformavimo, tiekimo ir energijos galutinio vartojimo sistemų veikimą ir plėtrą [1]. Darnusis vystymasis apibrėžiamas kaip ilgalaikė visuomenės vystymosi koncepcija, užtikrinanti dabartinės visuomenės poreikių tenkinimą, kartu nemažinant ateinančių kartų galimybės tenkinti savuosius. Lietuvos nacionalinėje energetikos strategijoje bei kituose su energetika susijusiuose teisės aktuose įvardinami tikslai (energijos vartojimo efektyvumo didinimas, atsinaujinančių energijos išteklių dalies didinimas šalies energetiniame balanse, centralizuoto energijos tiekimo ir poligeneracijos skatinimas ir kt. ) atitinka darniosios plėtros koncepcijos nuostatas.

Autonominė energetikos sistema šiame tyrime apibūdinama kaip visiškai nepriklausoma nuo didesnės energetikos sistemos (pvz. nuo nacionalinio elektros tinklo).

### **2.2. Teisės aktų apžvalga**

2007 metų Nacionalinėje energetikos strategijoje keliami tokie bendrieji su ES valstybėmis strateginiai Lietuvos energetikos tikslai:

- 1) energetinis saugumas;
- 2) darni energetikos sektoriaus plėtra;
- 3) konkurencingumas;
- 4) efektyvus energijos naudojimas.

Siekiant bendrųjų energetikos strateginių tikslų ir esminio Lietuvos energetinio saugumo padidinimo, nustatomi šie nacionalinės energetikos plėtros tikslai:

1) kompleksiskai integruoti Lietuvos energetikos sistemas, ypač elektros ir dujų tiekimo sektorius, į ES sistemas ir ES energetikos rinką;

2) plėtoti pirminių energijos šaltinių įvairovę atkuriant branduolinę energetiką ir sparčiais tempais didinti atsinaujinančių ir vietinių šaltinių lyginamąjį svorį, užtikrinti, kad iš vienos šalies

tiesiamų gamtinių dujų dalis, naudojama energijos gamybai, metiniame Lietuvos kuro balanse būtų ne didesnė kaip 30 %;

3) gerinti energijos naudojimo efektyvumą ir taupyti energijos sąnaudas;

4) elektros energijos, pagamintos kogeneracinėse jėgainėse per šildymo sezoną, dalį bendrame elektros gamybos balanse padidinti 2025 metais iki 35 % [2].

Vietinių ir atsinaujinančių energijos išteklių, įskaitant cheminių procesų energiją, (toliau – vietiniai energijos ištekliai) dalis (neskaitant vietinės naftos) bendrame pirminės energijos balanse 2005 m. sudarė 10,8 % (0,94 mln. tne). Siektina, kad vietinių energijos išteklių 2025 m. būtų sunaudojama apie 2 mln. tne (iš jų biodegalų – apie 450 tūkst. tne), o tai pirminės energijos balanse sudarytų apie 20 %.

Siekiant maksimaliai panaudoti vietinius energijos išteklius ir taip sumažinti kuro importą bei dujų naudojimą elektros ir centralizuotai tiekiamos šilumos gamyboje, sukurti naujų darbo vietų ir sumažinti CO<sub>2</sub> išmetimą, bus parengta ir įgyvendinama spartesnio biokuro panaudojimo šilumai ir elektros energijai gaminti programa, numatanti:

1) panaudojant modernias technologijas, naudoti visą ekonomiškai pateisinamą miško kirtimo atliekų potencialą, kuris 2025 m. sudarys apie 180 tūkst. tne (investicijos apie 120 mln. litų);

2) sukurti ir įgyvendinti šiaudų surinkimo, sandėliavimo, transportavimo ir jų panaudojimo centralizuoto šilumos tiekimo įmonėse logistikos sistemą. Ekspertų vertinimu, Lietuvos žemės ūkyje lieka nepanaudotų šiaudų, kurių energetinė vertė 2025 m. gali sudaryti apie 120 tūkst. tne (investicijos apie 60 mln. litų);

3) įveisti energetinių želdinių plantacijas ir nuolat plėsti jų plotus, 2015 m. energetinėms reikmėms patiekti apie 45 tūkst. tne, o 2025 m. – apie 70 tūkst. tne;

4) organizuoti komunalinių atliekų rūšiavimą ir pastatyti šių atliekų deginimo įrenginius Vilniuje iki 2010 m., vėliau Kaune, Klaipėdoje, Šiauliuose ir Panevėžyje, pakeičiant apie 120 tūkst. tne organinio kuro (investicijos apie 1 mlrd. litų);

5) 2025 m. biodegalais pakeisti apie 450 tūkst. tne naftos produktų, atitinkamai išplečiant rapsų ir kitų aliejinių augalų plotus bei biodyzelino gamybą, taip pat visapusiškai remti bioetanolio gamybą, taikant naujausias technologijas ir panaudojant kuo įvairesnes žaliavas (investicijos apie 300 mln. litų) [2].

Naujausioje energetikos strategijoje, kurią Vyriausybė patvirtino 2010 metų spalį, o Seimas patvirtino 2011 metais, numatomų energetikos kryptių ir veiksmų svarbiausias tikslas – Lietuvos energetinės nepriklausomybės iki 2020 m. užtikrinimas. Prognozuojama, kad tam reikės 29 – 41 mlrd. Lt investicijų, bet įgyvendinus tikslus bus kasmet sutaupomi 3 – 4 mlrd. Lt išleidžiamų importuojamam kurui, užtikrintas energijos tiekimas, stabilios elektros energijos

kainos, gyventojams sumažės šildymo kaštai, bus sukurta 5 – 6 tūkst. darbo vietų energetikos sektoriuje, investicijos skatins ekonomiką statybų ir paslaugų sektoriuose ir svarbiausia – pasiekta energetinė nepriklausomybė.

Su atsinaujinančiais energijos ištekliais susiję strategijos tikslai:

- didesnė AEI dalis elektros energijos gamyboje;
- didinti šilumos gamybą iš biomasės (kogeneracinėse jėgainėse ir katilinėse);
- efektyviai panaudoti buitines atliekas šilumos gamybai;
- panaudoti atliekinę šilumos energiją;
- 20 % elektros pagaminama iš AEI (daugiausia iš biomasės ir vėjo energijos);
- Kruonio HAE 5-ojo bloko statyba;
- 60 % centriniam šildymui sunaudotos energijos iš biomasės;
- 10 % kuro iš AEI.

Iki 2020 m kasmet 1,5 % padidinti galutinio energijos vartojimo efektyvumą. Čia didžiausias potencialas yra gyvenamųjų namų ir viešojo sektoriaus pastatuose (šilumos vartojimo efektyvumo didinimas), transporte ir pramonėje [4].

Nacionaliniame atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo plėtros 2010 – 2020 metų veiksmų plane numatytos organizacinės, teisinės, ekonominės, technologijų tobulinimo ir diegimo, taikomųjų mokslinių darbų, visuomenės švietimo ir informavimo priemonės atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo plėtrai, taip pat šių priemonių įgyvendinimo stebėsenai atlikti.

Energetinės priklausomybės mažinimas, vietinių, atliekinių ir atsinaujinančių energijos išteklių didinimas šalies bendrame energijos balanse, „šiltnamio“ dujų mažinimas ir naujų energijos gamybos technologijų atsiradimas energetikos sektoriuje nėra vienareikšmiai procesai. Jie daro ekonominę, technologinę, socialinę ar politinę įtaką [1].

Europos Sąjungos direktyva dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją nustato, kad valstybės narės planuojant, projektuojant, statant ir atnaujinant pramoninius ar gyvenamuosius rajonus, turi skatinti sistemų ir įrenginių, kurie skirti elektros energijos, šildymo ir aušinimo iš atsinaujinančios energijos išteklių naudojimui, taip pat centralizuoto šilumos ir vėsos tiekimo diegimą. Taip pat valstybės užtikrina, kad visiems susijusiems subjektams, visų pirma projektuotojams ir architektams, būtų parengtos gairės, kad planuodami, projektuodami, statydami ir rekonstruodami pramoniniu ar gyvenamuosius rajonus jie galėtų tinkamai apsvarstyti, kaip būtų galima optimaliai suderinti atsinaujinančius energijos išteklius, didelio efektyvumo technologijas ir centralizuotą šilumos bei vėsos tiekimą [5]. Kiekvienai valstybei narei numatomas nacionalinis AEI dalies šalies energetiniame balanse rodiklis, kurį valstybė turi pasiekti 2020 m. Lietuvoje AEI dalis turės sudaryti 23 % bendrame pirminės energijos balanse.

Apibendrinant teisės aktų apžvalgą galima remtis viename dokumente parašytais žodžiais: atsinaujinančių išteklių energijos plėtra padės užtikrinti tvarų aprūpinimą energija ir skatinti tolesnę šilumos ir elektros energijos gamybos iš AEI, atsinaujinančių energijos išteklių transportui gamybos ir naudojimo technologijų diegimą, naudojimą ir vystymąsi bei atsinaujinančių išteklių energijos vartojimą, ypač atsižvelgiant į išmetamų į aplinką teršalų mažinimą, iškastinių energijos išteklių tausojimą ir priklausomybės nuo energijos importo mažinimą [3].

### **2.3. Atliktų mokslinių tyrimų apžvalga**

#### **Baigiamųjų magistro darbų apžvalga**

Apžvelgus baigiamuosiuose magistro darbuose atliktus tyrimus pastebėta, kad dažniau buvo atliekami jau esamų, o ne naujai planuojamų gyvenviečių, miestų, kvartalų ar atskirų pastatų grupių aprūpinimo energija tyrimai. Dažniausiai aprūpinimo energija galimybės vertinamos energetiniu, ekonominiu ir ekologiniu požiūriais [6]. Yra darbų, kuriuose pritaikyti gyvavimo ciklo arba daugiakriterės analizės metodai [7]. Socialinis vertinimas atliktas tik viename darbe [8], kuriame buvo nagrinėjamos realios gyvenvietės aprūpinimo energija galimybės. Tokiu atveju socialinis vertinimas atliktas apklausos būdu.

Didelės energetinės sistemos nagrinėtos tik 2 tyrimuose: viename iš jų tyrimas atliktas Širvintų miesto kvartalui [6], kitame urbanistiniam moduliui [9]. Daugiau atlikta tyrimų individualių objektų (sodybų arba pavienių namų) [10], [11] ir nedidelių gyvenviečių [12], [13], [14] ir [8]. Be to, beveik visuose minėtuose darbuose analizuojamas tik objekto aprūpinimas šilumine energija, išskyrus [9], kuriame analizuojamas ir aprūpinimas elektros energija.

Artimiausias šiame tyrime nagrinėjamai temai magistro baigiamasis darbas yra *Integruoto urbanistinio modulio aprūpinimo energija sistemų tyrimai* [9]. Jame išsamiai aprašyti urbanistinio modulio kūrimo principai, išnagrinėtas elektros ir šilumos valandinių poreikių kitimas metų bėgyje, pateiktos rekomendacijos tolimesniam tyrimui, į kurias atsižvelgiama atliekamo tyrimo metu. Taip pat šiame tyrime naudojami kai kurie elektros ir karšto vandens apkrovų koeficientai. Jų panaudojimas išsamiau aprašytas tolimesniuose skyriuose.

#### **Mokslinių straipsnių apžvalga**

Studijuojant mokslinius straipsnius didžiausias dėmesys buvo skiriamas atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo aprūpinimo elektros ir šilumos energija galimybes bei kogeneraciją nagrinėjantiems tyrimams bei socio-ekonominį vertinimą taikantiems darbams, tokio vertinimo modelius aprašantiems straipsniams.

Rasta straipsnių nagrinėjančių aprūpinimo energija sistemas, naudojančias kelių AEI derinį, atskiram pastatui [15], didelės galios kogeneracinį įrenginį, naudojančią biomasę,

aprūpinantį energija Austrijos sostinę Vieną ir sąlygas reikalingas sėkmingam tokio projekto įgyvendinimui [16]. Pastarąjį objektą energija aprūpina medienos atliekas deginanti kogeneracinė jėgainė, kurios šiluminė galia yra 65,7 MW, o per metus sudeginama 600 000 m<sup>3</sup> medienos drožlių. Išskiriami keletas tokios energetinės sistemos privalumų: didelė sukurtos pridėtinės vertės dalis lieka regione, sukurta daug darbo vietų, pasiekta energetinė nepriklausomybė ir saugumas. Taip pat didelę svarbą šiame objekte turi didelė gyventojų koncentracija regione, kuri santykinai sumažina transporto išlaidas [16].

Rasta straipsnių, kuriuose socialinis-ekonominis įvertinimas aprašytas ir pritaikytas konkrečioms objektams, pvz. šiuo metodu analizuotas Ispanijos autonominio regiono Aragono atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo poveikis sukuriant darbo vietas, tų darbo vietų kokybei ir kitiems veiksniams, susijusiems su socio-ekonominiu teritorijos vystymuisi: technologiniam vystymuisi, pajamoms vienam gyventojui, teritoriniam ir žmogiškojo kapitalo vystymuisi [17]; arba Slovėnijos ir Kroatijos pasirinktų regionų medienos gamybos įvertinimas panaudojant SCORE modelį, kuris įvertina 15 socialinių, ekonominių ir aplinkosauginių aspektų, susijusių su padidėjusiu biomasės iš miškų naudojimu [18].

Peržvelgus šiuos mokslinius straipsnius galima daryti išvadą, kad autonomiško aprūpinimo energija sistemos gali būti taikomos labai įvairaus dydžio objektams ir panaudojant įvairias technologijas.

Išnagrinėjus informacijos šaltinius galima teigti, kad autonomiškumas aprūpinant gyvenvietę energija gali būti pasiektas tik naudojant vietinius ir atsinaujinančius energijos išteklius. Šių išteklių vartojimo skatinimas yra ir vienas svarbiausių Lietuvos energetikos uždavinių norint 2020 metais pasiekti energetinę nepriklausomybę. Todėl tolesnėje darbo eigoje dėmesys skiriamas būtent vietinius ir atsinaujinančius energijos išteklius naudojančioms šilumos ir elektros energijos gamybos įrenginiams, kogeneracijai, vėjo ir saulės energetikai, ir ypatingai biokuro panaudojimui.

#### **2.4. Atsinaujinančių energijos išteklių potencialo Lietuvoje ir atsinaujinančių energijos išteklių technologijų apžvalga**

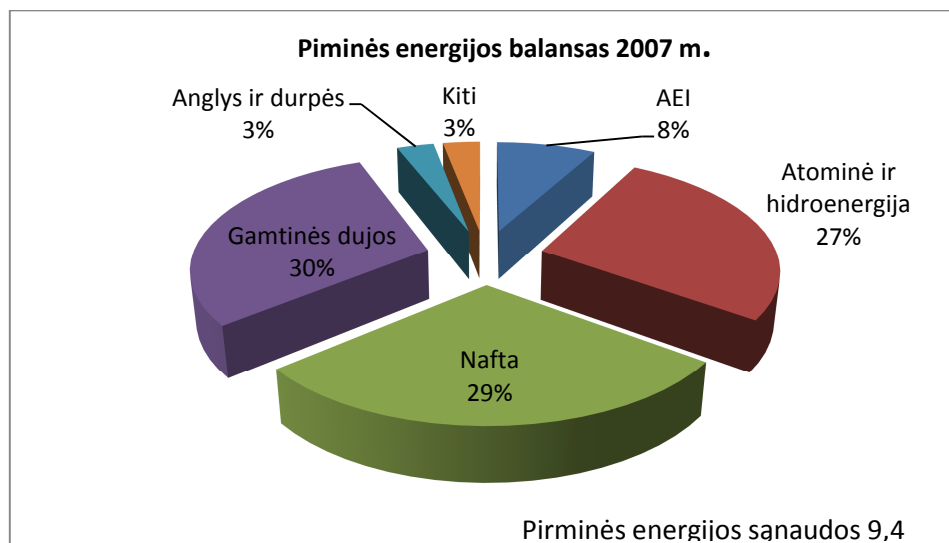
##### **Lietuvos pirminės energijos balanso apžvalga**

Energijos ištekliai skirstomi į tokias grupes:

- neatsinaujinantys energijos ištekliai ir perdirbti jų produktai – nafta, anglis, gamtinės dujos, branduolinė energija, durpės, degieji skalūnai;
- atsinaujinantys ištekliai – vandens, potvynių potencinė energija, Saulės, vėjo energija, Žemės gelmių šilumos energija;

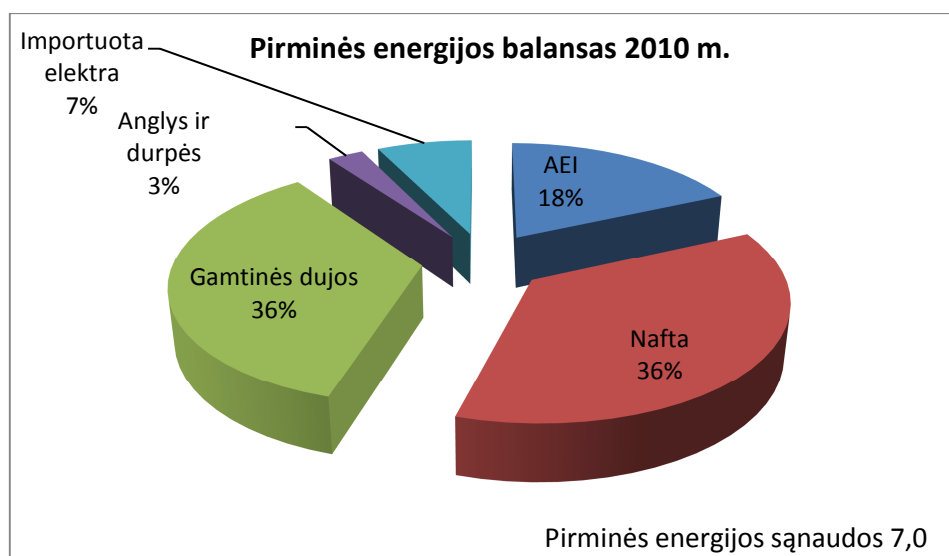
- žmogaus veiklos produktai, priskiriami atsinaujinantiems ištekliams – medienos pramonės ir žemės ūkio produkcijos gamybos atliekos, komunalinės ir kitos degios atliekos, specialiai auginamas biokuras ir malkos, iš žemės ūkio produktų gaminami biodegalai [19].

Lietuvos pirminės energijos sąnaudos 2007 metais sudarė 9,4 mln. tne (naftos ekvivalento). 2007 metais Lietuvos pirminės energijos balanse didelės dalis sudarė gamtinės dujos, nafta bei atominė energija. Atsinaujinantys ištekliai sudarė tik 8 % pirminės energijos. Taigi, Lietuva buvo labai priklausoma nuo importuojamo kuro.



1 pav. Pirminės energijos vartojimo struktūra Lietuvoje, 2007 m. [20]

Uždarius Ignalinos AE elektros energija gaminama naudojant gamtines dujas arba importuojama. Taigi, energetinė priklausomybė nuo iš vieno tiekėjo tiekiamų gamtinių dujų tapo dar didesnė.



2 pav. Lietuvos pirminės energijos vartojimo struktūra 2010 m. [21]

2010 metų Lietuvos pirminės energijos balanse 36 % sudarė gamtinės dujos, 36 % nafta, atsinaujinančių energijos išteklių dalis išaugo iki 18 %, tačiau tai iš dalies lėmė energijos sąnaudų sumažėjimas dėl ekonomikos nuosmukio, o ne tik plačiau panaudojami AEI. Taip pat, pirminės energijos balanse atsirado importuojamos elektros energijos dalis, nes Lietuva uždarius Ignalinos AE nebepajėgia pati pasigaminti viso jai reikalingo elektros energijos kiekio ir iš elektrą eksportuojančios valstybės tapo elektrą importuojančia šalimi.

Kadangi šiame tyrime siekiama įvertinti aprūpinimo energija autonomiškumo galimybę, tai toliau dėmesys skiriamas atsinaujinantiems energijos ištekliams.

### **Atsinaujinančių energijos išteklių potencialas**

Atsinaujinantys energijos ištekliai yra reikšmingi sprendžiant Lietuvos energetikos problemas, kadangi Lietuva turi labai ribotus vietinio iškastinio kuro šaltinius ir didžiąją dalį tradicinių kuro rūšių atsiveža iš Rusijos, Ukrainos, Kazachstano ir Lenkijos. Šiuo metu visame pasaulyje ir ypač Europos sąjungoje skiriamas didelis dėmesys atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui, kadangi iškastinio kuro ištekliai sparčiai senka, nepaisant to, kad tobulinamos jų išgavimo technologijos ir atrandami nauji šaltiniai bei plėtojamos energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės. Be to, naudojant atsinaujinančius energijos išteklius ne tik reikia mažiau iškastinio kuro, bet ir sprendžiamos labai aktuali aplinkos taršos mažinimo problema [7]. Dar viena problema ypatingai aktuali Lietuvoje, - energetinis saugumas ir nepriklausomybė, ir jai keliamas didelis energetikų dėmesys, kuris pamažu randa atgarsį ir žiniasklaidoje bei politikoje. Šios problemos sprendime vienas iš svarbiausių veiksnių – AEI panaudojimo didinimas.

Dėl Lietuvos geografinės padėties, klimatinių sąlygų ir ribotų energijos išteklių įvairių atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo perspektyvos nėra vienodos. Šios priežastys bei brangios technologijos riboja vėjo, saulės, geoterminės energijos naudojimą. Poveikis gamtai ir kraštovaizdžiui, mažas upių nuolydis neleidžia plačiai panaudoti vandens energijos [7]. Tačiau pastaruoju metu saulės ir vėjo energijos technologijos sparčiai žengia į rinką ir tampa konkurencingos tradicinėms energijos generavimo technologijoms netgi Lietuvoje, o labiau išsivysčiusiose Europos šalyse kuriasi didelio dydžio energetinės sistemos, kurioms energija gaminama būtent iš Saulės ir vėjo.

### **Biokuras**

*Biomasa* – žemės ūkio (įskaitant augalinės ir gyvulinės kilmės medžiagas), miškų ūkio ir kitų susijusių pramonės šakų produktai ir atliekos ar šių produktų bei atliekų biologiškai skaidoma dalis, taip pat pramoninių ir buitinių atliekų biologiškai skaidoma dalis.

### **Mediena**

Medienos kuro metinis potencialas siekia apie 3 mln. m<sup>3</sup>. Panaudojama apie 2/3 viso medienos kuro potencialo. Dažniausiai medienos kuras klasifikuojamas pagal jo šaltinius:

- Medienos atliekos – tai šakos, žievė, spygliai ir lapai, susmulkinti trupintuvu į įvairaus dydžio gabaliukus;
- Skiedros yra tiekiamos iš medienos perdirbimo įmonių arba ruošiamos iš malkinės medienos smulkinant ją kapoklėmis. Skiedrų paviršius santykinai lygus, dydis 5-50 mm;
- Pjuvenos yra antrinis medienos pjovimo produktas, jų dydis 1-5 mm;
- Briketai gaminami supresuojant susmulkintą medieną į cilindro arba stačiakampio formos, didesnius kaip 25 cm gabaliukus;
- Panašiai gaminamas ir granuliuotas medienos kuras supresuojant išdžiovintą, smulkiai sutrupintą medieną. Granulės paprastai būna cilindro formos, mažesnio nei 25 mm skersmens;
- Pulverizuotas medienos kuras gaminamas iš išdžiovintos medienos žaliavos smulkinant ją į mažesnes nei 1 mm daleles (dulkes).

Šiuo metu vis dar nepanaudojama ir miškuose pūva medienos pramonės atliekos.

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija (LŠTA) skaičiuoja, kad Lietuvoje iš biokuro galima būtų pagaminti iki 85 proc. visos Centralizuoto šilumos tiekimo sektoriui reikalingos šilumos. Efektyviausiai biokuras yra išnaudojamas kogeneracinėse elektrinėse ir katilinėse [22].

### **Šiaudai**

Kasmet Lietuvoje susidaro apie 4 mln. t šiaudų. Iš jų kurui galima panaudoti apie 0,5 mln. t. šiuo metu veikia 5 šiaudais kūrenamos katilinės, kurių bendra galia – apie 3,5 MW. Energetiniams reikalams sunaudojama tik 1 proc. galimų išteklių.

### **Energetiniai augalai**

Lietuvoje yra apie 0,5 mln. ha pagal tiesioginę paskirtį nenaudojamų žemės naudmenų. Dalyje šių plotų galėtų būti auginamos energetinės kultūros. Naudojant jų žaliąją masę anaerobiniam perdirbimui, vasaros laikotarpiu padidėtų fermose įrengtų bioreaktorių energetinis potencialas, gautosios biodujos galėtų būti naudojamos šienai ir grūdams džiovinti, o perdirbta biomasė – dirvoms tręšti. Šiuo metu Lietuvoje veikia tik 5 jėgainės, anaerobiniu būdu perdirbančios biodegraduojančias organines kilmės atliekas ir gaminančios šilumą ir elektros energiją.

Be to, žemės ūkiui netinkamose žemėse galima būtų įveisti greitai augančių energijos augalų plantacijas. Esant vidutiniam derlingumui per metus būtų galima gauti 500 tūkst. t biomasės.

### **Durpės**

Didžiausi išžvalgyti durpių telkiniai tinkantys pramoniniam eksploatavimui, yra Šilutės, Radviliškio bei Rokiškio rajonuose. Bendras išžvalgytų durpių telkinių kiekis pagal 2006 metų duomenis yra 213,5 mln. t.

### **Komunalinės atliekos**

Komunalinių atliekų degioji dalis yra kuras, gaunamas mechaninio rūšiavimo būdu iš komunalinių atliekų.

### **Biodujos ir sąvartynų dujos**

Biodujos – dujos, pagamintos iš biomasės ir (ar) biologiškai skaidomos atliekų dalies, kurios gali būti išgrynintos iki gamtinių dujų kokybės, arba medienos dujos, skirtos naudoti kaip biokuras.

Sąvartynų dujos susidaro organinėms atliekoms biologiškai skylant anaerobinėse sąlygose. Pagrindiniai komponentai – metanas ir anglies dvideginis. Metanas (CH<sub>4</sub>) – tai degiosios dujos, pagrindinis gamtinių dujų komponentas. Žaliava biodujų gamybai gali būti maisto pramonės atliekos, gyvulių ir paukščių mėšlas, vandenvėlos įmonėse susidarantis dumblas ir pan. [7].

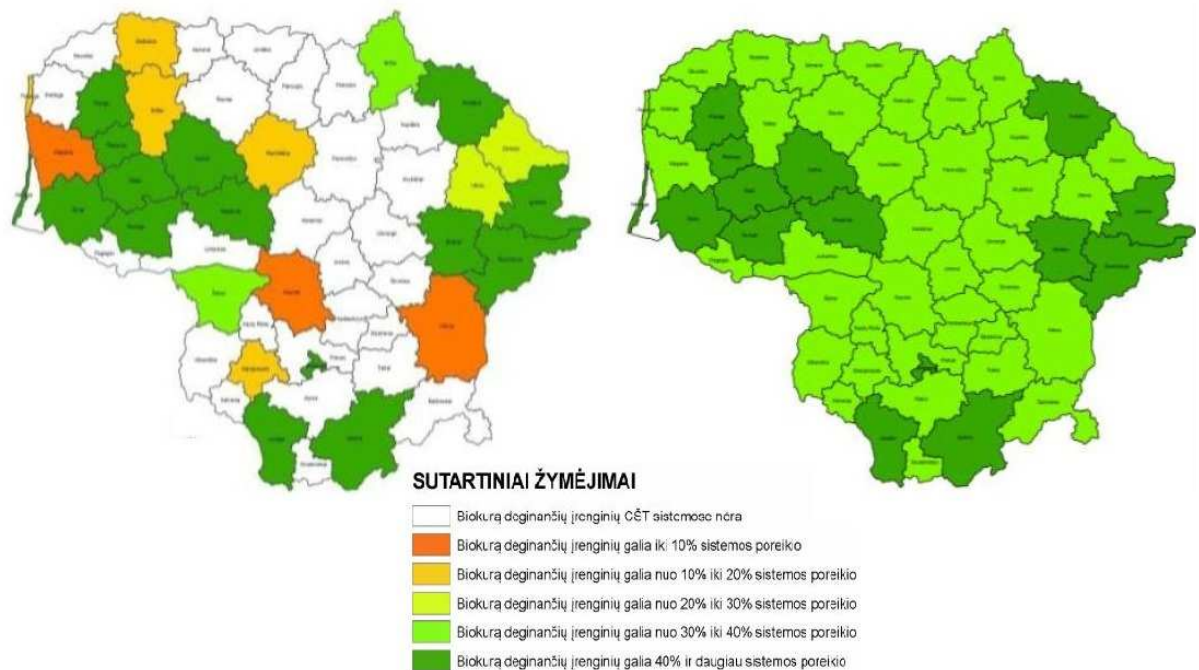
### **Biokuro naudojimo šilumos ir elektros gamybai privalumai pagal LŠTA:**

- energetinis saugumas – vienas iš ES ir Lietuvos strateginių energetikos tikslų yra šalių priklausomybės nuo importuojamo iškastinio kuro mažinimas bei energijos tiekimo patikimumo užtikrinimas. Naudodama vietinį kurą šalis tampa nepriklausoma nuo šalies, iš kurios importuoja iškastinį kurą, politikų ir monopolistų užgaidų;
- ekonominė nauda – šalies finansiniai ištekliai lieka viduje. Visi mokesčiai lieka valstybės biudžete, o ne iškeliuoja į kitos šalies biudžetą, todėl pagerėja šalies eksporto/importo balansas. Taip pat ekonominę naudą turi ir galutinis vartotojas, nes biokuro kaina yra apie 2 kartus mažesnė nei iškastinio kuro;
- ekologinė nauda – deginant biokurą išmetamas CO<sub>2</sub> kiekis nelaikomas teršalu, kadangi augdami augalai perdirba tiek pat CO<sub>2</sub> kiekį jo yra išmetama sudeginus tą kiekį medienos;
- socialinė nauda – kuriamos naujos darbo vietos biokuro gamybos ir ruošimo, miškų ūkio, energijos gamybos įmonėse, didinamas gyventojų užimtumas, panaudojamos nederlingos žemės energetinių augalų auginimui;

- estetinė nauda – sutvarkomi pakelių krūmynai;
- regionų plėtros nauda – biokurą galima gaminti visuose šalies regionuose ir taip tolygiai juos vystyti.

### **Biokuro panaudojimas ir panaudojimo galimybės**

Žemiau pateikto paveikslo kairėje pusėje pavaizduotas biokuro panaudojimas 2008 metais, dešinėje pusėje prognozuojamas biokuro panaudojimas 2020 metais.



**3 pav. Biokuro panaudojimas Lietuvoje [22]**

Žiūrint į šį žemėlapiį galima daryti išvadą, kad nagrinėjama energetinės nepriklausomybės (autonomiškumo) problema yra aktuali ir kad jos sprendimo būdai yra žinomi.

### **Kogeneracija**

Patikimumas ir darni plėtra – tai pagrindiniai uždaviniai, kuriais grindžiama Europos Sąjungos (ES) šalių, tarp jų ir Lietuvos, energetikos sektoriaus politika. Viena iš pagrindinių šių tikslų įgyvendinimo priemonių – šilumos ir elektros energijos gamyba vykstant bendram technologiniam ciklui (kogeneracija).

Kogeneracija yra bendra šilumos ir elektros gamyba, kai vieno technologinio proceso subproduktas naudojamas kito produkto gamybai, todėl kogeneracija sutaupo energijos išteklių (kuro) ir yra pripažįstama kaip viena iš priemonių, padedančių mažinti aplinkos užterštumą ir anglies dioksido emisiją. Susidomėjimas kogeneracija ES didėja, ir Direktyva 2004/8/EB numato kogeneracijos plėtrą skatinti ES teritorijoje.

Kogeneraciją dažniausiai diegia centralizuoto šilumos tiekimo įmonės, taip pat pramonės įmonės, naudojančios ir elektros ir šilumos energiją: cukraus fabrikai, chemijos pramonės įmonės, tekstilės įmonės, lentpjūvės ir pan.

Kogeneracijos proceso metu paprastai 7-50 % kure esančios energijos sunaudojama elektros energijai gaminti, 8-20 % kure esančios energijos virsta nuostoliais, o likusi kure esančios energijos dalis garo arba karšto vandens pavidalu irgi sunaudojama – pastatams šildyti, karštam vandeniui ruošti, technologiniams poreikiams tenkinti. Įprastiniu būdu gaminant tą patį šilumos ir elektros kiekį sunaudojama daugiau kuro, ir nuostoliai gali siekti net iki 50 %.

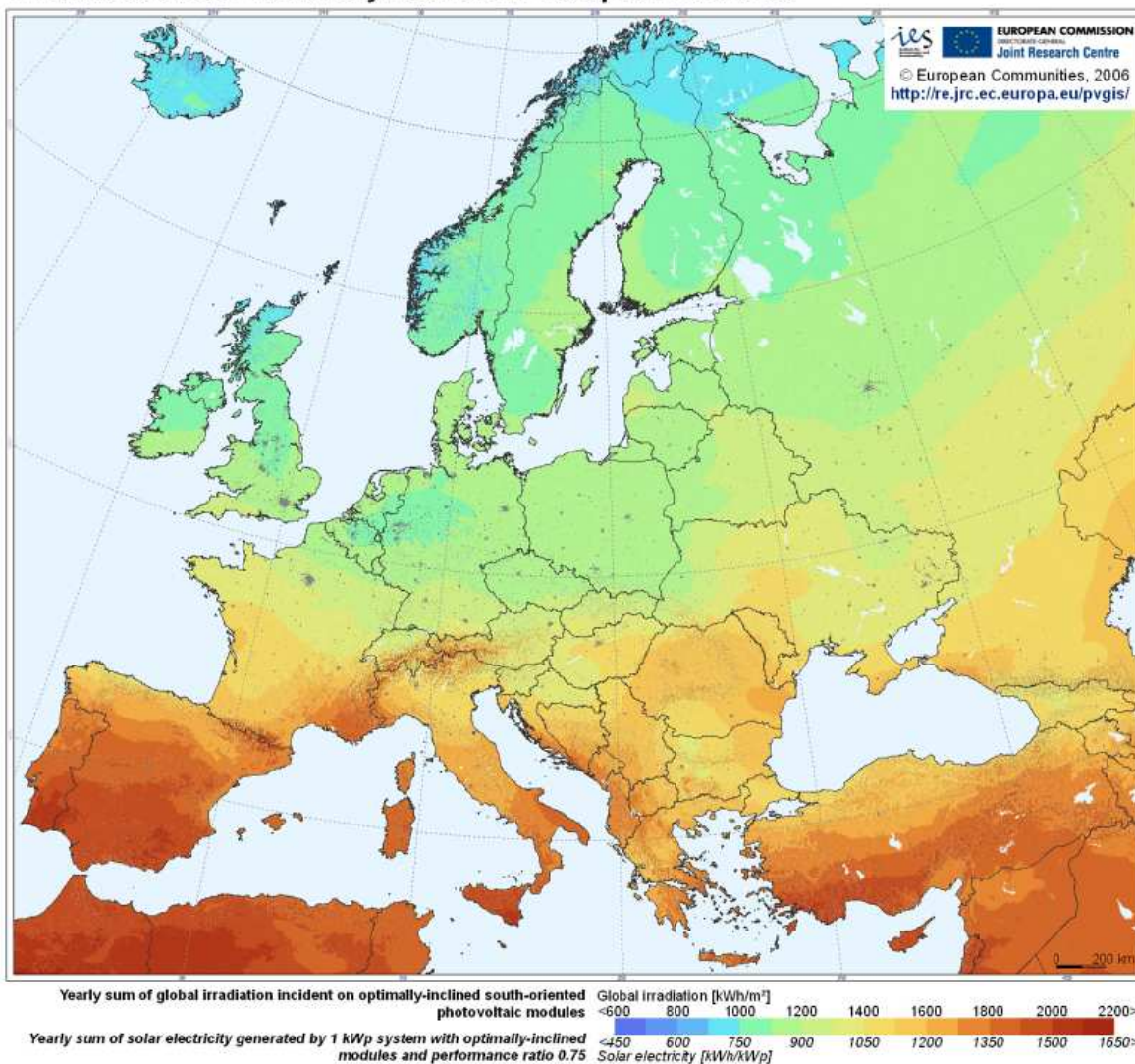
Kogeneracinėse jėgainėse gali būti naudojami įvairūs įrenginiai, besiskiriantys techniniais, eksploataciniais aspektais, efektyvumu ir kitais parametrais: kombinuoto ciklo dujų turbina su šilumos atgavimo sistema, priešslėginė garo turbina, kondensacinė garų išgavimo turbina, dujų turbina su šilumos atgavimo sistema, vidaus degimo variklis, mikroturbina, Stirlingo variklis, kuro elementai, garo variklis, organinis Rankino ciklas [23]. Priklausomai nuo technologijos kogeneracijos bendrasis (elektros ir šilumos) efektyvumas siekia 70-90 %. Kogeneracinėse jėgainėse galima naudoti įvairų skystą, kietą ar dujinį kurą.

Taigi, kogeneracijos nauda yra akivaizdi, todėl nagrinėjant gyvenvietės aprūpinimą energija kogeneracija bus viena iš svarbiausių alternatyvų.

### **Saulės energijos panaudojimas**

Vienintelis pasaulyje neišsenkantis energijos šaltinis ir visų kitų energijos šaltinių pagrindas - Saulės energija. Vien Saulės energija gali patenkinti visus pasaulio šilumos ir elektros poreikius.

## Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



### 4 pav. Saulės energijos potencialas Europoje

Saulės energijos potencialas Europoje parodytas 4 pav. Jame matyti, kad Lietuvoje į 1 kvadratinį metrą horizontalaus paviršiaus patenka apie 1000 kWh energijos, t.y. maždaug tiek pat kiek didžiojoje dalyje Vokietijos, Danijoje, ir netgi daugiau nei Švedijoje, kurioje saulės energetika išvystyta labai plačiai. Skaičiuojama, kad esant tokiam saulės energijos kiekiui galima ekonomiškai palankiomis investicijomis pagaminti iki 60 % šilumos reikalingos karštam vandeniui ruošti gyvenamuosiuose namuose statomuose Šiaurės Europos šalyse.

Įrenginys verčiantis saulės energiją į šiluminę vadinamas saulės kolektoriumi. Jame saulės energija sugerama ir perduodama šilumnešiu.

Populiariausi ir dažniausiai naudojami vakuuminiai ir plokštieji saulės kolektoriai.

Vakuuminiai kolektoriai pasižymi didesniu efektyvumu nei plokštieji, tačiau jų konstrukcija yra sudėtingesnė, o dėl jos ir juose naudojamo vakuumo jų kaina yra dvigubai didesnė nei plokščiųjų. Tuo tarpu, vienintelis vakuuminių kolektorių privalumas – mažesni šilumos nuostoliai dėl vakuumo – žiemos metu tampa didžiausiu trūkumu. Dažnai iškrentantis

sniegas kaupiasi ant vamzdelių („kolbų“), prišąla, ir sistema ilgam nustoja veikti. Padėtį dar gali pabloginti efektyvumui pagerinti naudojamas metalinis veidrodis, arba kitaip tariant, spindulių atšvaitas. Savaiminio nusivalymo efektas vakuominiuose kolektoriuose daug silpnesnis negu plokščiuosiuose saulės kolektoriuose [24].

Plokštieji saulės kolektoriai veikia efektyviau dar ir dėl to, kad vakuuminių kolektorių konstrukcijoms su šiluminiais vamzdžiais (angl. „heat pipe“) būdingas 20 – 30 min. „įsibėgėjimo“ laikas. Tiek laiko reikia, norint pasiekti tarpinio šilumnešio virimo temperatūrą „šilumos vamzdyje“. Kai debesuotumas kinta, vakuuminis saulės kolektorius tiesiog nespėja reaguoti į apšvitos pasikeitimus [24].

Plokštieji saulės kolektoriai daug geriau konvertuoja išsklaidytą saulės energetinę apšvitą, kuri mūsų klimato sąlygomis sudaro didelę dalį pereinamaisiais laikotarpiais ir vidutinio debesuotumo vasaromis. Saulėtą dieną jos dalis siekia ne daugiau kaip 20 %, o apsiniaukusią – išauga iki 80 – 100 % [24].

Saulės kolektoriai dažniausiai naudojami ne po vieną, o jungiami į serijas, o šios į sistemas. Saulės kolektorių sistemos pagal dydį skirstomos į 2 grupes“

- mažos sistemos – tokios, kurios įrengiamos ant pavienių pastatų stogų arba fasadų ir gamina šilumą tik tam pastatui;
- didelės sistemos – dideli kolektorių laukai, kurie šilumą gamina pastatų grupei ar gyvenvietei.

Lietuvoje iki šiol dažniau įrenginėjamos saulės kolektorių sistemos individualiuose namuose, o štai Skandinavijos šalyse saulės energija plačiai naudojama ir didelėse centralizuoto šilumos tiekimo sistemose. Danijoje sistemų, kuriose saulės kolektorių plotas didesnis nei 3 000 m<sup>2</sup> šiuo metu įrengta 20. Didžiausia iš jų įrengta 1996 – 2001 metais. Joje įrengta 18 000 m<sup>2</sup> saulės kolektorių, kurie per metus vidutiniškai pagamina 8 500 MWh šilumos energijos, o tai sudaro 30 % gyvenvietės metinio šilumos poreikio. Maksimali sistemos galia siekia 13,5 MW. Ši sistema kainavo 50 mln. Danijos kronų (beveik 25 mln. litų) ir atsipirko per 9 metus. Tikimasi, kad praėjus 25 metams nuo įrengimo šios sistemos uždirbtas pelnas sieks 34 mln. kronų (beveik 17 mln. litų) [25]. Taigi, Danija yra puikus pavyzdys, įrodantis, kad saulės energiją naudoti didelėse centralizuoto šilumos tiekimo sistemose apsimoka.

Pagal šildymo būdą saulės kolektorių sistemos skirstomos į tiesiogines ir netiesiogines. Tiesioginėse sistemose šildomas tas pats šilumnešis, kuris cirkuliuoja šildymo ar karšto vandens sistemoje. Tokios sistemos yra pigesnės, tačiau jos yra nepatikimos. Netiesioginėse šildymo sistemose per saulės kolektorius cirkuliuoja tarpinis šilumnešis (dažniausiai vandens ir etilengliukolio mišinys), kuris šilumą į šildymo arba karšto vandens sistemą perduoda per

šilumokaičius arba akumuliacinę talpą. Pastarosios sistemos yra efektyvesnės, patikimesnės. Jos paprastai turi ir papildomą šilumos šaltinį, kuris pašildo sistemą, kai saulės energijos nepakanka.

Pagrindiniai klimatiniai duomenys apie Saulės energiją Vilniaus regione pateikti lentelėje.

**1 lentelė. Vidutinis daugiamečių saulėtų valandų skaičius ir saulės spinduliuotė Vilniaus regione**

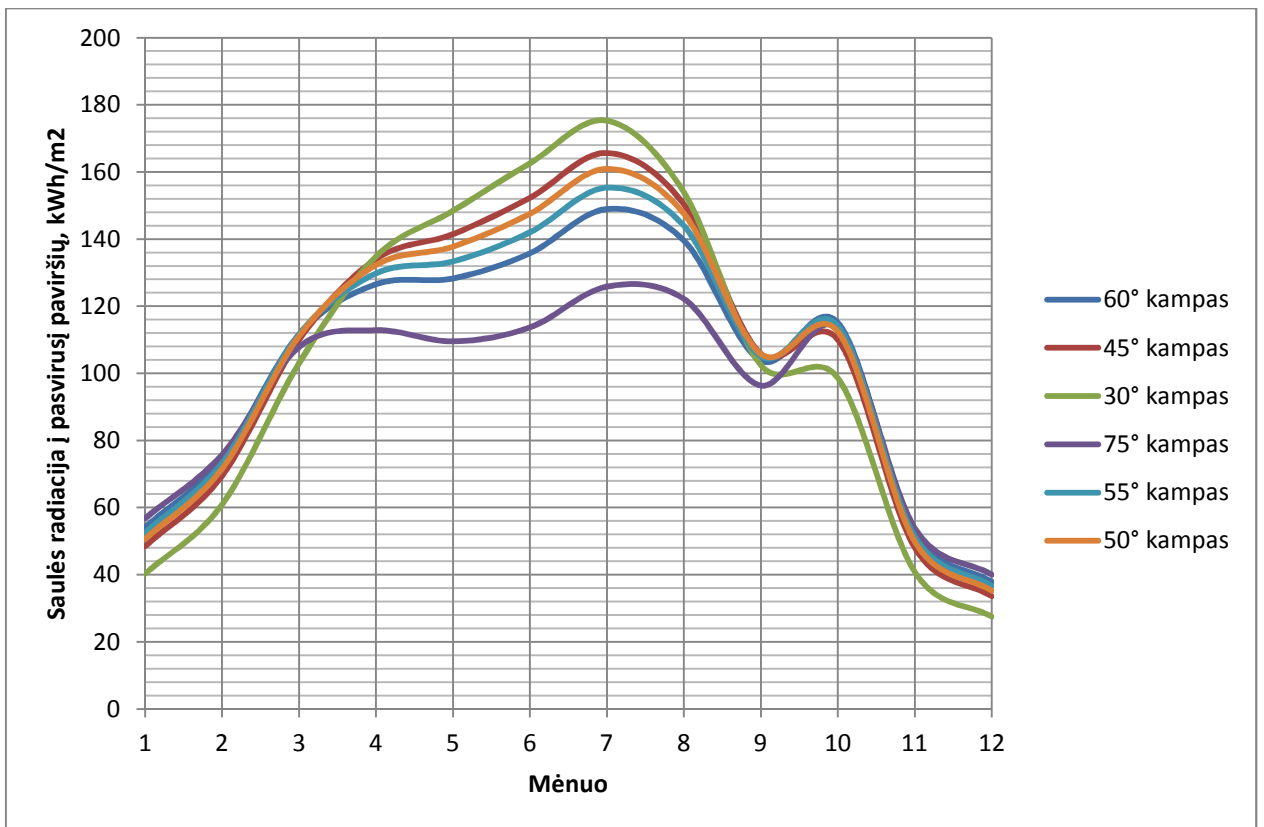
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Metinis
Saulėtų valandų skaičius	41	70	126	165	243	250	243	234	150	96	42	30	1690
Saulės energija, patenkanti į horizontalų paviršių, kWh/m <sup>2</sup>	16	34	69	93	142	146	142	136	84	50	17	10	939

Nagrinėtose Danijos saulės kolektorių katilinėse surinkti duomenys rodo, kad tenai saulės energija patenkanti į horizontalų paviršių yra 1050 – 1200 kWh/m<sup>2</sup>. Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad Vilniuje ji siekia 939 kWh/m<sup>2</sup>. Danijoje veikiančios tokios saulės kolektorių sistemos pagamina 450 – 600 kWh energijos iš 1 m<sup>2</sup> kolektorių ploto.

Įvertinus Danijos pavyzdžius ir mažesnę saulės aktyvumą Vilniaus regione, galima teigti, kad Lietuvoje tokių projektų įgyvendinimas yra visiškai realus. Netgi pesimistinio scenarijaus atveju iš 1 m<sup>2</sup> saulės kolektorių galima naudingai išgauti 400 – 500 kWh šiluminės energijos per metus.

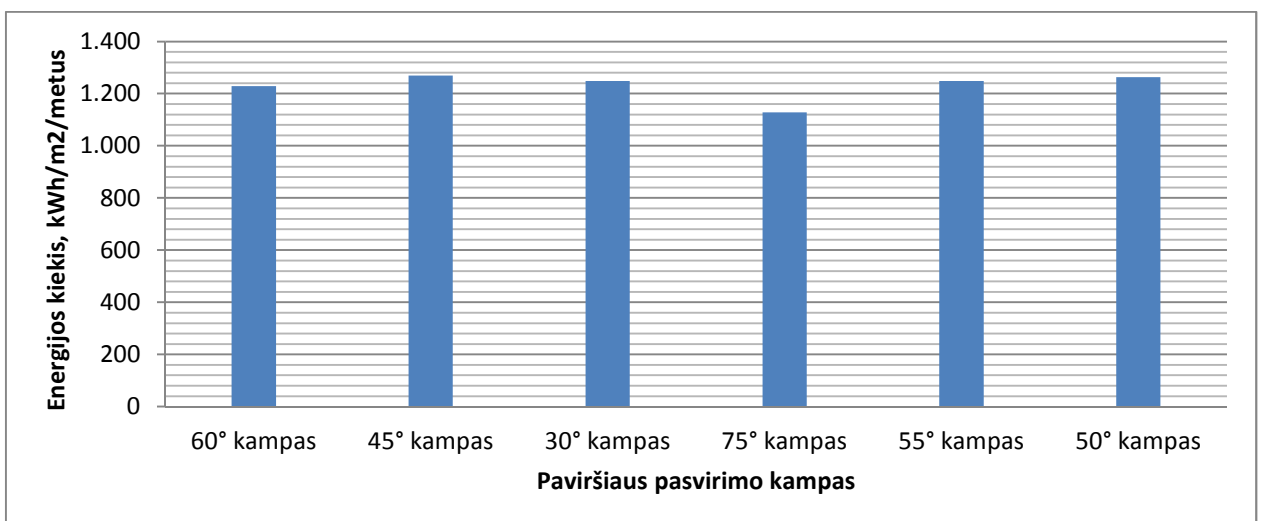
Saulės energiją galima panaudoti ne tik kaip šilumą, bet ir gaminti iš jos elektrą, panaudojant fotoelementus. Fotoelementai tai įtaisai, pagaminti daugiausiai iš silicio kristalų, kurie saulės spinduliuojamą energiją verčia elektra. Fotoelementai jungiami į modulius. Efektyviausi rinkoje esantys fotoelementai pasiekia 15 % efektyvumą, tačiau jis krenta laike, jei elementai pagaminti nesilaikant tam tikrų technologinių reikalavimų. Elemento efektyvumui taip pat turi įtakos aplinkos temperatūra, kuo ji aukštesnė, tuo efektyvumas mažesnis. Siekiant išvengti neigiamo temperatūros poveikio elementus reikia aušinti. Tam gali būti panaudojami saulės kolektoriai, kurie nuima šilumą nuo fotoelementų.

Pasinaudojant kompiuterine programa „RetScreen“ gauti 2010-ųjų metų saulės spinduliuotės duomenys į skirtingai pasvirusius paviršius kiekvieną metų dieną. Suminiai kiekvieną mėnesį saulės spinduliuotės į 6 skirtingo pasvirimo paviršius orientuotus tiksliai į pietus pateikti 5 pav.



5 pav. Saulės spinduliuotė į pasvirusius paviršius 2010-aisiais metais

Iš paveikslo matyti, kad daugiausiai saulės spinduliuotės vasarą patenka į 30° kampu orientuotą paviršių, tuo tarpu spalio-kovo mėnesiais daugiau energijos patenka į statiesniu kampu orientuotus paviršius. Toliau pateiktame paveiksle pateikti metiniai saulės spinduliuotės kiekiai į skirtingai orientuotus paviršius.

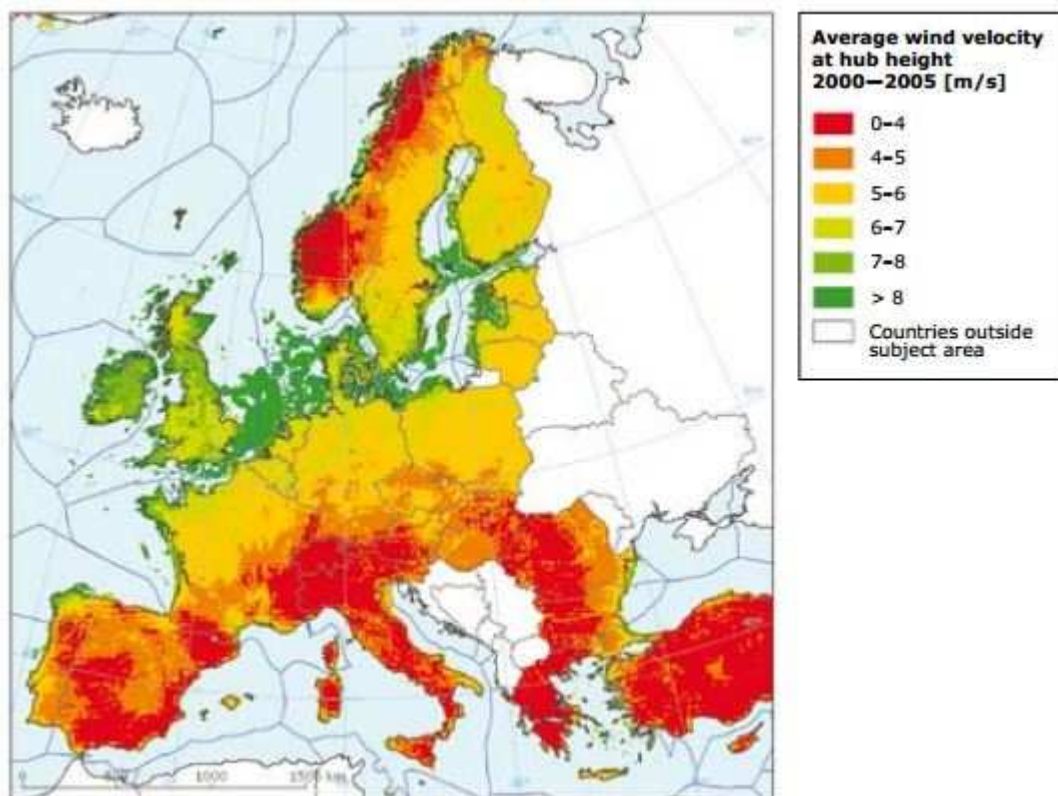


6 pav. Metiniai saulės spinduliuotės kiekiai patenkantys į skirtingai orientuotus paviršius

Matyti, kad saulės spinduliuotės kiekiai per metus patenkantys į skirtingai orientuotus paviršius skiriasi labai nežymiai. Mažiausiai energijos priima 75° kampu pasviręs paviršius, o daugiausiai 45° kampu pasviręs paviršius.

## Vėjo energijos potencialas

Vidutinio vėjo greičio žemėlapis pavaizduotas žemiau pateiktame paveiksle. Jame matyti, kad vidutinis vėjo greitis Lietuvoje yra toks pat kaip ir didžiojoje dalyje Vokietijos, kuri pirmauja Europoje pagal įrengtų vėjo jėgainių galią.

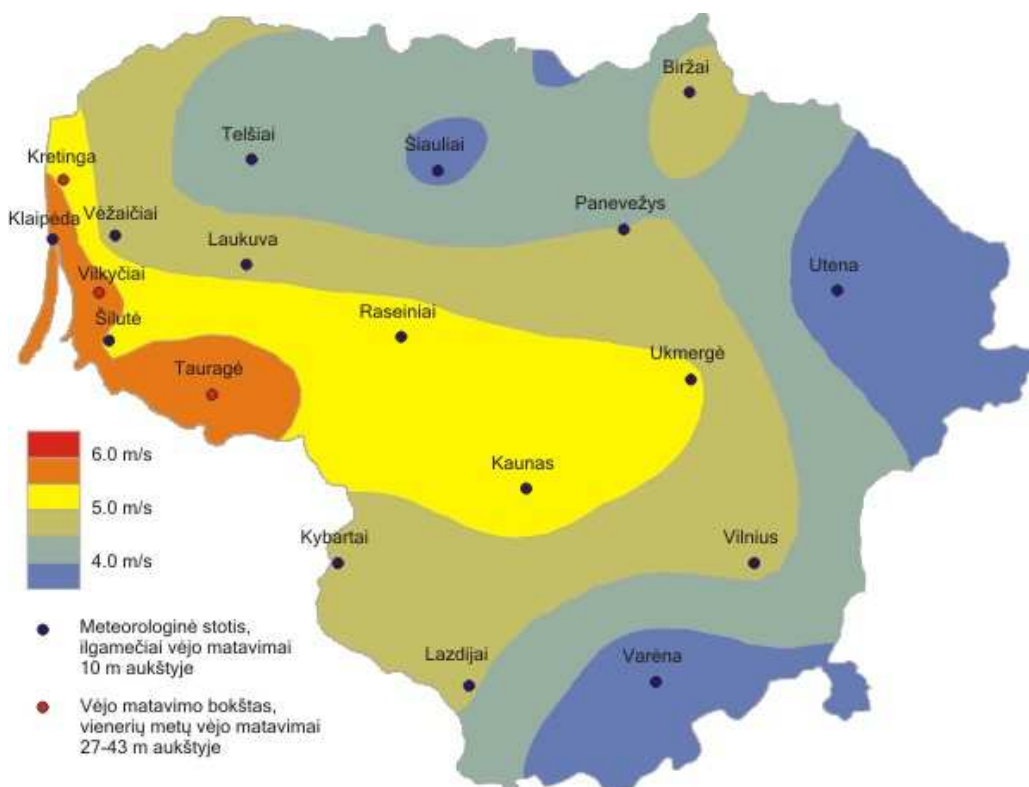


Source: EEA, 2008.

### 7 pav. Vidutinis vėjo greitis 80 m aukštyje [26]

Ilgą laiką buvo teigiama kad "Lietuvoje vėjo nėra", tačiau 1994 – 1996 metais atlikus nuodugnius tyrimus buvo nustatyta, kad vėjo energetikos potencialas Baltijos šalių pajūrio zonose yra toks pat, kaip geriausiose Vokietijos bei Danijos zonose, tačiau jis nėra panaudojamas.

Bendromis Baltijos valstybių ir Jungtinių tautų Vystymo programos (UNDP / GEF) pastangomis buvo parengtas ir 2003 metų gale plačiai visuomenei pristatytas Baltijos šalių vėjo atlasas. Vėjo matavimo Lietuvos, Latvijos ir Estijos teritorijose duomenys buvo apibendrinti naudojant Danijos Risoe laboratorijos sukurtą Wind Atlas metodiką. Taip atsirado pirmas Baltijos šalių vėjo atlasas.



8 pav. Vėjo greičių žemėlapis

Vėjo atlase skirtingomis spalvomis atvaizduotas vidutinių metinių greičių pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje 50 metrų aukštyje prie paviršiaus šiurkštumo klasės 2. Tačiau dėl ribotų vėjo atlaso rengimui skirtų lėšų meteorologiniai duomenys buvo surinkti iš meteorologinių tarnybų. Dėl riboto aukščio (10 m), pasenusių technologijų bei meteorologinių tarnybų apsaugos zonų reikalavimų nesilaikymo vėjo atlasas nėra tikslus ir menkai atitinka tikrovę, o duomenų paklaida gali siekti dešimtis procentų.

Paskutiniai moksliniai tyrimai rodo, kad visoje Lietuvos teritorijoje (ne tik pajūryje) galima rasti vietų, tinkamų vėjo energetikai plėtoti. Tačiau labai svarbu nustatyti, koks yra vidutinis metinis vėjo greitis pasirinktoje vietovėje [27]. Tam pasirinktoje vėjo jėgainės statybos vietovėje atliekami vėjo greičio ir krypties matavimai mažiausiai metus laiko.

Tikslių naujausių duomenų apie Lietuvoje įrengtų vėjo jėgainių galią rasti nepavyko, todėl belieka remtis statistika, kurią pateikia Lietuvos vėjo energetikų asociacija. Anot jų, stambiausias vėjo elektrinių parkas įrengtas 2006 metais Kiauleikių, Kviečių ir Rudaičių kaimuose (tarp Palangos ir Kretingos). Jo galingumas siekia 30 MW, o per metus pagaminama apie 64 000 000 kWh. 2009-ųjų metų pabaigoje Lietuvoje įrengtų vėjo jėgainių bendra galia siekė 91,2 MW, o pagaminamas energijos kiekis 156,7 GWh [27].

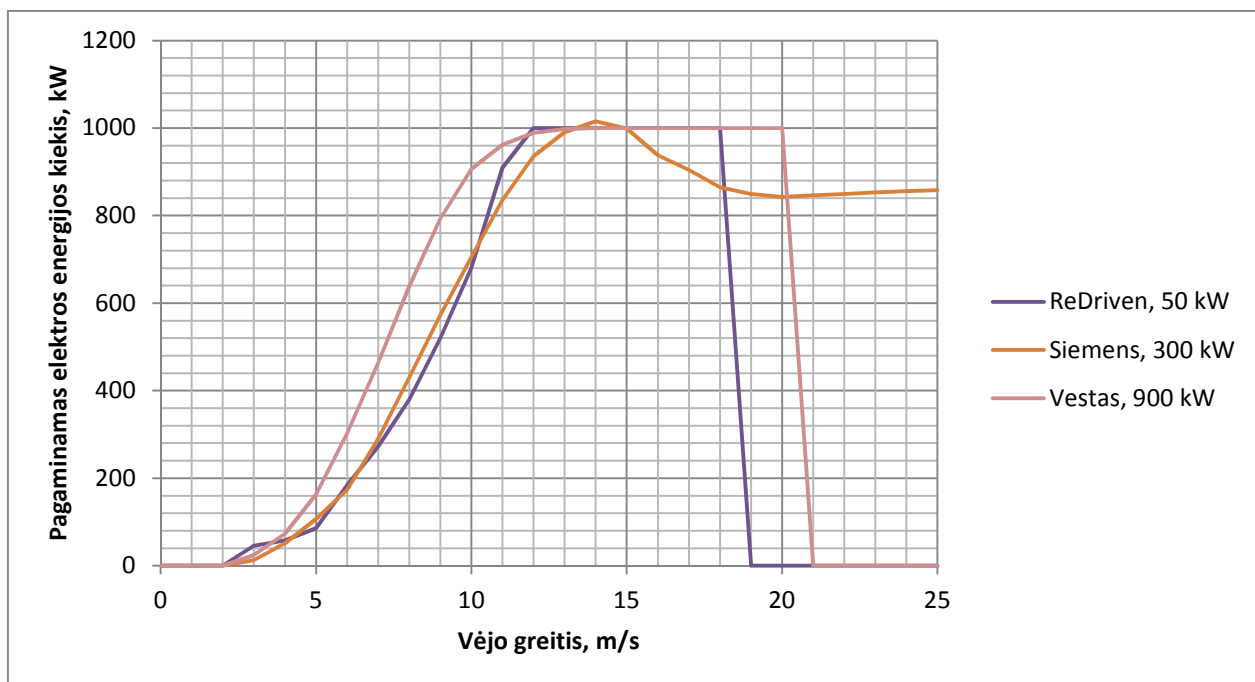
Tam, kad būtų galima gaminti elektrą panaudojant vėjo energiją, reikia vėjo turbinos, kuri suka elektros generatorių. Yra 2 populiariausių tipų vėjo turbinos: vertikalios ašies ir horizontalios ašies.

Vertikalios ašies vėjo turbinos turi svarbių privalumų, palyginti su įprastos konstrukcijos horizontaliosios ašies vėjo jėgainėmis. Didžiausias vertikalios ašies vėjo turbinų privalumas tas, kad jų nereikia orientuoti pagal vėjo kryptis. Jos vienodai gerai veikia pučiant bet kurios krypties vėjui. Kitas svarbus privalumas, kad pavara, generatorius ir kiti mechanizmai yra bokšto apačioje, todėl paprasčiau juos montuoti ir eksploatuoti [19].

Vėjo energijos komercinėje rinkoje liko tik didelės galios horizontaliosios ašies turbinos, visiškai išstūmusios turbinas su vertikaliąja ašimi. Jos evoliucionavo į trijų, dviejų ar vienos mentės turbinas. Kiekvienas iš išvardintų konstrukcijos sprendimų turi savų privalumų ir trūkumų. Tačiau rinkoje labiausiai išplito priešvėjinės trijų menčių aktyvaus galios valdymo turbinos [19].

Vidutinis dabar statomų vėjo turbinų aukštis yra 80 m, rotoriaus diametras 60 – 80 m, jų galia 1,5 MW. Tipinės horizontalios ašies vėjo jėgainės įrengimo kaina 800 – 1100 €/MW, ir didžiąją jos dalį (75 %) sudaro turbinos kaina.

Keleto vėjo turbinų pagaminamos elektros energijos priklausomybė nuo vėjo greičio parodyta 9 pav. Šiam palyginimui buvo išanalizuotos kompiuterinėje programoje „RetScreen“ pateiktoje duomenų bazėje esančių vėjo turbinų savybės. Palyginimui pasirinktos 3 jėgainės, kurios geriausiai pasižymi dideliu efektyvumu esant mažiems vėjo greičiams. Visų jų startinis greitis yra 3 m/s, o stabdymo greitis nuo 18 iki 25 m/s. Kadangi Lietuvoje labai retai vėjo greitis būna didesnis nei 15 m/s, tai tokios jėgainės geriausiai tinka Lietuvos sąlygoms. Kadangi vėjo turbinos yra skirtingų galių, tai jos perskaičiuojamos į 1000 kW jėgainę.



9 pav. Vėjo turbinų pagaminamo elektros kiekio palyginimas

Matyti, kad „Vestas“ jėgainė pasižymi labiausiai kylančia energijos kiekio kreive. Per metus tokia jėgainė Lietuvoje turėtų pagaminti 1 408 MWh elektros energijos, ir veiktų 5 869 valandas daline apkrova, o išreiškus valandų skaičių, kurį jėgainė turėtų veikti maksimalia galia, gauname 1 564 valandas. Tuo tarpu norint pastatyti „ReDriven“ jėgainę, kuri galia prilygtų vienai „Vestas“ vėjo turbinai, reikėtų pastatyti 18 „ReDriven“ vėjo turbinų. Jos per metus pagamintų tik 568 MWh elektros energijos, ir dėl to, kad yra žemesnio aukščio veiktų tik 4 999 valandas per metus daline apkrova. Taigi, skirtumas akivaizdus.

Remiantis Europos Aplinkosaugos Agentūros duomenimis, 2030-aisiais metais Lietuvoje iš vėjo jėgainių ekonomiškai patraukliomis kainomis (iki 6,7 € centų/kWh) galima būtų pagaminti 746 TWh elektros energijos [26].

## **2.5. Energijos šaltinių modeliavimo kompiuterinės programos**

Energijos šaltinių parinkimui ir modeliavimui gali būti naudojamos įvairios kompiuterinės programos ir skaičiavimo metodai. Tam reikia žinoti energijos poreikių maksimalias, vidutines ir minimalias reikšmes, taip pat energijos poreikio kitimą laike.

Šiame skyrelyje trumpai aprašytos kompiuterinės programos, kuriose modeliuojant aprūpinimo energija sistemas galimas atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo įvertinimas.

### **EnergyPRO**

EnergyPRO – tai modeliavimo programinės įrangos paketas skirtas kogeneracijos, trigeneracijos ir kitų sudėtingų energetikos projektų, kuriuose naudojami keli energijos gamybos šaltiniai, techninei-ekonominei analizei bei optimizavimui.

Dažniausiai EnergyPRO naudojama centralizuoto šildymo kogeneracinių dujų turbinų derinių su katilais ir šilumos akumuliacijomis, pramoninių kogeneratorių, kurie gamina elektrą, garą ir karštą vandenį, trigeneracijos įrenginių, kogeneratorių, kaip kurą naudojančių biodujų ar biokurą modeliavimui, bet programą galima panaudoti ir saulės kolektorių, fotoelementų, geoterminės energijos bei vėjo jėgainių projektų analizei.

Su EnergyPRO galima optimizuoti elektrą gaminančių įrenginių veikimą priklausomai nuo fiksuotų elektros tarifų arba elektros biržos kainų, o šilumą gaminančių įrenginių veikimą priklausomai nuo ribotų dydžių šilumos akumuliacijoms bei kuro saugyklų.

Su EnergyPRO galima paruošti detalų finansinį planą projektui, suskaičiuoti mėnesinius pinigų srautus, ekonominio vertinimo rodiklius, pvz. grynąją dabartinę vertę, vidinę grąžos normą ir atsipirkimo laiką. Taip pat galima suskaičiuoti ir paruošti ataskaitą apie teršalų (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ir t.t.) emisijas [28].

### **RETScreen**

Programą sudaro standartizuota Microsoft Excel serija – atsinaujinančios energijos projektai, įskaitant, vėjo, mažos hidroelektrinės, fotoelektros analizė, saulės, oro ir vandens šildymo, biomasės šildymo ir geoterminė – šilumos siurbliai [29].

Švarios energijos projektų analizės programinė įranga yra unikali. Sprendimų mechanizmas, sukurtas su daugelio ekspertų iš vyriausybės, pramonės bei akademinės visuomenės rato įnašu. Programinė įranga gali būti naudojama visame pasaulyje, norint įvertinti energijos gamybos ir taupymo, išlaidų, teršalų išmetimo sumažinimo, finansinį gyvybingumą ir riziką, įvairių rūšių atsinaujinančios energijos naudojimo efektyvumo technologijose (RETs) [30].

Programos privalumai:

- programa gali būti taikoma bet kuriai energijos sistemai: nuo individualių projektų iki pasaulinių;
- gali būti apskaičiuojamos visos šiluminės energijos gamybos ir atsinaujinančios energijos technologijos;
- programa lygina esama situaciją su projektuojama nauja;
- programos pagalba galima atlikti CO<sub>2</sub> išmetimų lyginamąją analizę;
- duomenis galima išsaugoti Excel skaičiuoklėje ir atidaryti neturint įdiegtos programos;
- programa nemokama.

Programos trūkumai:

- reikia turėti apskaičiuotus visus pastato metinius poreikius ir maksimalias apkrovas;
- programos duomenų bazėje esantys klimatiniai duomenys nesutampa su Statybinės klimatologijos RSN 156-94 duomenimis apytiksliai 4 % [31].

### **PVSOL ir TSOL**

Šios komercinės PVSOL – fotovoltinės sistemos ir TSOL – saulės vandens šildymo demonstracinės programos versijos yra riboto naudojimo. Pilnos programų versijos yra sudėtingi įrankiai, kurie turi išsamų modeliavimą, išsamius duomenų bazės produktus ir gyvenvietės projektavimo rekomendacijas.

Programa naudoja išsamius klimato duomenis, kurie gali būti teikiami įvairiomis formomis. Pagrindinis sistemos projektavimo ir optimizavimo dėmesys skiriamas visiems atsinaujinančios energijos išteklių komponentams, kurie gali būti parinkti individualiai, taip pat gali būti nurodomas horizontas, netoliese esantys pastatai ir medžiai, norint apskaičiuoti užgožimą.

Taip pat galima nustatyti ekonominio gyvavimo vertinimą nurodant subsidijas, paskolas, mokesčius ir t.t. Tai suteikia paprastas, suprantamas projekto sąnaudas. PVSOL taip pat turi galimybę suskaičiuoti teršalų mažinimą, naudojant fotovoltinį rinkinį, o ne centralizuotai gaminamą elektrą.

Programos pateikia išsamias produkcijos suvestinių ataskaitas ir diagramas. Duomenys gali būti eksportuojami kaip paprastieji teksto failai, vėliau nagrinėjami skaičiuoklėje arba kitose programose. Nors pradedantysis gali išmokti naudotis programa ir gauti rezultatus gana greitai, tačiau jie yra skirti patyrusiems specialistams, kurie siekia netik išbandyti ir patobulinti dizainą, bet ir atsakyti į konkrečius klausimus, kuris variantas suteikia geriausią rezultatą [29].

TSOL savybės:

- nemokami automatiniai atnaujinimai;
- visos sistemos hidraulinio skaičiavimo atlikimas;
- visas karšto vandens apibrėžimas;
- visų prekinų ženklų kolektorių duomenų bazė;
- metinis, mėnesinis ir valandinis modeliavimas;
- keli grafikų variantai pavaizduoti valandinėje rezoliucijoje;
- plati klimatinių duomenų bazė, taip pat galimybė įtraukti pasirinktus duomenis rankiniu būdu;
- išsamūs ir galutiniai, pritaikyti klientui, ataskaitos grafikai ir duomenys;
- gebėjimas analizuoti;
- metriniai ir JAV vienetai.

TSOL dabar rengiami su Meteosyn klimato duomenų programine įranga, kurioje yra prieinama daugiau kaip 2000 pasaulio vietų klimato duomenų bazė. Taip pat programa leidžia įtraukti pasirinktus klimato duomenis į savo duomenų bazę, jei to reikalauja vykdomas projektas.

PVSOL savybės:

- suteikia greitą ir gerą jungimąsi prie tinklo sistemų, o programa patikrina visus fizikinius kriterijus ir ribines vertes (pvz. produkciją, įtampą, srovę);
- galima nustatyti modulių skaičių kiekviename komplekte su ant stogo išdėstymo galimybe;
- galima parengti ataskaitas, tikslius grafikus ir duomenis.

Matematinio modelio PV modeliavimo modulis taip pat apima veiklos centrus, nestandartinių charakteristikų kreives. Tai reiškia, kad PVSOL ir toliau bus unikali dėl savo gebėjimo apskaičiuoti plonasluoksnius modulius [32].

Programų privalumai:

- didelė meteorologinių duomenų bazė;
- sistemos hidraulinis skaičiavimas;
- kasdieninių ir valandinių duomenų analizė;
- tikslus ataskaitų ir grafikų parengimas, ekonominės analizės galimybės

Pagrindinis trūkumas – riboto naudojimo, t. y. galimybė atsisiųsti tik demonstracinę versiją, nes pilna programos versija yra mokama [31].

### **WindPRO**

Profesionaliems vėjo jėgainių projektavimo darbams dažnai naudojama Danijos kompanijos sukurta programinė įranga „WindPRO“. Naudojant šią programinę įrangą, galima pakankamai tiksliai apskaičiuoti projektuojamų vėjo elektros jėgainių pagaminamos energijos kiekius ir šitaip konkrečiai vietai parinkti optimalų jėgainės tipą [31].

„WindPRO“ sudaro 13 modulių. Vienas iš jų – „ATLAS Energy Calculation“ skirtas VEJ pagaminamai energijai skaičiuoti [33].

Programa gali pateikti poveikio aplinkai vertinimo ataskaitą, kurioje įvertinti tokie poveikio rodikliai kaip triukšmas, šešėliavimas, vizualinis poveikis. Taip pat programa pateikia finansinio vertinimo ataskaitą, kurioje galima rasti detalias investicijų, veiklos pajamų, pinigų srautų ir balansų specifikacijas [31].

Visi paminėti skaičiavimai ir dokumentai yra lengvai gaunami naudojant „WindPRO“ programą, kuri visame pasaulyje turi daugiau nei 20 metų patirtį vėjo turbinų projektų planavime, projektavime ir dokumentacijų pateikime [34].

Vėjo jėgainės pagaminamos energijos skaičiavimo, pasitelkus „WindPRO“ programinę įrangą, metodas turi keletą privalumų:

- tikslumas, nes vėjo greičio ir žemės paviršiaus parametrai tiksliai įvertinami pagal koordinates ir pagal kryptį, bei įvertinama kiekvienos grupinėje vėjo jėgainėje naudojamos VEJ įtaka kitoms šalia esančioms jėgainėms;
- programos paprastumas, nes programa automatiškai nuskaito didžiąją dalį skaičiavimams reikalingos informacijos.
- didelė duomenų bazė, apimanti produkcijos katalogus, žemėlapius, klimatinius duomenis, todėl galima surasti optimalų sprendimą konkrečiai vietai.

Be išvardytų privalumų, šis metodas turi vieną esminį trūkumą – reikalinga brangiai kainuojanti programinė įranga.

### **Kompiuterinių programų apžvalgos apibendrinimas**

Įvairioms energetikos sistemoms analizuoti, modeliuoti sukurta daugybė kompiuterinių programų, kurios labai palengvina šių sistemų optimizavimo procesą. Tačiau yra keletas trūkumų, kurie leidžia ribotai pritaikyti šias programas atliekant šį tyrimą:

- visos šios programos yra mokamos;
- demonstracinės programų versijos yra prieinamos, tačiau jų galimybės yra ribotos, pvz. negalima modeliuoti sistemos prie Lietuvos klimato sąlygų;
- šių programų naudojimui reikia specifinių žinių, kurias gali suteikti tik programų kūrėjai arba inžinieriai turintys darbo su jomis patirtį;
- nėra visiškai aiškūs programų veikimo principai ir jose naudojamos metodikos, todėl kai kuriais atvejais gali kilti abejonių rezultatų kilmę ir patikimumu.

### **2.6. Saulės ir vėjo energijos skaičiavimo metodikos taikomos šiame tyrime**

#### **Saulės energijos įvertinimas**

Saulės energija šiame darbe vertinama kompiuterine programa „T-Sol“. Joje klimato sąlygų pasirinkimas yra apribotas (demonstracinėje versijoje), todėl pasirenkamas artimiausias Lietuvai miestas – Berlynas. Taipogi apribotas ir įrenginių pasirinkimas. Leidžiama pasirinkti tik standartizuotus įrenginius, kurių kokybė vidutiniška. Atsižvelgiant į tai, kad Berlyne saulės spinduliuotės kiekis yra didesnis, ir priėmus prielaidą, kad nagrinėjamoje gyvenvietėje būtų įrengti pačio aukščiausio efektyvumo įrenginiai, galima teigti, kad rezultatų paklaida yra labai nedidelė ir priimtina mėnesinių saulės spinduliuotės kiekių įvertinimui. Dėl programos demonstracinės versijos ribotumo negalima gauti rezultatų kiekvieną valandą, todėl šiuo atveju vertinami tik mėnesiniai saulės kolektorių sistemos pagaminti šilumos energijos kiekiai.

#### **Vėjo energijos įvertinimas**

Šiame tyrime vėjo jėgainės pagaminamas elektros kiekis skaičiuojamas žinant vėjo greitį vietovėje ir jos galią esant tam tikram vėjo greičiui. Pasinaudojant valandiniais vėjo greičiais gautais programa „WindPro“ bei 9 pav. pateiktoje diagramoje pavaizduota pagaminamo elektros energijos kiekio priklausomybės nuo vėjo greičio kreivė skaičiuojamas vėjo jėgainės pagaminamas elektros kiekis kiekvieną metų valandą.

## **3. Tyrimo objektas**

Kaip jau minėta ankstesniuose skyriuose, šiame tyrime nagrinėjamas gyvenvietės, kurioje gyvena 10 tūkst. žmonių, modelis. Pagal gyventojų skaičių nustatomas įvairių įstaigų skaičius mieste ir tų įstaigų plotai. Kadangi Lietuvoje nėra oficialių teritorijų planavimo ar kitų normų,

kurios nustatytų tokių įstaigų skaičių tūkstančiui gyventojų, tai gyvenvietė formuojama ir įstaigų skaičius nustatomas remiantis Lietuvos Statistikos departamento pateikiamais duomenimis apie darbuotojų, mokinių, gydytojų skaičius, tenkančius tūkstančiui gyventojų. Pagal lietuviškų teritorijų planavimo normų TPN 1:2004 „Miestų, miestelių ir kaimų (gyvenamųjų vietovių) planavimas“ projektą [35] tokia rajone turėtų būti prekybos centras, biurų pastatai (paštas, bankas, įmonių administracinės patalpos), pradinė ir vidurinė mokykla, vaikų lopšelis-darželis ir pirminės sveikatos priežiūros centras.

Nagrinėjamoje gyvenvietėje išskiriami tokie energijos vartotojai: gyvenamieji pastatai, ligoninės, periodinių paslaugų objektai (prekybos centras), vaikų darželis, mokykla, socialinės rūpybos institucijos, administracinės ir paslaugų paskirties pastatai.

Gyvenvietės energijos vartotojų skaičius nustatomas pagal oficialius Lietuvos statistikos departamento 2008-2010 metų duomenis apie mokinių, darželinukų, darbuotojų, gydytojų (lovų) skaičių, prekybos centrų plotą tenkantį tūkstančiui gyventojų.

Administracinės ir paslaugų paskirties, socialinės rūpybos institucijų, mokyklos, vaikų darželio, ligoninės plotai nustatomi pagal STR 2.01.09:2005 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas.“ [36] nurodytas orientacines santykinės tokių įstaigų naudingųjų plotų reikšmes.

Gyvenvietės energijos vartotojų struktūra pateikta 2 lentelėje.

**2 lentelė. Nagrinėjamos gyvenvietės energijos vartotojų struktūra**

Energijos vartotojų grupė	Vartotojų kiekis, vnt	Pastatų plotas, m <sup>2</sup>	Pastabos
Gyvenamieji pastatai	10000	250000	Pagal Lietuvos statistikos departamento 2009 metų duomenis apie naudingąjį plotą tenkantį vienam gyventojui, 25 m <sup>2</sup> /gyv.
Administracinės ir biurų paskirties pastatai	1294	25878	Pagal Lietuvos statistikos departamento 2008-2010 metų duomenis apie gyventojų užimtumą (43,13 %), ir priėmus prielaidą, kad 30 % dirbančiųjų dirba šiame sektoriuje. Plotas nustatomas pagal STR 2.01.09:2005, 20 m <sup>2</sup> /darbuotojui
Prekybos centrai	10000	9400	Pagal Lietuvos statistikos departamento 2009 metų duomenis apie naudingąjį prekybos paskirties pastatų plotą, 940 m <sup>2</sup> /1000 gyv.
Mokykla	1323	13230	Pagal Lietuvos statistikos departamento 2009 metų duomenis apie mokinių skaičių, 132,3/1000 gyv. Plotas nustatomas pagal STR 2.01.09:2005, 10 m <sup>2</sup> /mokiniui

**2 lentelės pabaiga.**

Vaikų darželis	513	5128	Pagal Lietuvos statistikos departamento 2009 metų duomenis apie darželio auklėtinių skaičių, 51,3/1000 gyv. Plotas nustatomas pagal STR 2.01.09:2005, 10 m <sup>2</sup> /darželinukui
Ligoninė	82,5	619	Pagal Lietuvos statistikos departamento 2010 metų duomenis apie lovų skaičių ligoninėse, 82,5/10000 gyv. Plotas nustatomas priėmus prielaidą, kad vienai lovai tenka 7,5 m <sup>2</sup>
Socialinės rūpybos institucijos	10000	2000	Pagal TPN projektą priimama, kad 1 gyventojui tenka 2 m <sup>2</sup> šių institucijų ploto.

Gyvenvietės energijos vartotojai suskirstyti į 6 grupes, nes tolesnėje darbo eigoje energijos vartojimas bus laikomas vienodas administracinės ir paslaugų paskirties bei socialinės rūpybos institucijų pastatuose.

Gyvenvietės energijos poreikiai skaičiuojami pagal Vilniaus klimatinės sąlygas.

## **4. Energijos poreikių modeliavimas ir analizė**

### **4.1. Duomenų šaltiniai**

Tyrimo objektui nagrinėti sudarytas valandinių energijos poreikių modelis, kuriame analizuojamas elektros ir šilumos pastatų šildymui, vėdinimui ir karštam vandeniui ruošti poreikio kitimas kas valandą metų bėgyje. Šių poreikių kitimui įvertinti iš įvairių informacijos šaltinių surinkti ir įvertinti duomenys apie klimatinės sąlygas (oro temperatūrą ir vėjo greitį), skirtingų paros ir metų laiko elektros ir karšto vandens suvartojimo apkrovų koeficientai.

Klimatiniai duomenys apie Vilniaus regioną gauti pasinaudojus kompiuterine programa „WindPro“, kuri leidžia prisijungti prie keleto meteorologinių duomenų bazių ir parsisiųsti klimato duomenis (oro temperatūrą, vėjo greitį ir kryptį). Duomenų gautų iš šių duomenų bazės patikimumas yra didelis, nes duomenis apie Vilniaus miestą pateikia net 3 duomenų bazės ir trūkstančių valandų kiekis yra labai mažas (apie 0,05 %).

**3 lentelė. Norminių ir 2003-2010 faktinių oro temperatūrų palyginimas**

	Vilnius, užmiestis [37]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2003-2010 metų vidurkis	Skirtumas
Sausis	-6,1	-6,0	-7,7	-1,2	-7,9	0,3	-1,8	-4,0	-10,7	-4,9	1,2
Vasaris	-4,8	-6,2	-3,6	-6,1	-7,7	-7,7	0,8	-3,7	-4,3	-4,8	0,0
Kovas	-0,6	0,2	1,1	-4,1	-3,4	5,1	1,7	0,4	0,2	0,1	0,7
Balandis	5,7	4,8	7,0	7,1	6,2	6,3	8,9	8,8	7,7	7,1	1,4
Gegužė	12,5	13,6	10,2	11,9	12,1	13,8	11,3	12,3	13,7	12,4	-0,1

### 3 lentelės pabaiga.

Birželis	15,8	15,1	13,9	14,9	16,4	17,5	15,7	14,9	16,7	15,6	-0,2
Liepa	16,9	19,5	16,6	18,8	20,5	16,8	17,7	17,9	21,8	18,7	1,8
Rugpjūtis	16,3	16,4	17,5	16,3	17,3	18,5	17,3	16,1	19,4	17,4	1,1
Rugsėjis	11,6	12,2	11,9	13,7	14,0	12,5	11,5	13,4	11,1	12,5	0,9
Spalis	6,6	4,1	7,7	7,6	8,7	7,1	8,1	4,7	4,1	6,5	-0,1
Lapkritis	1,2	2,9	0,3	1,7	3,4	-0,2	2,2	3,3	3,3	2,1	0,9
Gruodis	-2,9	-0,5	0,2	-2,6	3,0	-0,6	-0,4	-3,2	-7,7	-1,5	1,4
Metinė	6	6,3	6,3	6,5	6,9	7,5	7,7	6,7	6,3	6,8	0,8

Išanalizavus 2003 – 2010 metų temperatūras pastebėta, kad šių metų vidutinė metinė temperatūra yra 0,8 laipsnio didesnė už norminę, o taip pat kai kurių mėnesių temperatūros yra didesnė 1 – 1,5 laipsnio. Be to, „Statybinėje klimatologijoje“ nėra duomenų konkrečioms metų valandoms, todėl tai apsunkina temperatūros pasiskirstymo modeliavimą ir neįvertina realios atšalimų – atšilimų kaitos metų bėgyje. Todėl nuspręsta skaičiavimams naudoti 2010 metų faktines temperatūras.

### 4.2. Elektros apkrovų skaičiavimas

Skaičiuojamoji elektros apkrova nustatoma pagal skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodiką [38] ir pateikta 4 lentelėje.

4 lentelė. Elektros apkrovos ir metinis poreikis [37].

Energijos vartotojų grupė	Pastatų plotas, m <sup>2</sup>	Santykinė elektros apkrova, kW/m <sup>2</sup>	Skaičiuojamoji elektros apkrova, kW	Maksimalios elektros apkrovos naudojimo laikas, val.	Metinis elektros poreikis, kWh	Santykinis suvartojimas, kWh/m <sup>2</sup>
Gyvenamieji pastatai	250000	8	4255	1200	5106918	20,4
Administracinės ir biurų paskirties pastatai ir socialinės rūpybos institucijos	27878	0,1	2788	2080	5798624	208
Prekybos centrai	9400	0,075	705	2000	1410000	150
Mokykla	13230	0,22	291	1500	436590	33
Vaikų darželis	5128	0,4	205	1200	246155	48
Ligoninė	619	0,2	17	2000	33000	53,3

**Pastaba.** Gyvenamųjų pastatų elektros apkrova nustatoma ne pagal gyvenamąjį plotą, o pagal butų skaičių, kur butas laikomas kaip vienas vartotojas, ir taikant vartotojų apkrovos nesutapimo koeficientą 0,137.

#### 4.2.1. Elektros apkrovos gyvenamuosiuose namuose modeliavimas

Elektros poreikis gyvenamuosiuose namuose kiekvieną valandą apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = \beta \left[ 1 - 0,16 \sin \left( 2\pi \frac{D}{365} - \frac{\pi}{2} \right) \right] E_{vid}; \quad (1)$$

čia:  $E$  – elektros poreikis tam tikrą parą, MWh;

$E_{vid}$  – vidutinis elektros poreikis per parą, apskaičiuojamas kaip metinio elektros poreikio ir parų skaičiaus santykis ir lygus 13,99 MWh/parai;

$D$  – dienos numeris, pradedant skaičiuoti nuo dienos su maksimaliu elektros poreikiu (pasirenkama gruodžio 24 diena);

$\beta$  – koeficientas, įvertinantis elektros poreikių skirtumą darbo ir nedarbo dienomis. Lyginant su vidutine metine apkrova, darbo dienų apkrovai  $\beta=0,976$ , ne darbo dienų apkrovai  $\beta=1,051$ .

Elektros apkrova konkrečią metų valandą skaičiuojama pagal formulę:

$$\dot{P} = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \dot{P}_{vid}^{met} = \beta \cdot \gamma \cdot \dot{P}_{vid}^{men} = \gamma \cdot \dot{P}_{vid}^{par}; \quad (2)$$

čia:  $\dot{P}_{vid}^{met}$  – vidutinė elektros apkrova per metus, apskaičiuojama metinį elektros poreikį dalinant iš valandų metuose skaičiaus, kW;

$\dot{P}_{vid}^{men}$  – vidutinė elektros apkrova per mėnesį, apskaičiuojama mėnesinį elektros poreikį dalinant iš valandų mėnesyje skaičiaus, kW;

$\dot{P}_{vid}^{par}$  – vidutinė elektros apkrova per parą, apskaičiuojama paros elektros poreikį dalinant iš valandų paroje skaičiaus, kW;

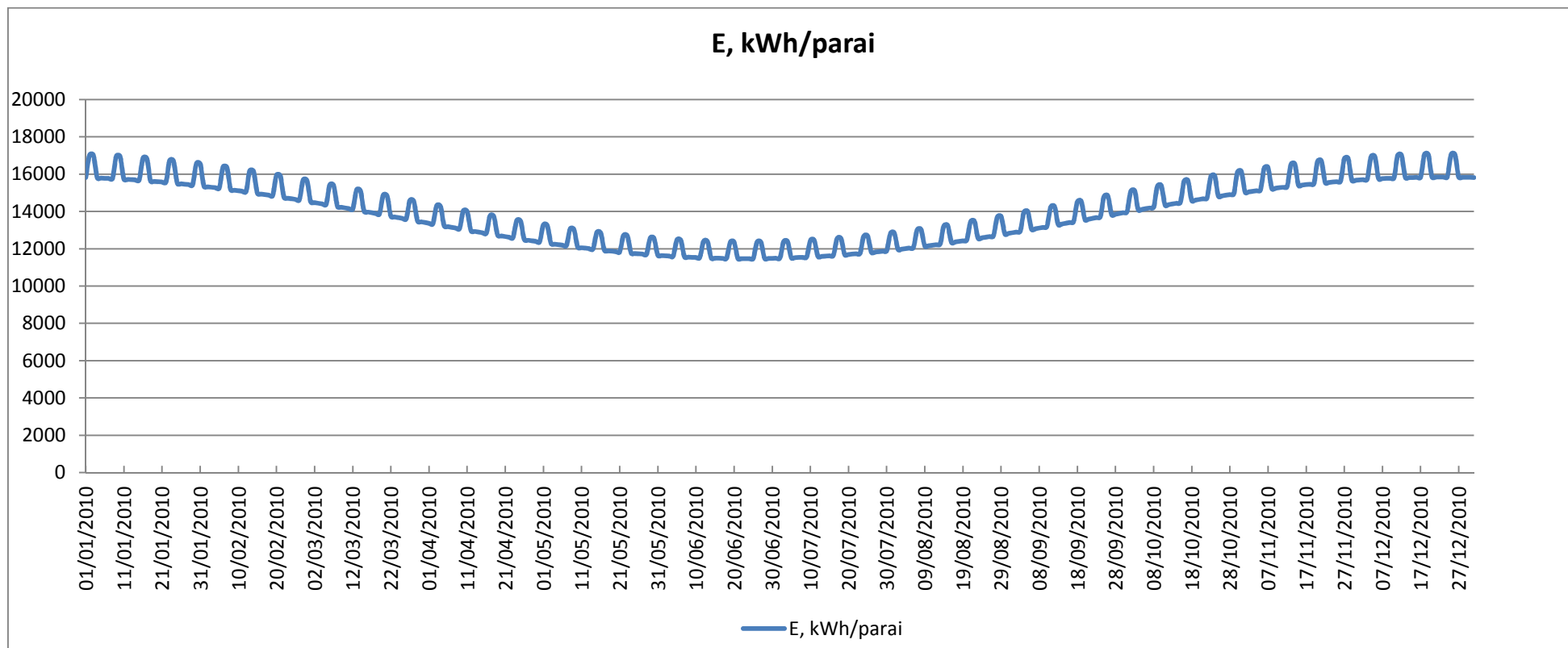
$\alpha$  – apkrovos koeficientas konkretų mėnesį;

$\beta$  – apkrovos koeficientą konkrečią savaitės dieną (darbo arba nedarbo diena);

$\gamma$  – apkrovos koeficientas konkrečią paros valandą; įvertinamas pagal [39].

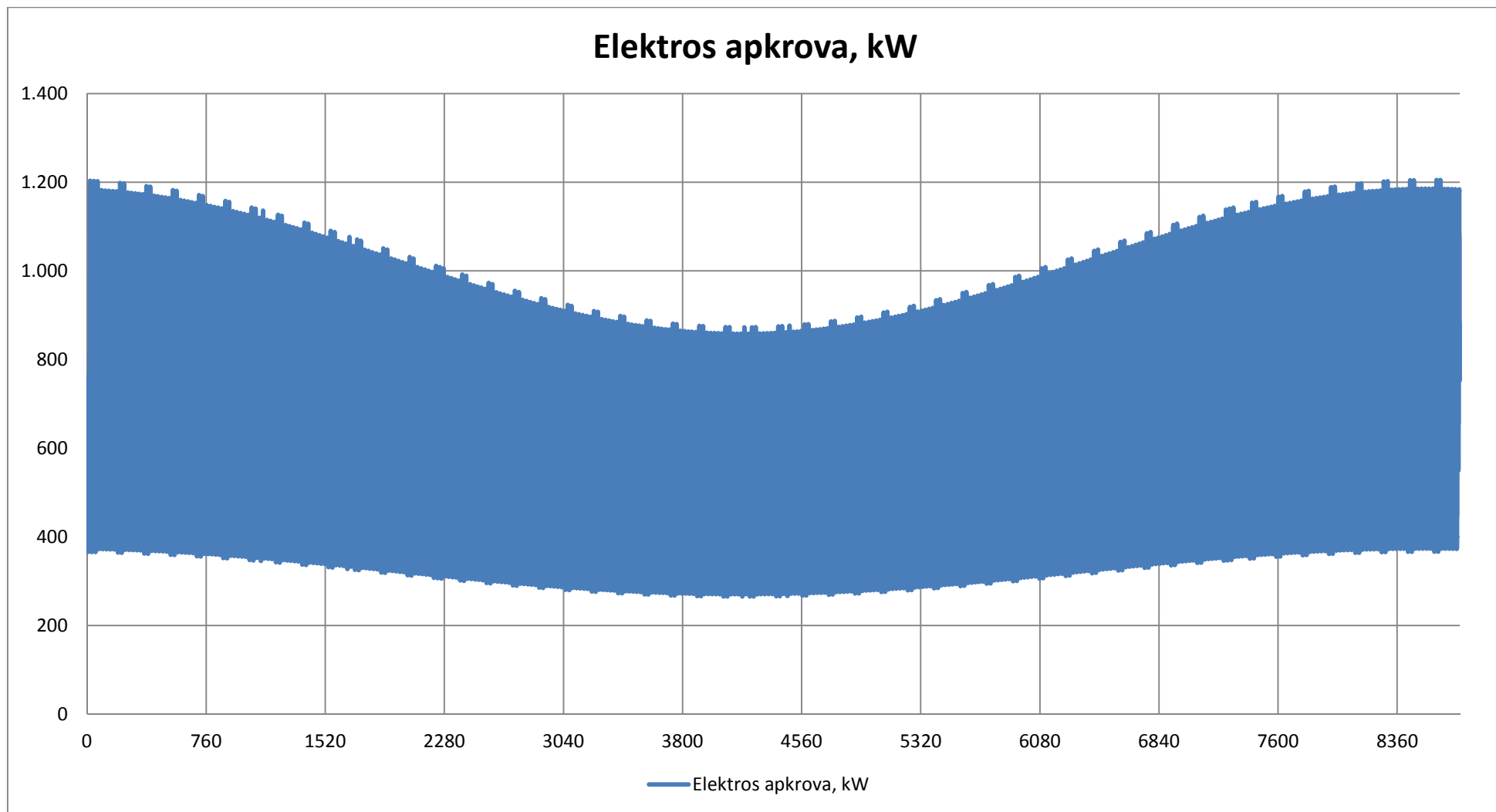
Elektros poreikiai per parą pavaizduoti 10 pav.

Nustačius paros elektros poreikius, skaičiuojamos valandinės elektros apkrovos, kurių koeficientai gyvenamuosiuose namuose parenkami pagal [39]. Valandinių elektros apkrovų kitimo grafikai pateikiami 10 - 13 pav.



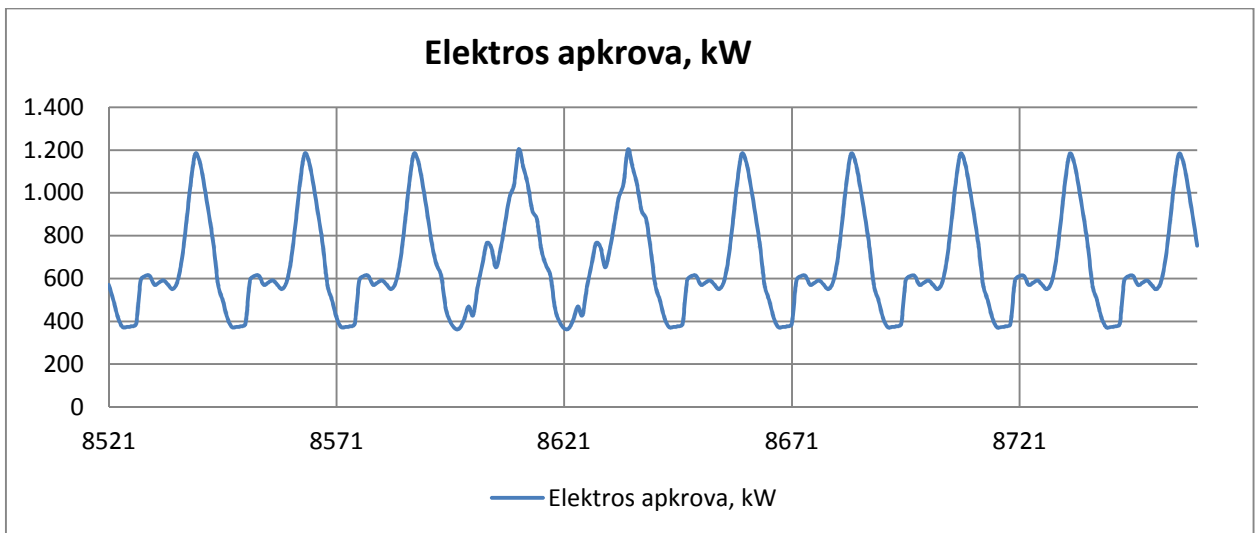
10 pav. Elektros paros poreikio kitimas

Įvertinus elektros poreikių priklausomybę nuo darbo ar nedarbo dienos maksimalus poreikis yra ne gruodžio 24-ą, bet gruodžio 25-ą dieną, nes pastaroji yra šeštadienis ir jai taikomas apkrovos koeficientas 1,051. Maksimalus paros poreikis lygus **17 057 kWh**. Tuo tarpu minimalus paros elektros poreikis yra birželio 23-ią ir 24-ą dienomis, ir jis lygus **11 471 kWh**.



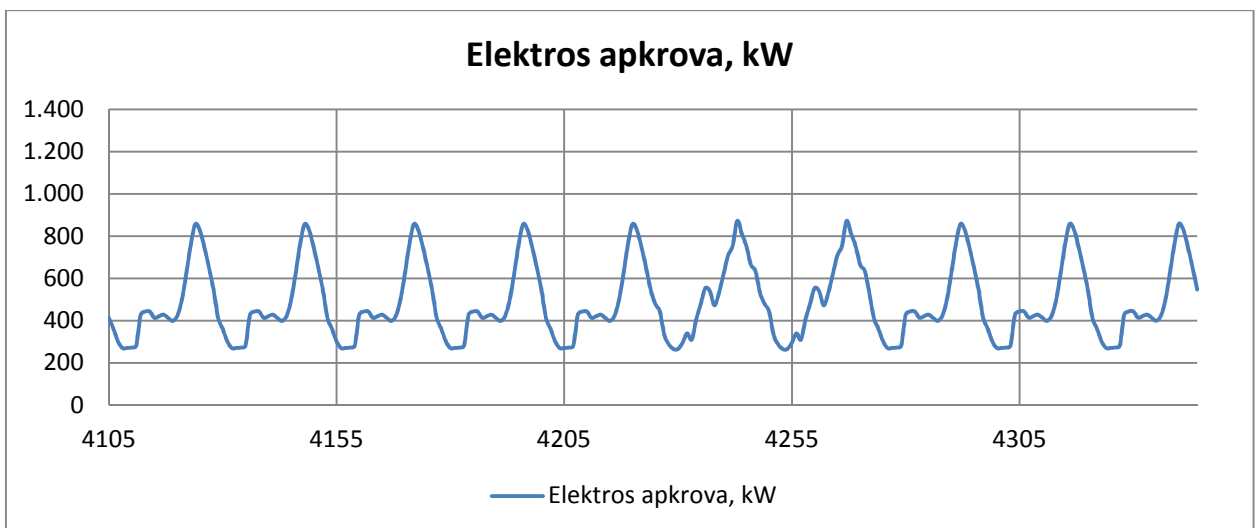
**11 pav. Valandinių elektros apkrovų kitimas gyvenamuosiuose namuose**

Pavaizduoti grafiškai valandinių elektros apkrovų kitimą visų metų bėgyje praktiškai neįmanoma dėl horizontalaus mastelio, todėl toliau pateikiami elektros apkrovos didžiausio ir mažiausio vartojimo dekadomis kitimo grafikai pavaizduoti 12 ir 13 pav.



**12 pav. Elektros apkrova didžiausio vartojimo dekadą**

Didžiausia elektros apkrova gyvenamuosiuose namuose didžiausio vartojimo dekadą, o tuo pačiu ir metuose yra gruodžio 25 dieną 18 valandą ir lygi **1 203 kW**. Tuo tarpu mažiausia apkrova šiuo laikotarpiu siekia tik **367 kW** ir pasireiškia gruodžio 26 dieną 4 valandą.



**13 pav. Elektros apkrova mažiausio vartojimo dekadą.**

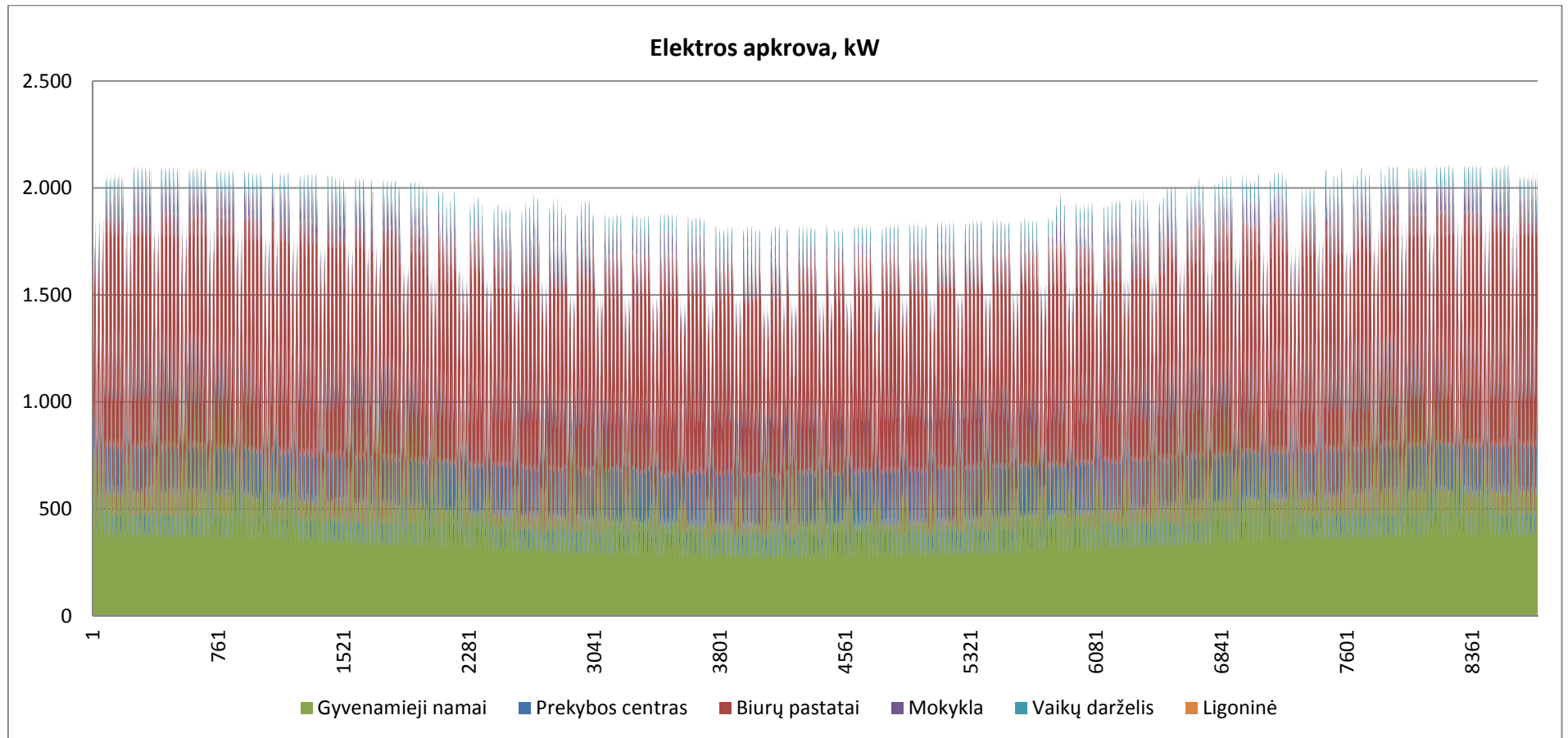
Mažiausia valandinė apkrova veikia birželio 26 dieną 5 valandą ir yra lygi **266 kW**. O didžiausia apkrova mažiausio vartojimo dekadą veikia birželio 20 dieną 18 valandą ir yra lygi **872 kW**.

#### **4.2.2. Elektros apkrovos visuomeninės paskirties pastatuose modeliavimas**

Elektros valandinės apkrovos administracinės, biurų, prekybos ir mokymo paskirties pastatuose skaičiuojami pagal (2) formulę, tačiau taikant kitus valandinių apkrovų koeficientus pateiktus [9]. Elektros valandinės apkrovos ligoninėje skaičiuojami analogiškai, tik čia taikomi [40] pateikti koeficientai.

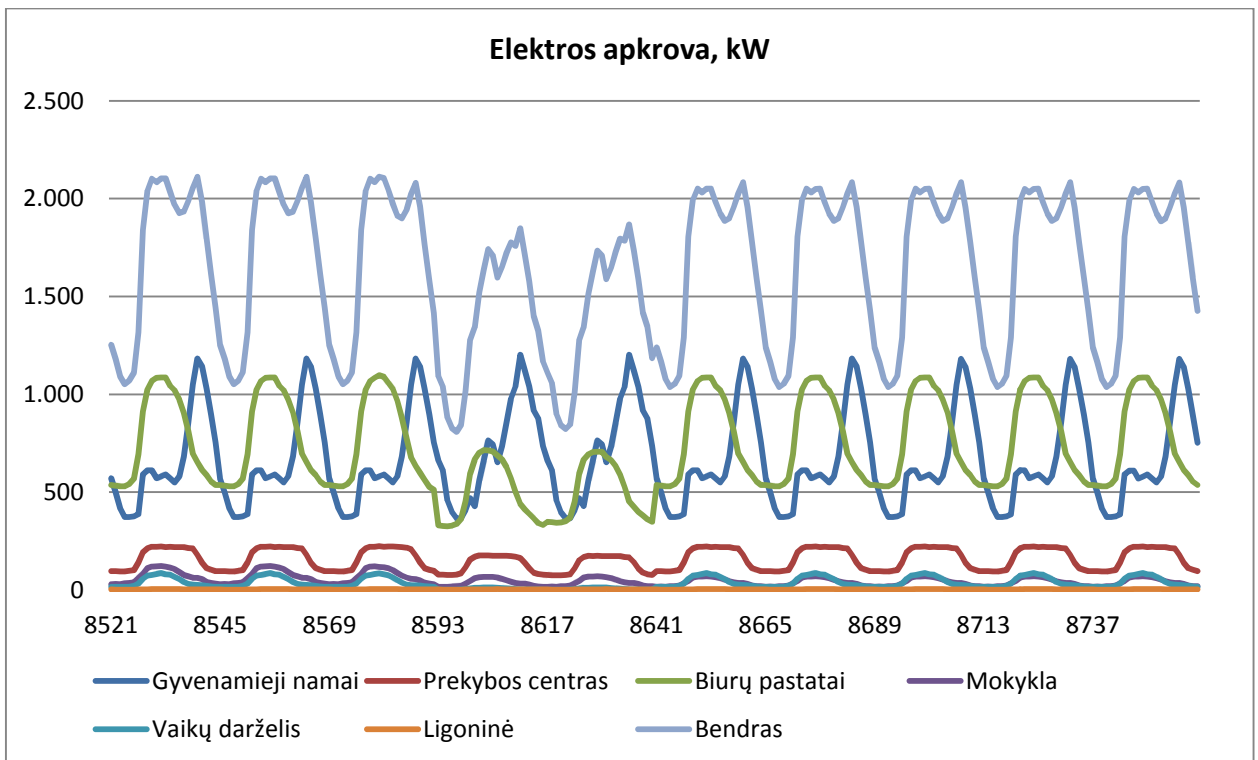
**Pastaba.** Skaičiuojant visuomeninių ir mokymo paskirties pastatų elektros apkrovas elektros apkrovos sumažėjimas savaitgaliais ir šventinėmis dienomis įvertinamas tokiais koeficientais: prekybos centruose 0,79; biurų pastatuose 0,65, mokykloje 0,57; vaikų darželyje 0,16. Panaudojus šiuos koeficientus išsprendžiamas metinio elektros suvartojimo suskaičiuoto pagal apkrovų skaičiavimo metodiką ir sumodeliuoto pagal apkrovos koeficientus nesutapimo klausimas, ir metiniai elektros energijos poreikiai suskaičiuoti šiais 2 skirtingais būdais skiriasi tik 0,0023 %.

Kasvalandinis visų vartotojų elektros poreikių kitimas metų bėgyje pateiktas 14 pav.



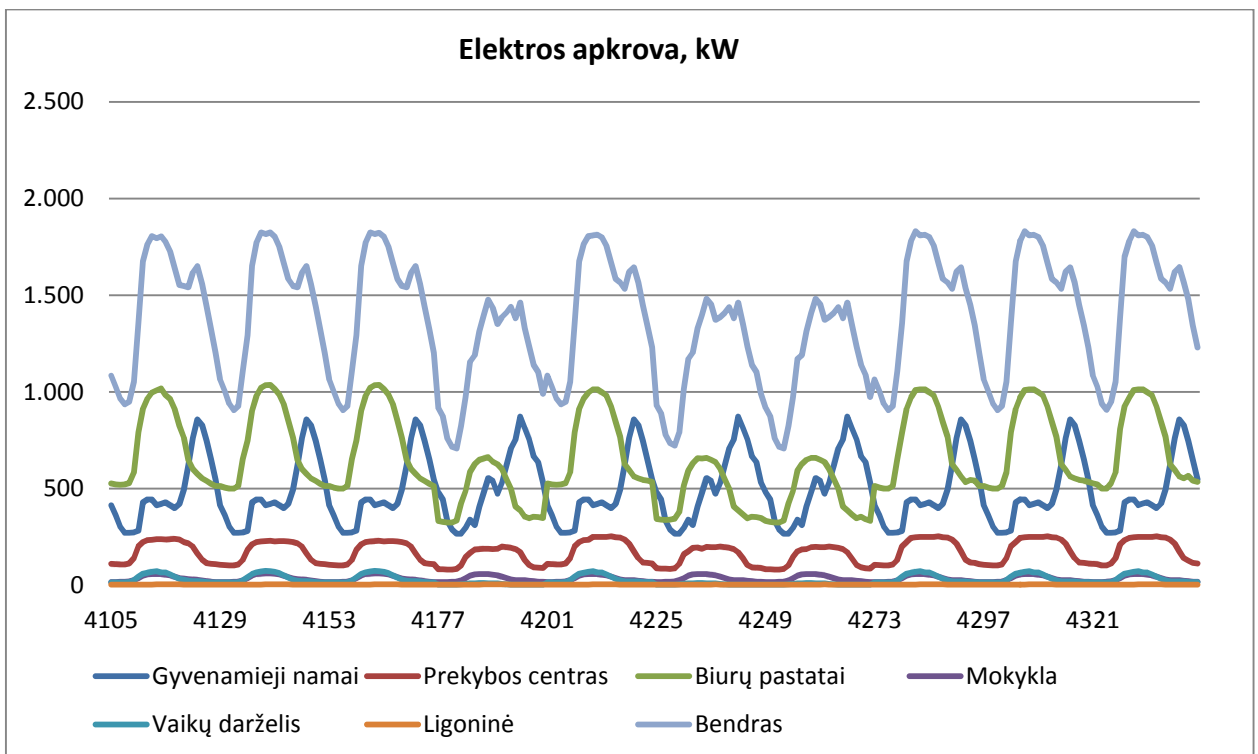
**14 pav. Visų kvartalo vartotojų valandinių elektros apkrovų kitimas metų bėgyje**

Kadangi visų metų elektros apkrovų kitimo grafike neįmanoma gerai įžiūrėti elektros apkrovos pasiskirstymo tarp skirtingų vartotojų, tai toliau pateikiami elektros apkrovų didžiausio ir mažiausio vartojimo dekadomis grafikai. Kiekvienos vartotojų grupės elektros apkrovų kitimo grafikai nepateikiami, nes apkrovos pakankamai vaizdžiai matomos bendruose grafikuose pateiktuose 15 ir 16 pav.



15 pav. Elektros apkrovų kitimas didžiausio vartojimo dekadą

Didžiausia visos gyvenvietės elektros apkrova pasireiškia gružio 24 dieną ir yra lygi **2 112 kW**. Tuo tarpu mažiausia apkrova didžiausio vartojimo dekadą lygi **1 037 kW**, t.y. jos skiriasi 2 kartus.

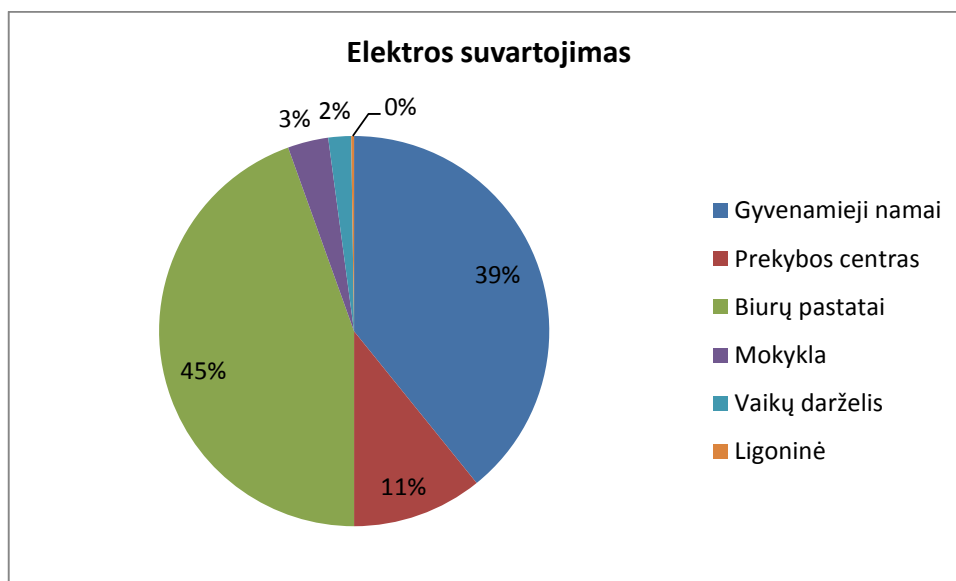


16 pav. Elektros apkrovų kitimas mažiausio vartojimo dekadą.

Mažiausia apkrova metų bėgyje pasireiškia birželio 24 dieną ir yra lygi **707 kW**. Tuo tarpu didžiausia apkrova mažiausio vartojimo dekadą lygi **1 830 kW**.

Metinis elektros energijos poreikis gyvenvietėje yra **13 031 MWh**.

Metinio elektros energijos suvartojimo pasiskirstymas tarp vartotojų parodytas 17 pav.



17 pav. Elektros suvartojimo pasiskirstymas

Du didžiausi elektros vartotojai yra biurų pastatai (45 %) ir gyvenamieji namai (39 %). Prekybos centre suvartojama 11 % gyvenvietės elektros energijos. Mokykla, vaikų darželis ir ligoninė yra palyginti maži vartotojai.

### 4.3. Šilumos poreikių pastatų šildymui ir vėdinimui modeliavimas

Skaičiuoti gyvenvietės šilumos poreikius detalai galima remiantis galiojančiais statybos techniniais reglamentais STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui.“ [41], STR 2.01.09:2005 „Pastatų energinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas.“[36]. Tokiam skaičiavimui reikia žinoti daug pastato charakteristikų: plotus, tūrius, atitvarų savybes ir plotus.

Šiame darbe siekiama nagrinėti ne atskirus pastatus, o visą gyvenvietę, todėl šilumos poreikiai skaičiuojami kaip galios funkcija nuo išorės oro temperatūros:

$$Q_n = Q_{\max} \cdot \frac{(t_i - t_e)}{(t_i - t_{e.sk.})} - Q_g \cdot \eta_g ; \quad (3)$$

čia:  $Q_n$  – šilumos poreikis šildymui konkrečia metų valandą, kWh/h;

$Q_{\max}$  – projektinė šilumos galia (2 lentelė), kW;

$t_i$  – vidaus oro temperatūra, °C;

$t_e$  – lauko oro temperatūra skaičiuojamą valandą, °C;

$t_{e.sk.}$  – projektinė lauko oro temperatūra, -23 °C;

$Q_g$  – šilumos pritekėjimai nuo saulės ir iš vidinių šilumos šaltinių (žmonių ir elektros), skaičiuojami pagal [40];

$\eta_g$  – šilumos pritekėjimų panaudojimo koeficientas, priimamas 0,8.

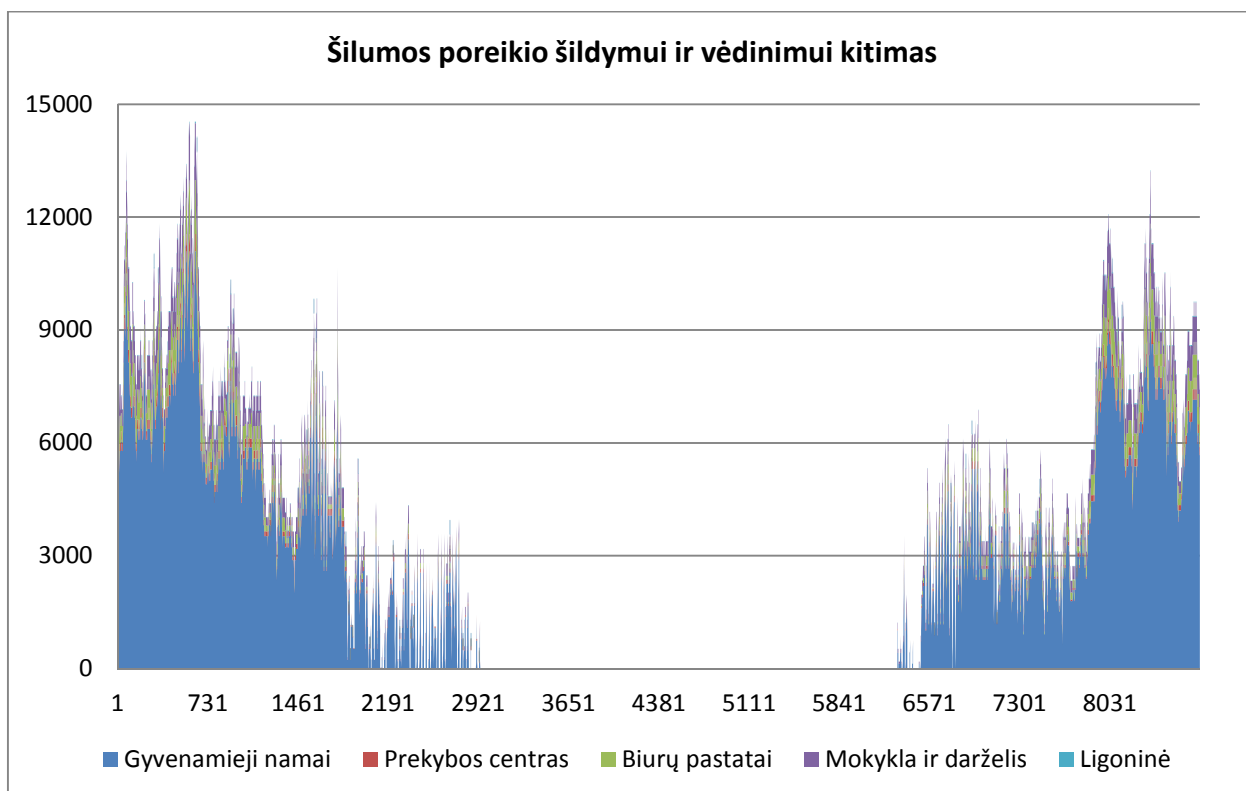
Projektinės instaliuotos galios priimamos pagal [40], kuriame pateiktos vidutinės įvairių tipų pastatuose, statyuose Norvegijoje, instaliuotos galios esant projektinei temperatūrai -19 °C. Čia jos pateiktos perskaičiavus prie Vilniaus projektinių sąlygų.

**5 lentelė. Projektinės instaliuotos galios šildymui ir vėdinimui**

	$t_{d.d.}, ^\circ\text{C}$	$T_{nd.d.}, ^\circ\text{C}$	$Q_{max,d.d.}, \text{kW/m}^2$	$Q_{max,nd.d.}, \text{kW/m}^2$
Gyvenamieji namai	20		50,7	
Prekybos centras	20		61,3	
Biurų pastatai	20	16	61,3	44,5
Mokykla ir darželis	22	16	93,8	58,4
Ligoninė	22	22	73,8	68,5

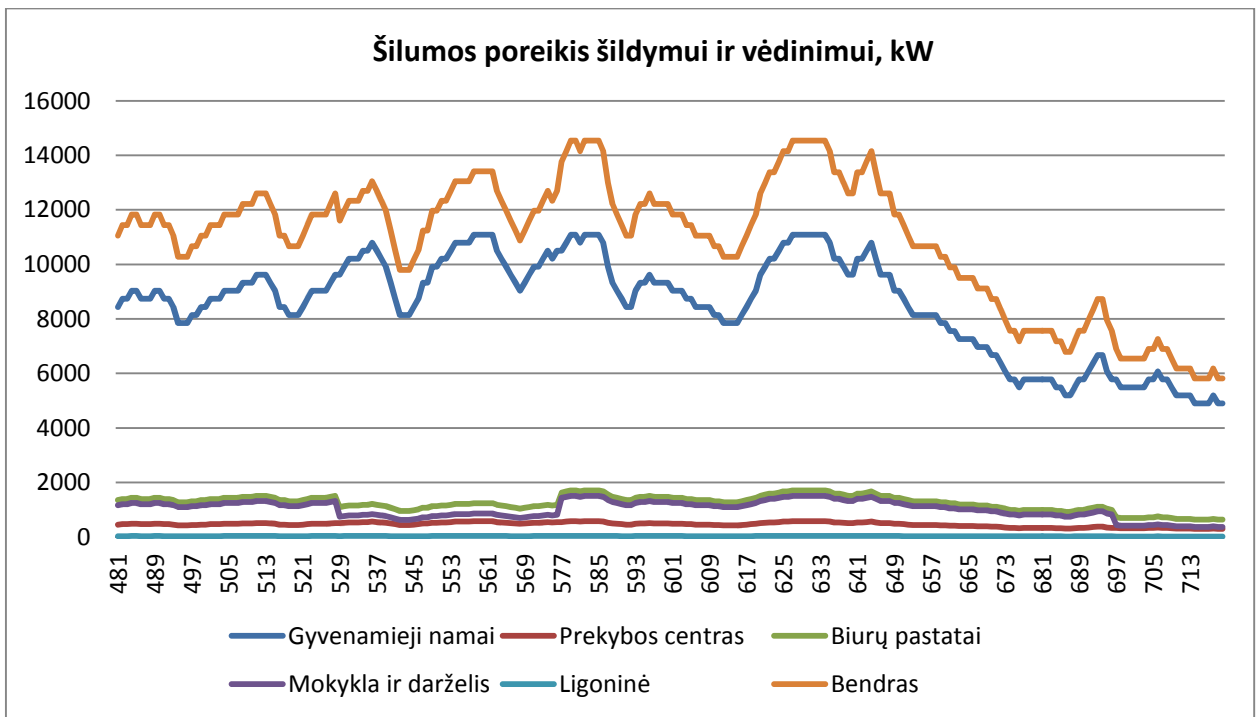
Temperatūra biurų pastatuose ir mokyklose savaitgaliais ir nakties metu bei mokymo įstaigose atostogų metu žeminama iki 16 °C, todėl reikalinga instaliuota galia yra atitinkamai mažesnė. Ligoninėse temperatūra nėra žeminama, bet instaliuotos galios sumažėjimas aiškinamas tuo, kad savaitgalį dalis patalpų yra nenaudojamos (taip pat tuo pačiu aiškinamas ir kitų pastatų instaliuotų galių sumažėjimas) [40].

Šilumos poreikio šildymui ir vėdinimui kitimas 2010-aisiais metai pateiktas 18-22 pav.



**18 pav. Šilumos poreikio šildymui ir vėdinimui kitimas 2010-aisiais metais**

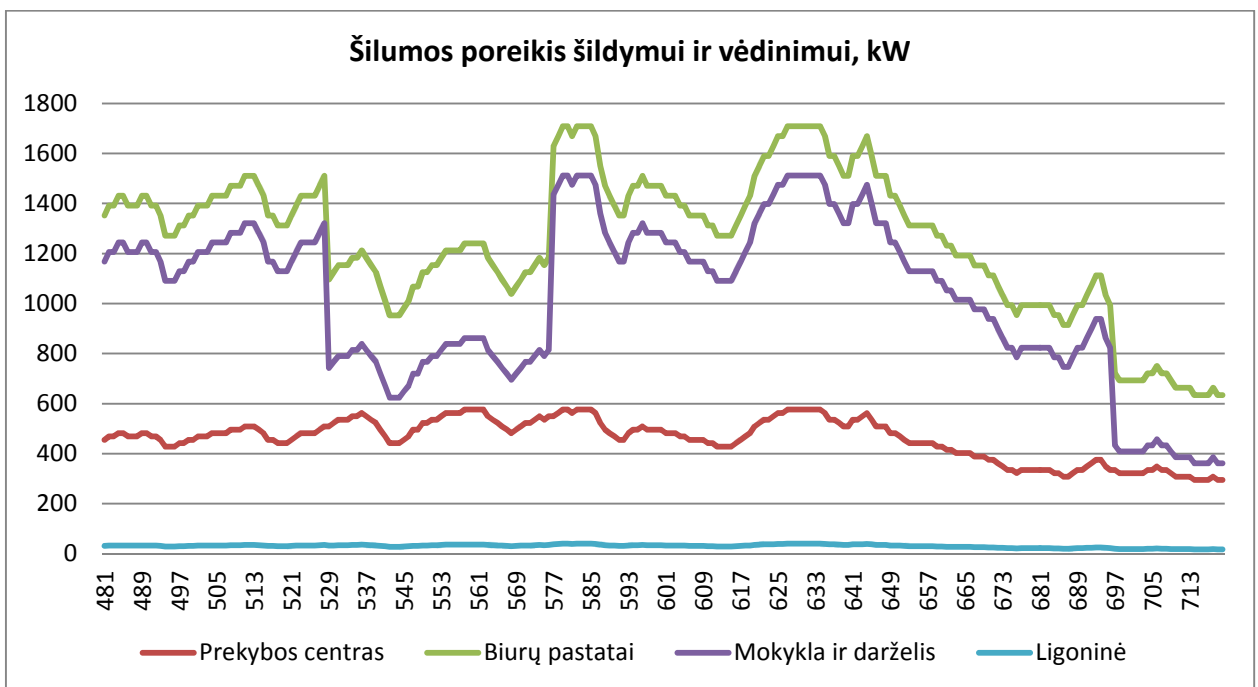
Didžiausias šilumos poreikis šildymui ir vėdinimui yra **14 537 kW**. Šilumos poreikis didesnis nei **12 000 kW** trunka **108** valandas per metus, didesnis nei **8 000 kW** – **1 222** valandas.



19 pav. Šilumos poreikis šalčiausią 2010-ųjų metų dekadą (sausio 21-30 dienomis)

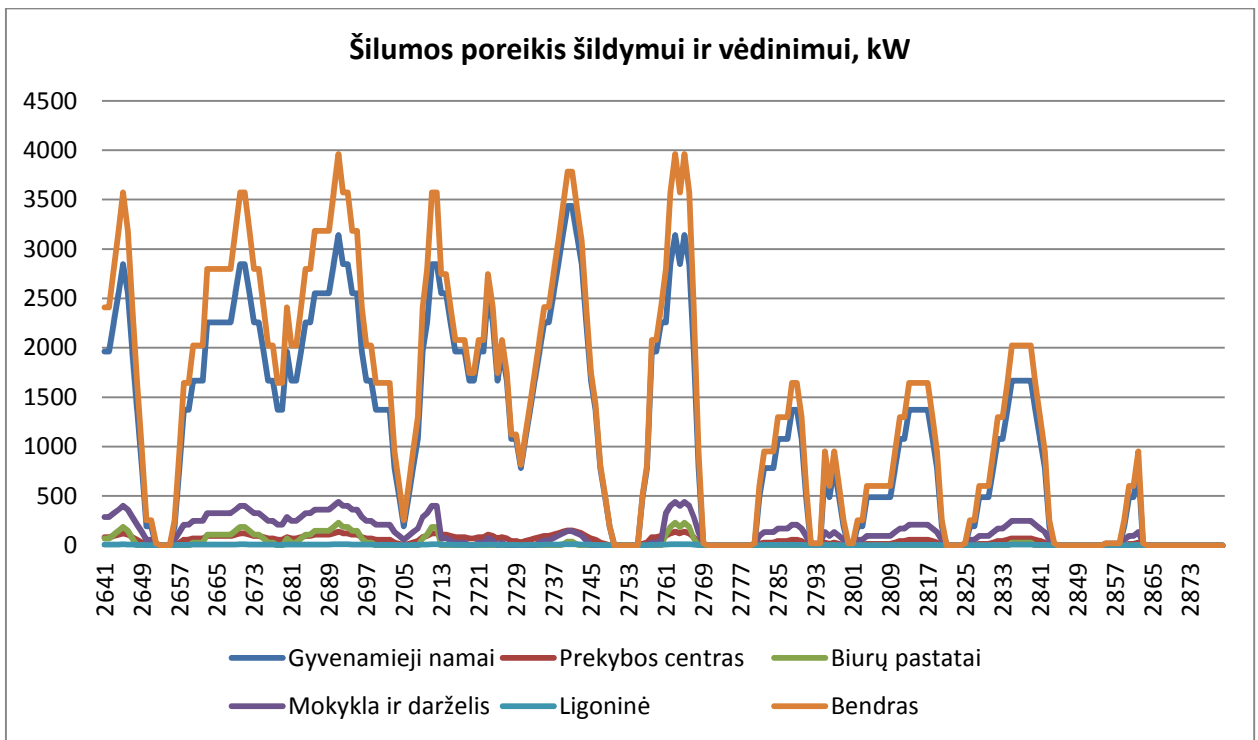
Iš 19 pav. matyti, kad didžiausias šilumos vartotojas nagrinėjamoje gyvenvietėje yra gyvenamieji namai. Didžiausia gyvenvietės šilumos apkrova yra sausio 25 dieną ir ji lygi **14 537 kW**.

Kadangi 19 pav. dėl mastelio sunku įžiūrėti mažesnių šilumos vartotojų šilumos poreikius, jie atskirai pateikiami 20 pav.

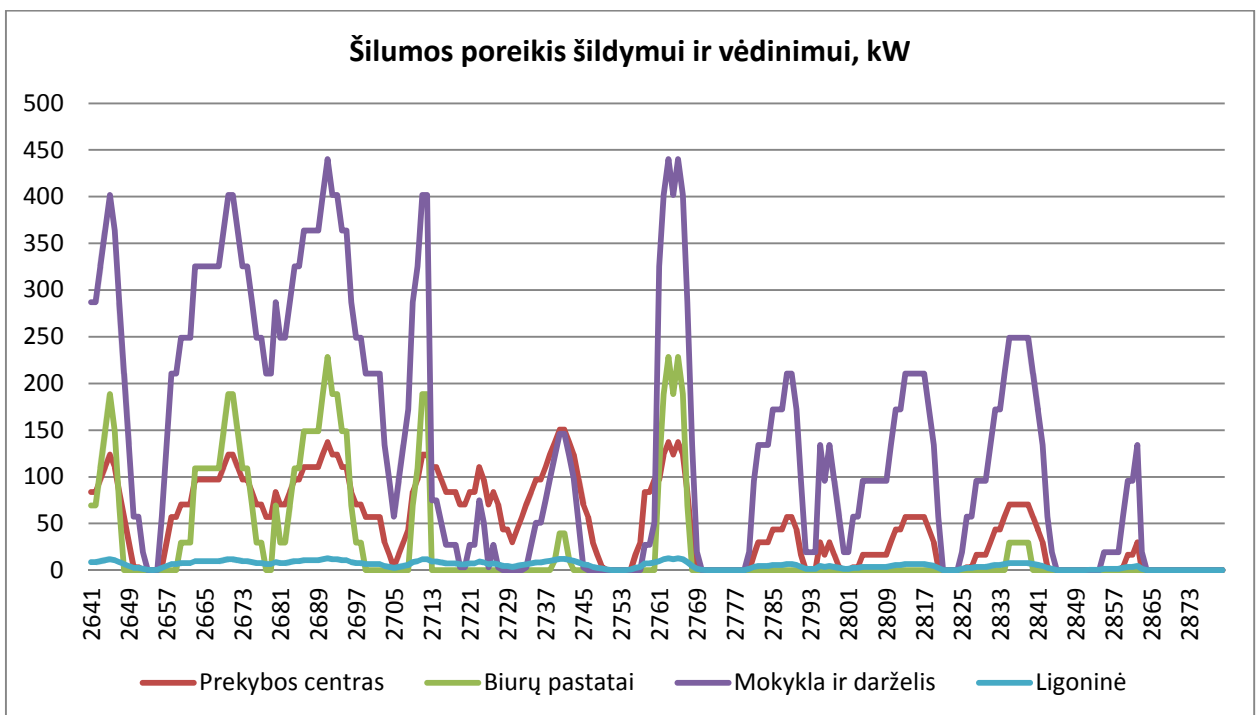


20 pav. Mažųjų šilumos vartotojų šilumos poreikis šalčiausią 2010-ųjų metų dekadą (sausio 21-30 dienomis)

Šiame paveikslėlyje aiškiai matyti šilumos poreikio šildymui ir vėdinimui sumažėjimas biurų ir mokyimo paskirties pastatuose dėl temperatūros žeminimo savaitgaliais.



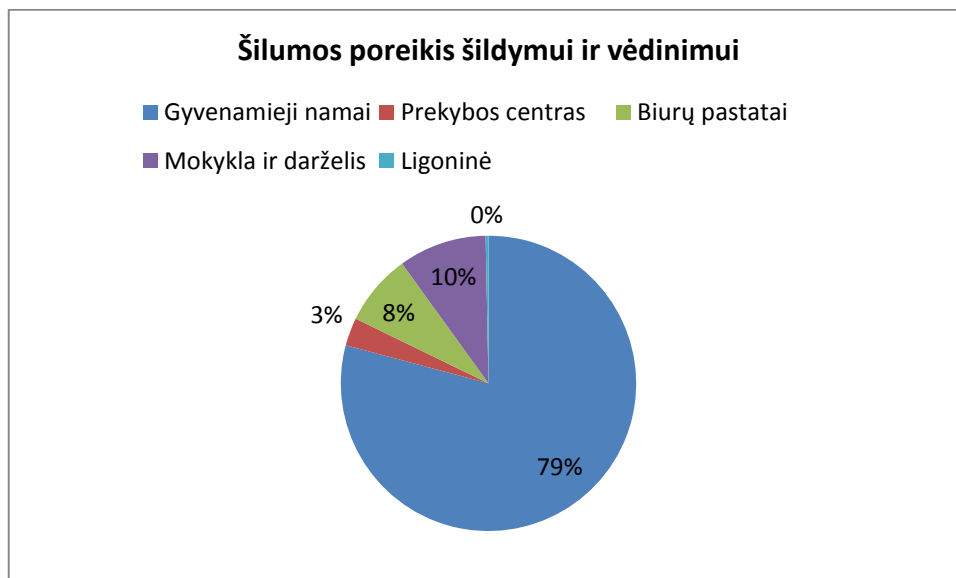
21 pav. Šilumos poreikis 2010-ųjų metų pereinamoju laikotarpiu (balandžio 21-30 d.)



22 pav. Mažųjų šilumos vartotojų šilumos poreikis 2010-ųjų metų pereinamoju laikotarpiu (balandžio 21-30 d.)

Iš 21 pav. matyti, kad daugelio šilumos vartotojų pereinamoju laikotarpiu padengia šilumos pritekėjimai nuo saulės ir iš vidinių šaltinių, todėl šildyti pastatus reikėtų tik naktį. Į tai reikia atsižvelgti modeliuojant kogeneracinį įrenginį, nes nesant šilumos vartojimui tektų ją tiesiog išmesti ir taip sumažėtų įrenginio metinis kuro panaudojimo ir naudingumo koeficientai, t.y. kuras būtų naudojamas neekonomiškai.

Metinis visos gyvenvietės šilumos poreikis šildymui ir vėdinimui yra **27 748 MWh**.



**23 pav. Šilumos poreikio šildymui ir vėdinimui pasiskirstymas pagal vartotojus**

Iš 23 pav. parodytos šilumos vartojimo struktūros matyti, kad didžiausias šilumos vartotojas nagrinėjamoje gyvenvietėje yra gyvenamieji namai, kurie vartoja 79 % šilumos. Kiti žymesni vartotojai yra biurų pastatai, mokymo įstaigos ir prekybos centras.

#### 4.4. Šilumos poreikių karšto vandens ruošimui modeliavimas

Karšto vandens ruošimo sistemos metinis šilumos poreikis karšto vandens ruošimui visoms vartotojų grupėms skaičiuojama pagal Lietuvoje galiojančias taisykles “2005.06 Pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės” [42].

Metinio šilumos poreikio karšto vandens ruošimui skaičiavimui naudoti duomenys ir skaičiavimo rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

**6 lentelė. Šilumos poreikių karšto vandens ruošimui skaičiavimas**

Energijos vartotojų grupė	Prietaisų skaičius N, vnt.	Valandinis prietaiso čiaupo debitas, l/h	B arba A <sub>v</sub>	q <sub>0</sub> , l/s	q <sub>h</sub> <sup>u</sup> , l/h	q <sub>p</sub> <sup>vid</sup> , l/parai	G <sub>h</sub> , m <sup>3</sup> /h	Q <sub>kvrt</sub> , MWh
Gyvenamieji pastatai	10714	200	3572	0,2	10,9	100	17,68	23348
Administracinės ir biurų paskirties pastatai	175	60	3	0,1	2	5	10,29	409
Prekybos centrai	-	200	3	0,2	9,6	65	4,30	713
Mokykla	132	60	3	0,1	1	3	2,55	93
Vaikų darželis	51	60	3	0,14	8	28,5	6,58	218
Ligoninė	165	60	10	0,14	5,4	75	0,84	144
Socialinės rūpybos institucijos	50	60	3	0,1	2	5	3,59	117

Metinis šilumos poreikis karšto vandens ruošimui paskaičiuotas pagal galiojančias taisykles yra **25,03 GWh**.

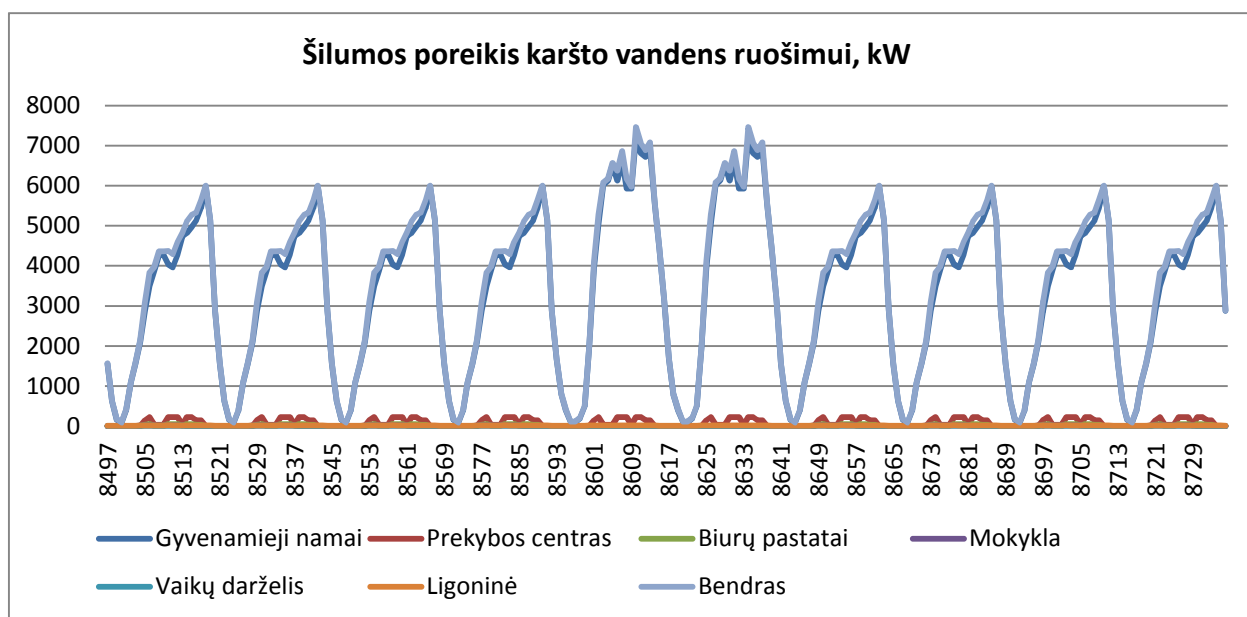
Karšto vandens ruošimui reikalingo šilumos poreikio kitimas gyvenamuosiuose pastatuose imituojamas analogiškai kaip ir elektros poreikio, tik taikant kitus koeficientus parenkamus pagal [9]. Iš čia koeficientas pagal metų laiką  $\alpha$  žiemos mėnesiams lygus 1,32, pavasario mėnesiams 1,28, vasaros mėnesiams 0,62, rudens mėnesiams 0,78. Koeficientas  $\beta$  darbo dienoms lygus 0,92, savaitgaliams 1,17. Koeficientai  $\gamma$  įvertinantys valandines apkrovas bus pateikti baigiamojo darbo prieduose.

Prekybos ir administracinės paskirties pastatams reikalingas šilumos poreikis imituojamas priėmus koeficiento  $\alpha$  reikšmę vasaros mėnesiams 0,8, kitiems mėnesiams 1,0. Koeficientas  $\beta$  šių pastatų karšto vandens ruošimo šilumos poreikiams atskirai nevertinamas, o apkrovos kitimas paros bėgyje įvertintas koeficientu  $\gamma$  ir priėmus prielaidą, kad prekybos centre karšto vandens vartojimas darbo dienomis ir savaitgaliais yra vienodas, o administracinės paskirties pastatuose karštas vanduo savaitgaliais neruošiamas.

Vandens vartojimui mokykloje ir vaikų darželyje įvertinimui priimama, kad vanduo bus vartojamas tolygiai darbo valandomis, o nedarbo metu vandens vartojimo nebus. Vandens vartojimo kitimas metų bėgyje įvertintas koeficientais  $\alpha$  kiekvienam metų mėnesiui ir atskirai mokyklai ir vaikų darželiui.

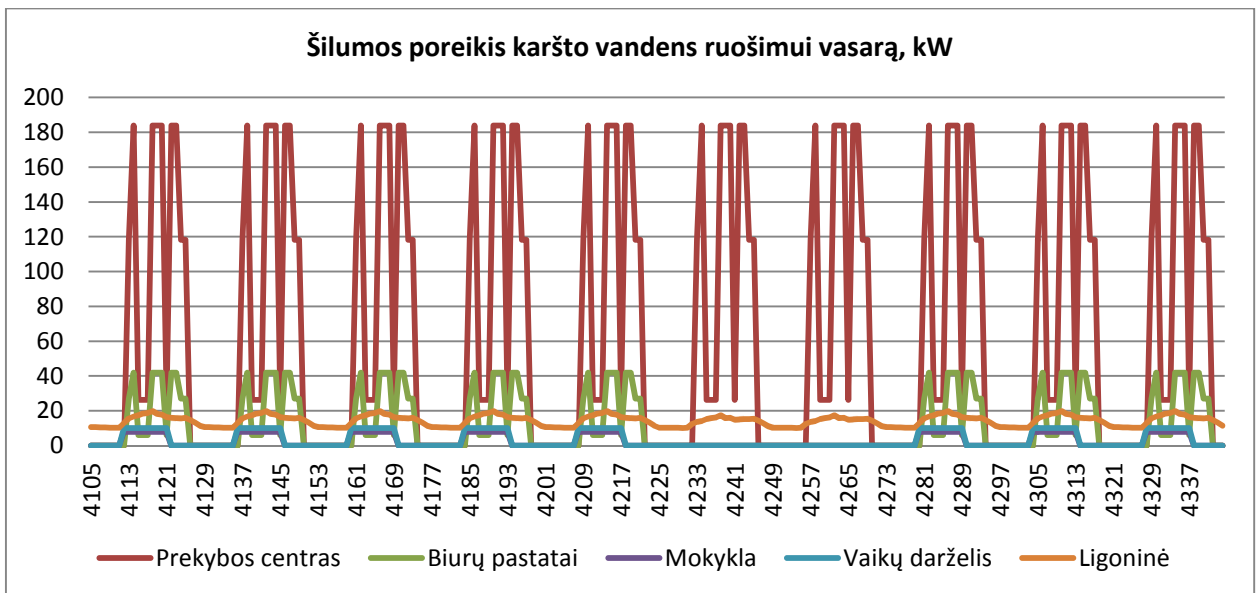
Duomenų apie karšto vandens vartojimo netolygumus nepavyko rasti, todėl šilumos apkrovoms imituoti naudojami tie patys koeficientai kaip ir elektros apkrovoms tikintis, kad elektros ir karšto vandens vartojimas koreliuoja laike.

Šilumos poreikio karšto vandens ruošimui kitimo grafikai pateikiami 24 - 28 pav.



24 pav. Šilumos poreikio karštam vandeniui ruošti kitimas didžiausio vartojimo dekadą (gruodžio 21-30 d.)

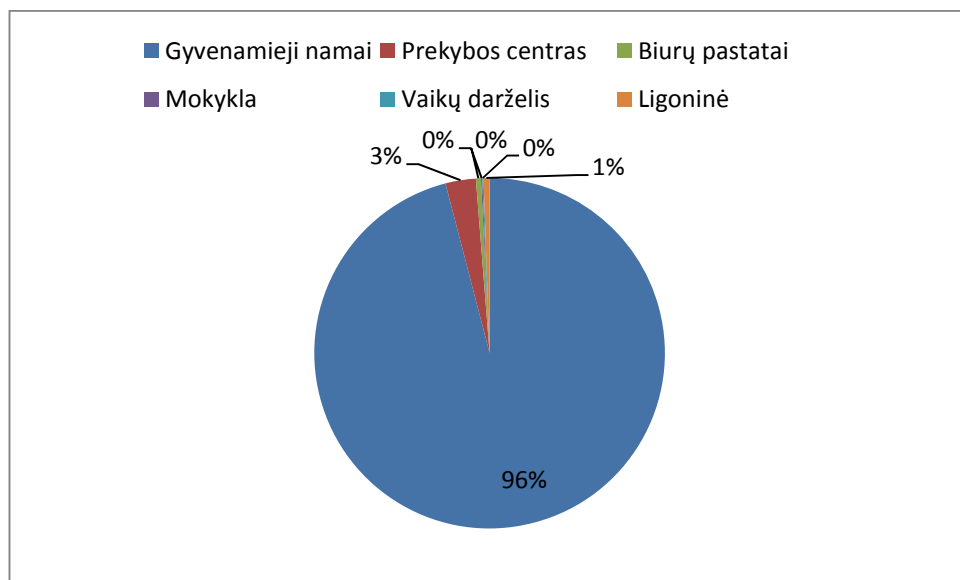




27 pav. Mažųjų karšto vandens vartotojų šilumos poreikio kitimas mažiausio vartojimo dekada

Didžiausias šilumos poreikis karšto vandens ruošimui vasaros laikotarpiu yra **3 586 kW** ir sudaro tik 48 % didžiausio šilumos poreikio karšto vandens ruošimui žiemą. Mažiausias šilumos poreikis karšto vandens ruošimui yra tik **47 kW**.

Metinis šilumos poreikis karšto vandens ruošimui suskaičiuotas įvertinus vandens vartojimo netolygumą pagal sezoninius ir valandinius koeficientus lygus **24 095 MWh**, t.y. yra mažesnis lyginant su suskaičiuotu juo pagal galiojančias Lietuvos normas **3,7 %**.

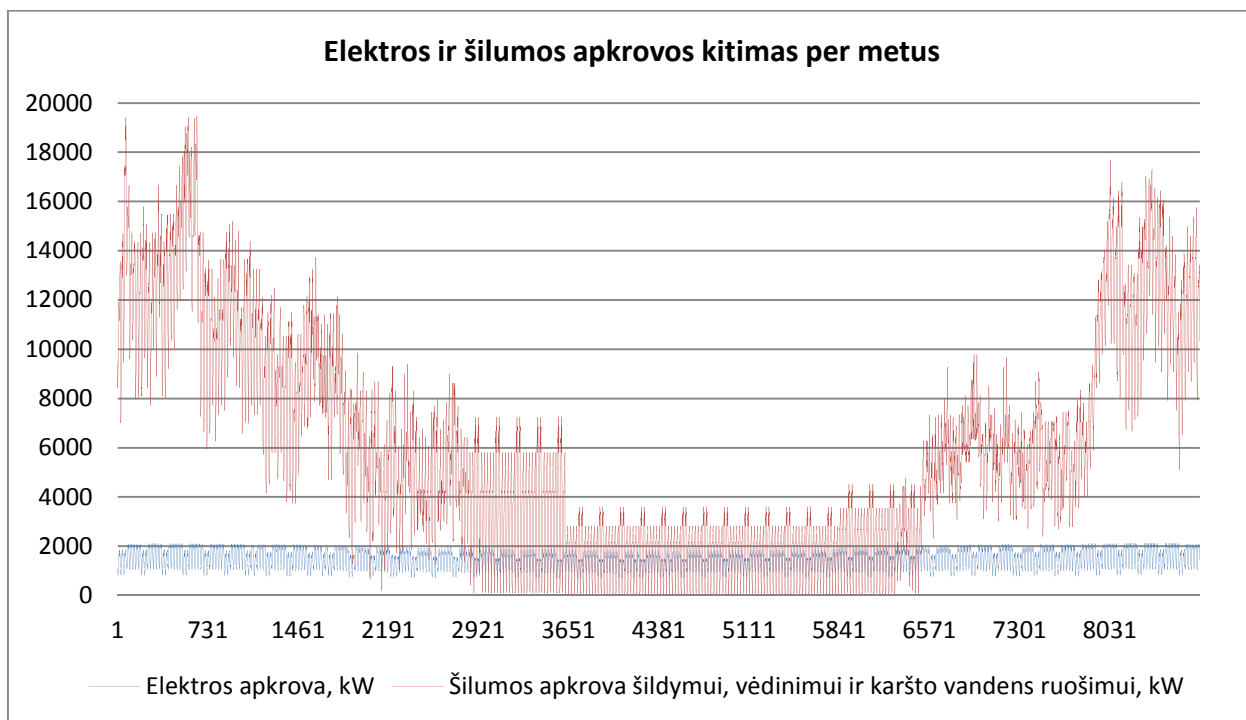


28 pav. Šilumos poreikio karšto vandens ruošimui pasiskirstymas tarp vartotojų.

Kaip matyti 28 pav. daugiausia šilumos karšto vandens ruošimui (96 %) suvartojama gyvenamuosiuose namuose. Kitų karšto vandens suvartotojų vartojimas yra labai nežymus.

#### 4.5. Apibendrinimas: elektros ir šilumos poreikio kitimas gyvenvietėje

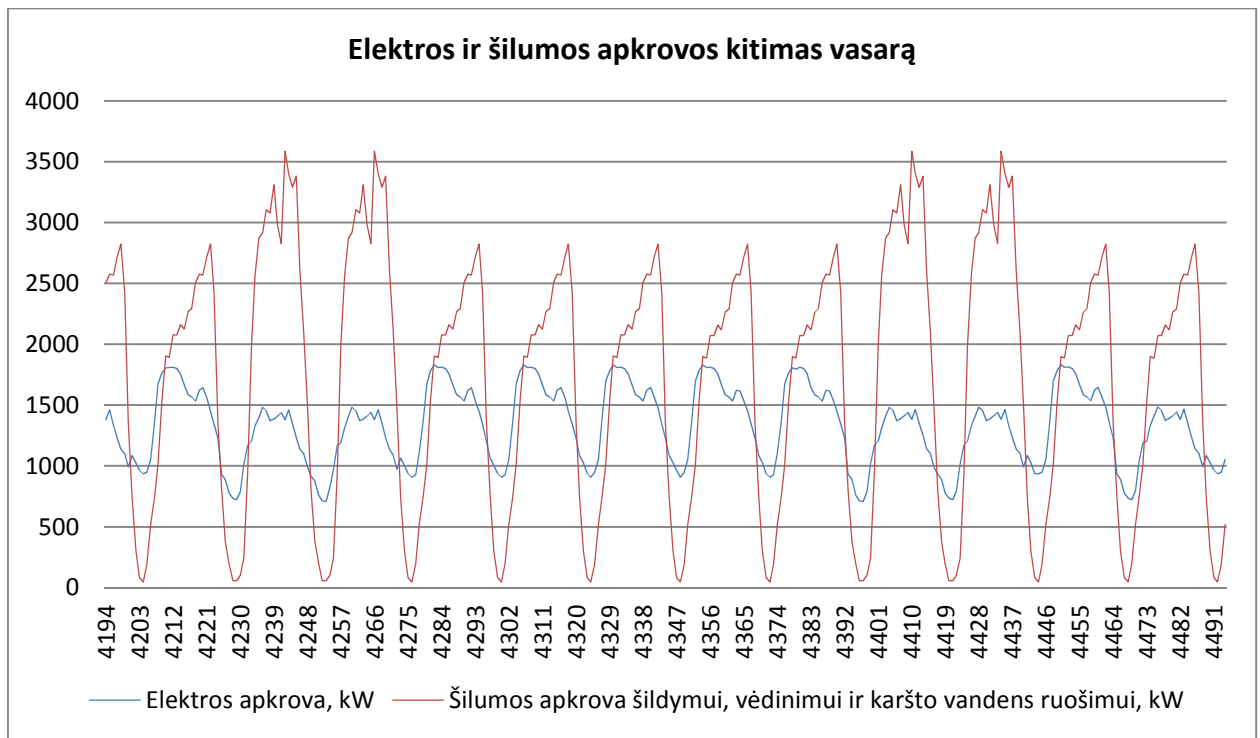
Tam kad būtų galima nustatyti kogeneracinio įrenginio veikimo režimus ir parinkti tinkamos elektros ir šilumos galios įrenginį, reikia žinoti didžiausias ir mažiausias elektros ir šilumos apkrovas objekte, kurį kogeneratorius aprūpins energija. Šių apkrovų kitimas pateiktas 29 – 30 pav.



29 pav. Elektros ir šilumos apkrovos kitimas per metus

Iš 29 pav. matyti, kad šilumos apkrova spalio – vasario mėnesiais visada viršija elektros apkrovą, pereinamuoju laikotarpiu (kovo, balandžio ir rugsėjo mėnesiais) šilumos apkrova kartais būna mažesnė už elektros apkrovą. Artėjant link vasaros mėnesių šilumos apkrovos vis dažniau tampa mažesnės už elektros, o vasaros mėnesiais kiekvieną naktį šilumos poreikis yra mažesnis už elektros. Didžiausia šilumos šildymui, vėdinimui ir karšto vandens ruošimui reikalinga apkrova pasiekama sausio mėnesį, esant mažiausiai lauko oro temperatūrai ir didžiausiam karšto vandens suvartojimui, ir lygi **19 476 kW**. Pagal šią apkrovą, pridėjus prie jos nuostolius šilumos tinkluose, reikėtų parinkti šilumos generatorių galingumą. Didžiausia elektros apkrova yra gruodžio 25 dieną ir lygi **2 295 kW**.

Metinis gyvenvietės elektros poreikis yra **14 018 MWh**, šilumos poreikis šildymui, vėdinimui ir karšto vandens ruošimui yra **51 843 MWh**.



30 pav. Elektros ir šilumos poreikio kitimas vasarą

Iš 30 pav. matyti, kad vasarą kiekvieną naktį šilumos poreikis yra labai mažas lyginant su elektros poreikiu, tačiau jis trunka neilgai (šilumos poreikis mažesnis už elektros 8 valandas per parą). Tuo tarpu dienos metu šilumos poreikis siekia **3 500 kW** savaitgaliais ir apie **2 800 kW** darbo dienomis, kai elektros poreikis yra atitinkamai apie **2 000 kW** ir **1 800 kW**.

Toks elektros ir šilumos poreikių pasiskirstymas verčia manyti, kad panaudojus šilumos akumuliaciją būtų galima gaminti visą gyvenvietei reikalingą elektrą ištisus metus, nešvaistant šilumos ir ekonomiškai naudojant kurą bei būnant visiškai autonomiškai, t.y. nepriklausyti jokiai didesnei elektros energijos sistemai.

#### 4.6. Energijos poreikių skaičiavimo išvados

1. Atlikus valandinių šilumos ir elektros poreikių modeliavimą nustatytos didžiausios šilumos ir elektros apkrovos nagrinėjamame objekte. Jos atitinkamai lygios **19 476 kW** ir **2 112 kW**. Mažiausia elektros apkrova lygi **695 kW**, o šilumos **47 kW**.
2. Metiniai nagrinėjamo objekto šilumos poreikiai lygūs **51 843 MWh** (iš jų **27 748 MWh** šildymui ir vėdinimui, o **24 095 MWh** karšto vandens ruošimui). Metiniai gyvenvietės elektros poreikiai lygūs **13 032 MWh**.
3. Žiemą ir pereinamuoju laikotarpiu šilumos poreikis visą laiką didesnis už elektros poreikį. Vasarą kiekvieną naktį šilumos poreikis yra labai mažas lyginant su elektros poreikiu, tačiau jis trunka neilgai (šilumos poreikis mažesnis už elektros 8 valandas per parą). Tuo tarpu dienos metu šilumos poreikis siekia **3 500 kW** savaitgaliais ir apie **2 800 kW** darbo dienomis, kai elektros poreikis yra atitinkamai apie **1 400 kW** ir **1 800 kW**. Toks elektros

ir šilumos poreikių pasiskirstymas verčia manyti, kad panaudojus šilumos akumuliaciją būtų galima gaminti visą gyvenvietei reikalingą elektrą ištisus metus, nešvaistant šilumos ir ekonomiškai naudojant kurą bei būnant visiškai autonomiškai, t.y. nepriklausyti jokiai didesnei elektros energijos sistemai.

## **5. Aprūpinimo energija sistemų analizė**

### **5.1. Objekto aprūpinimo energija variantų aprašymas**

Atlikus energijos poreikių skaičiavimą ir modeliavimą pasirinktos tokios nagrinėjamo objekto aprūpinimo energija technologijos:

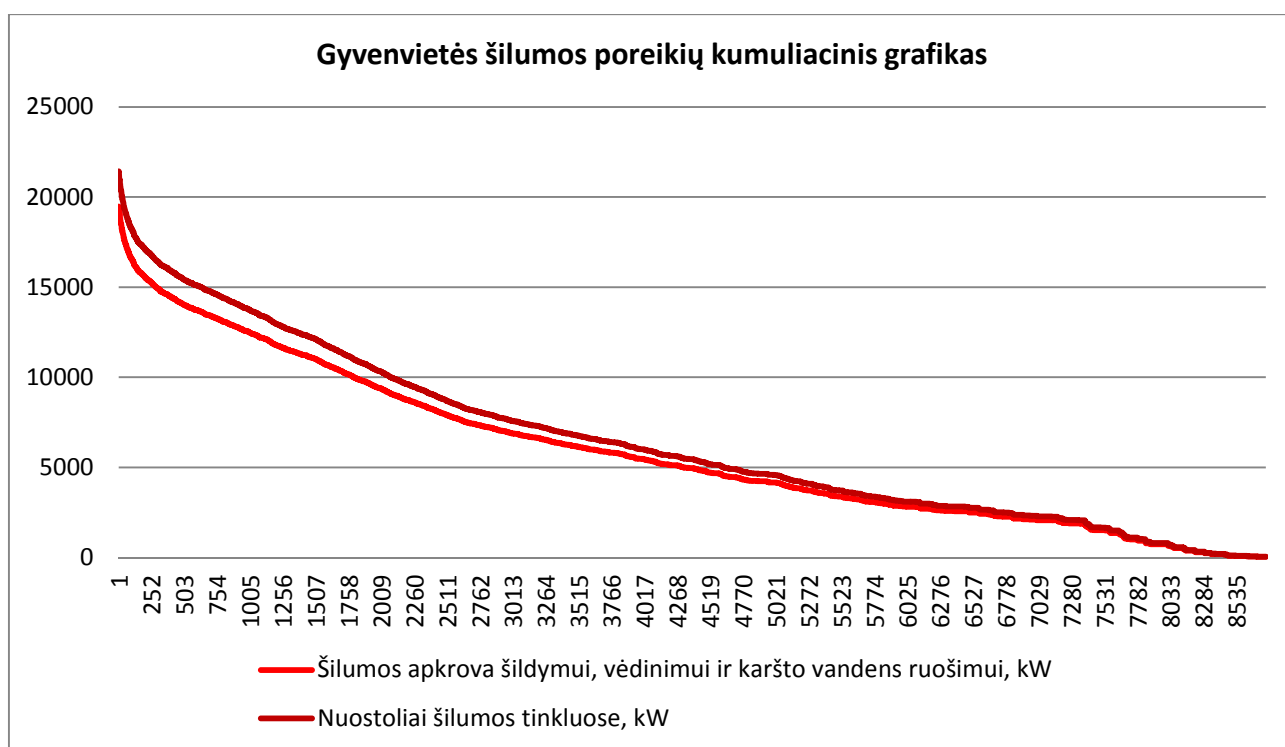
1. Šiluma gaminama kondensacinėje katilinėje, kurioje deginamos gamtinės dujos, o elektra perkama iš elektros tinklų. Šiuo atveju gyvenvietės aprūpinimas energija yra neautonomiškas nei šalies, nei pačios gyvenvietės mastu, nes kuras katilinei ir elektra būtų perkami iš šalies arba netgi užsienio. Toks variantas nagrinėjamas kaip bazinis.
2. Kogeneracinės jėgainės įrengimas. Iš poreikių imitavimo rezultatų aišku, kad vien kogeneracinio įrenginio pagaminti visam šilumos kiekiui neužteks, todėl šiuo atveju reikia papildomai įrengti katilus pikiniams šilumos poreikiams užtikrinti. Šiuo atveju kogeneratoriuje ir katiluose naudojamas vietinis biokuras, ir tik pikiniai poreikiai užtikrinami dujinio katilo. Taip pat nagrinėjamas kogeneratoriaus ir katilų veikimas sistemoje su akumuliacine talpa. Nagrinėjami skirtingi įrenginių deriniai: kogeneratorius parenkamas pagal mažiausią, vidutinę ir didžiausią elektros apkrovą, o kiti įrenginiai pagal trūkstamą galią, kad būtų užtikrinti pikiniai poreikiai.
3. Saulės kolektorių įrengimas. Šiuo atveju nagrinėjamos didelės saulės kolektorių sistemos įrengimas. Programa „T-Sol“ skaičiuojamos 5 saulės kolektorių sistemos, kurios dalinai dengtų šilumos poreikius karšto vandens ruošimui. Dėl programos ribotų veikimo galimybių nagrinėjami tik mėnesiniai saulės energijos kiekiai pagaminti saulės kolektorių sistemose ir dėl to sutaupyti kito kuro kiekiai.
4. Vėjo jėgainių parko ir biokuro jėgainės įrengimas. Šiuo atveju nagrinėjamas vėjo jėgainių veikimas bendroje sistemoje su antrajame variante parinktais įrenginiais. Pasinaudojant duomenimis apie vėjo greitį kiekvieną metų valandą, skaičiuojama kokią dalį metinio elektros energijos poreikio galėtų padengti vėjo jėgainių parko ir kogeneracinės jėgainės derinys ir nagrinėjama kokia turėtų būti vėjo jėgainių bendra galia norint pagaminti daugiau elektros nei suvartoja gyvenvietė, t.y. būti sąlyginai autonomiškais elektros vartotojais.

Tikslios nagrinėjamuose variantuose naudojamų įrenginių galios parenkamos šiame skyriuje.

## 5.2. Prisijungimas prie šalies elektros tinklų ir dujinės katilinės įrengimas

Šiuo atveju elektros poreikis bus visiškai patenkinamas iš šalies elektros tinklų, todėl elektros gamybos įrenginių veikimo modeliavimas neatliekamas.

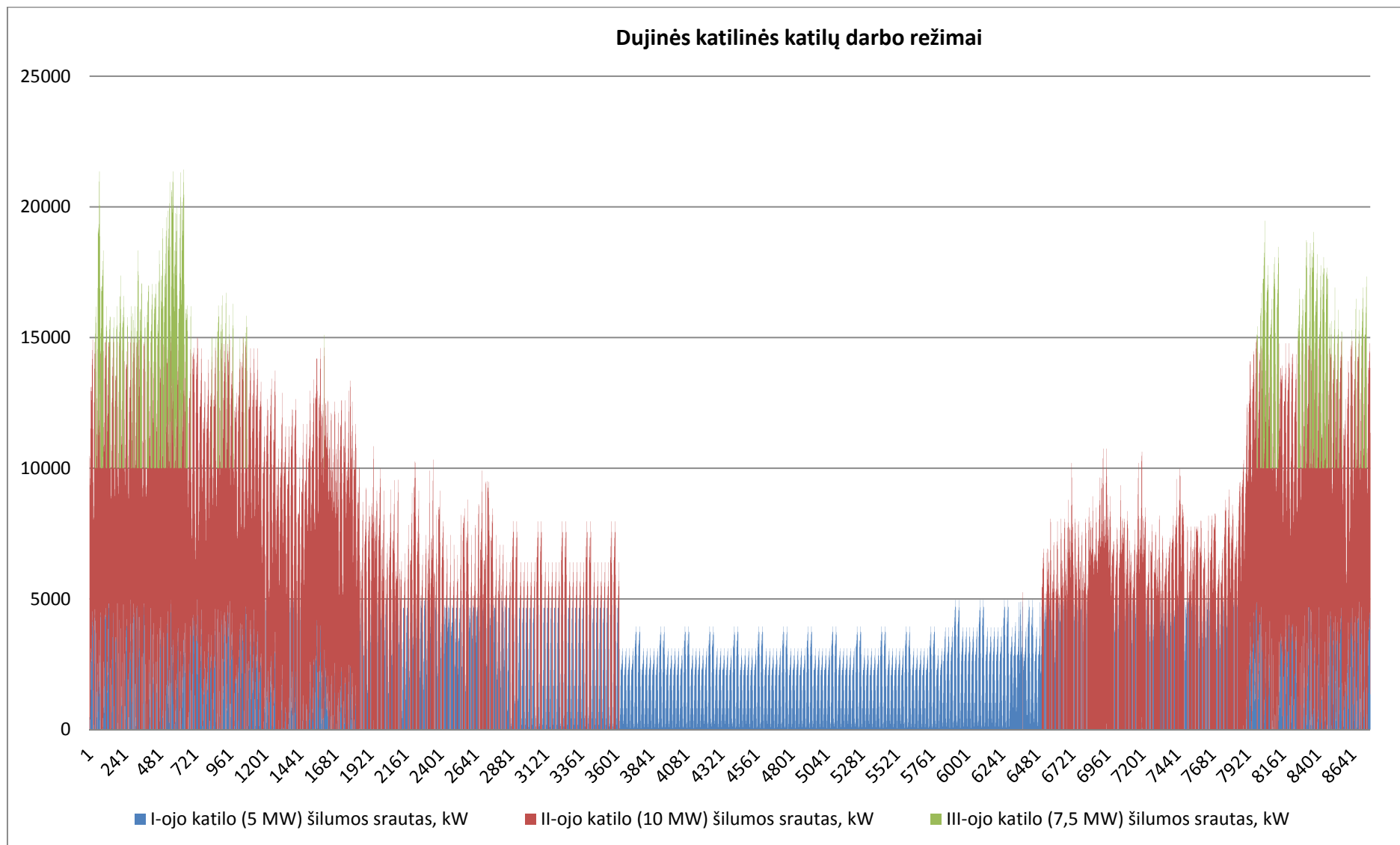
Šiluma šildymui, vėdinimui ir karšto vandens ruošimui bus gaminama dujinėje katilinėje. Katilų derinio parinkimui šiuo atveju reikia žinoti apkrovų trukmę, kuri pavaizduojama sudarytame gyvenvietės šilumos poreikių kumuliaciniame grafike. Įrengus dujinę katilinę joje būtų ruošiamas šilumnešis, kuris vartotojus pasiektų šilumos tinklais. Šilumos tinkluose atsiranda šilumos nuostoliai, dėl to išauga šilumos gaminamos katiluose poreikis. Skaičiuojant priimta, kad šilumos nuostoliai sudaro 10 % šilumos poreikio.



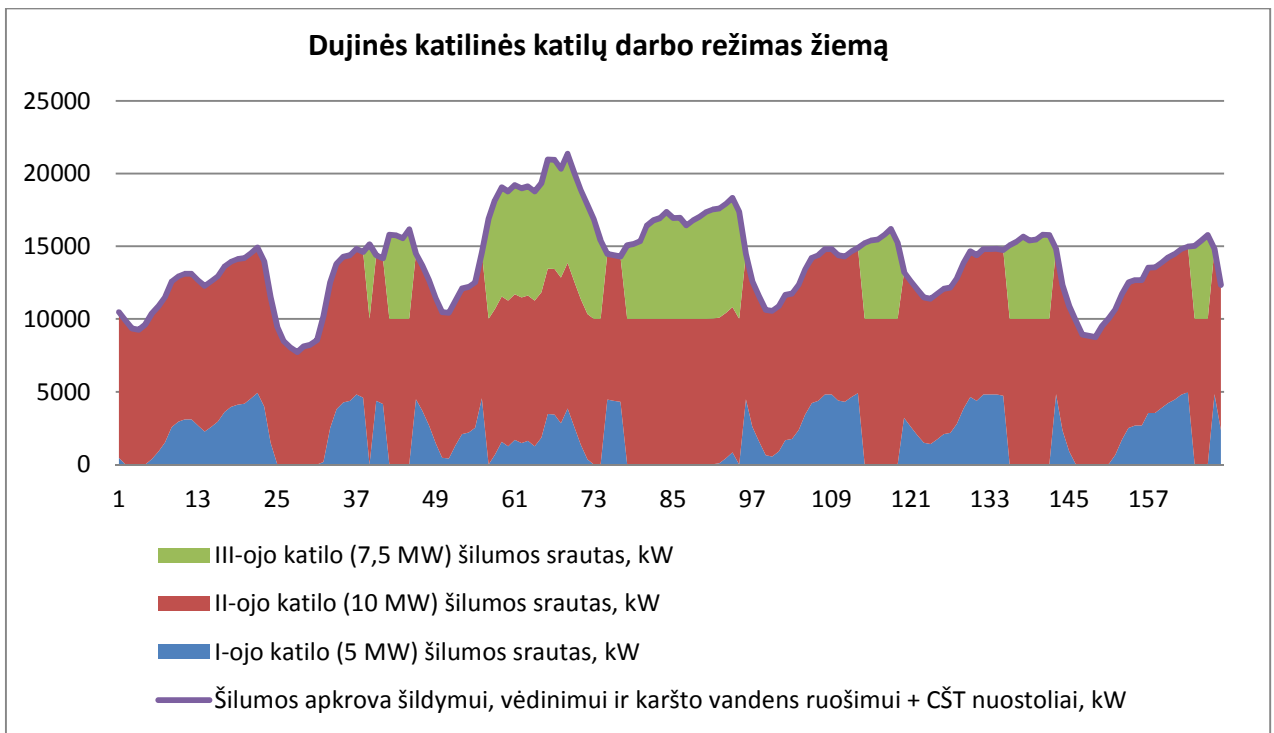
31 pav. Gyvenvietės šilumos poreikių kumuliacinis grafikas

Visi katilai efektyviausiai dirba tuomet, kai jų galia yra artima nominaliai. Paveiksle matyti, kad mažiausias šilumos poreikis tesiekia vos keliasdešimt kilovatų, o didžiausias apie 21 500 kW. Suprantama, kad statyti vieną katilą būtų visiškai neracionalu, todėl atsižvelgiant į kumuliacinį grafiką parenkami keli katilai. Tipinių dujinių katilų reguliavimo ribos yra nuo 30 iki 100 % apkrovos. Jie efektyviai dirba ir esant pilnam, ir daliniam apkrovimui.

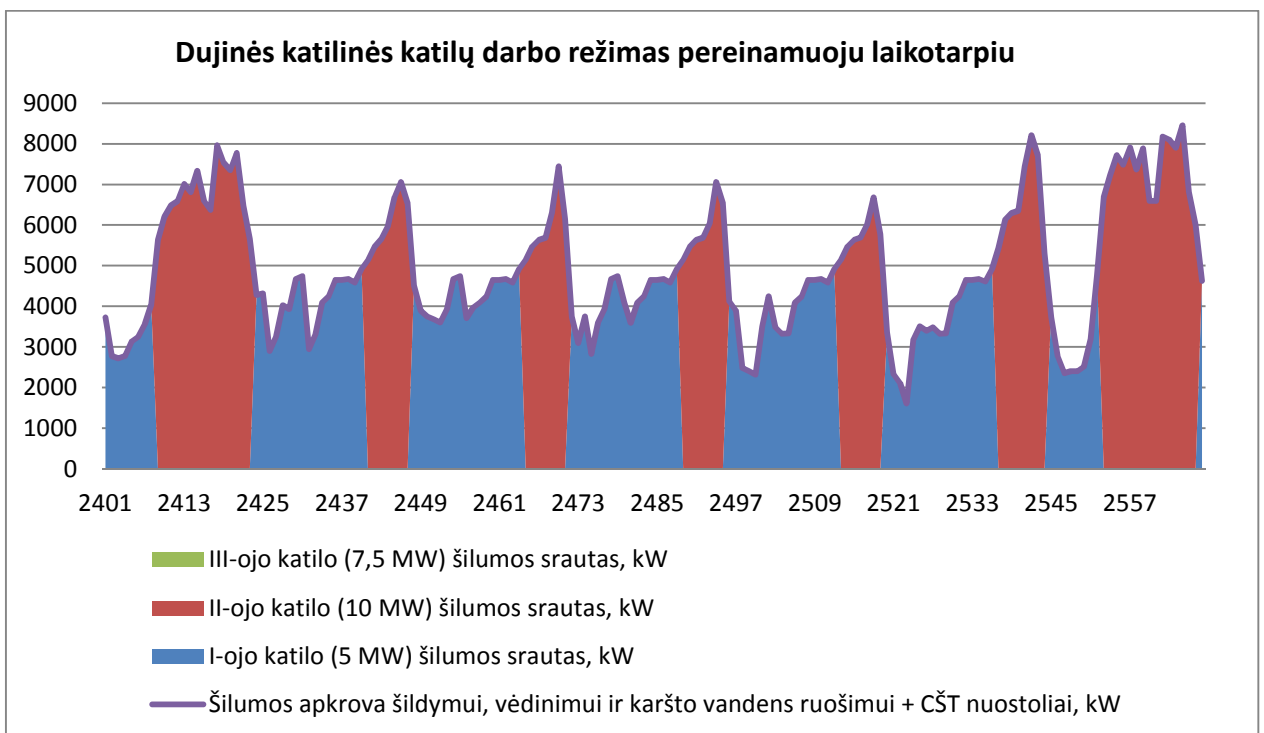
Pirmasis katilas parenkamas 5 MW galios. Jis veiktų visą nešildymo sezoną ir dalį šildymo sezono. Antrasis katilas parenkamas 10 MW galios ir jis veiktų visą šildymo sezoną, t.y. tuomet, kai bendras gyvenvietės šilumos poreikis viršija 5 MW. Kai gyvenvietės šilumos poreikis yra 10 – 15 MW veiktų abu šie katilai. Pikiniams poreikiams užtikrinti įrengiamas 7,5 MW katilas, kuris veiktų arba su pirmuoju katilu, arba su pirmuoju ir antruoju, esant patiems didžiausiems šilumos poreikiams. Dujinės katilinės katilų darbo režimai parodyti 32 pav.



32 pav. Dujinės katilinės katilų darbo režimai



**33 pav. Dujinių katilų darbo režimas sausio 1-7 d.**

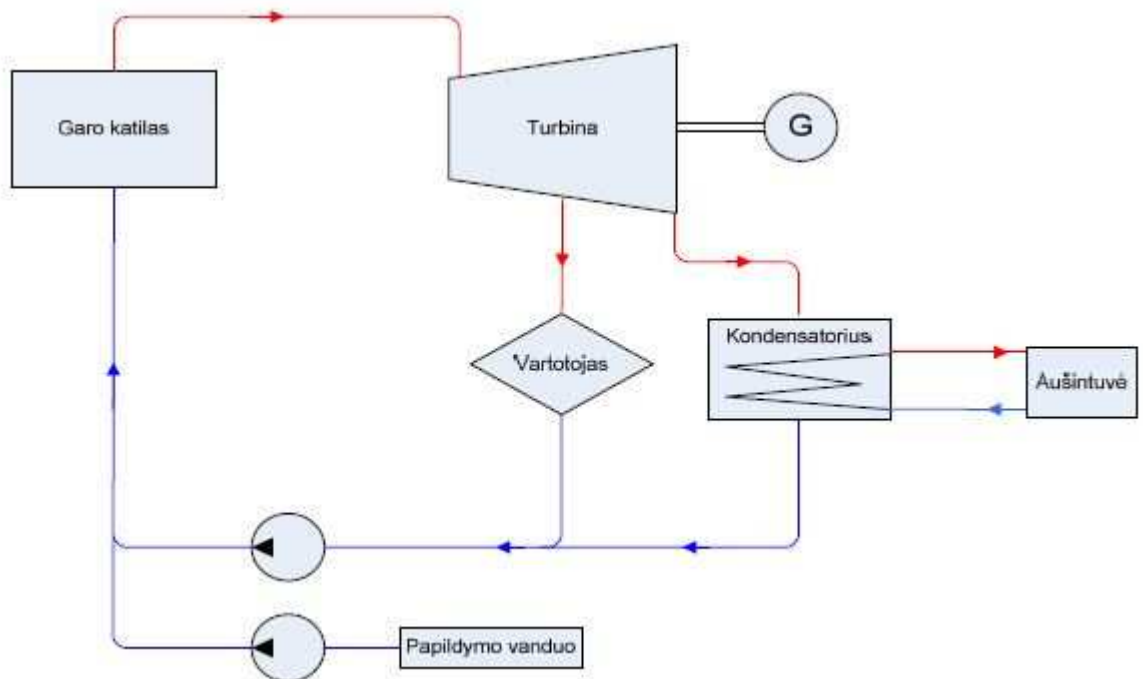


**34 pav. Dujinių katilų darbo režimas balandžio 11-17d.**

Atlikus dujinės katilinės katilų darbo režimų analizę nustatyta, kad I-asis katilas veiks 5 741 valandą per metus, II-asis – 4 616 valandų, o III-asis – 632 valandas. Taip pat nustatytas kiekvieno katilo įsijungimų skaičius per metus: I-asis katilas įsijungs 352 kartus, II-asis 147, o III-iasis 78 kartus.

### 5.3. Kogeneracinės jėgainės įrengimas

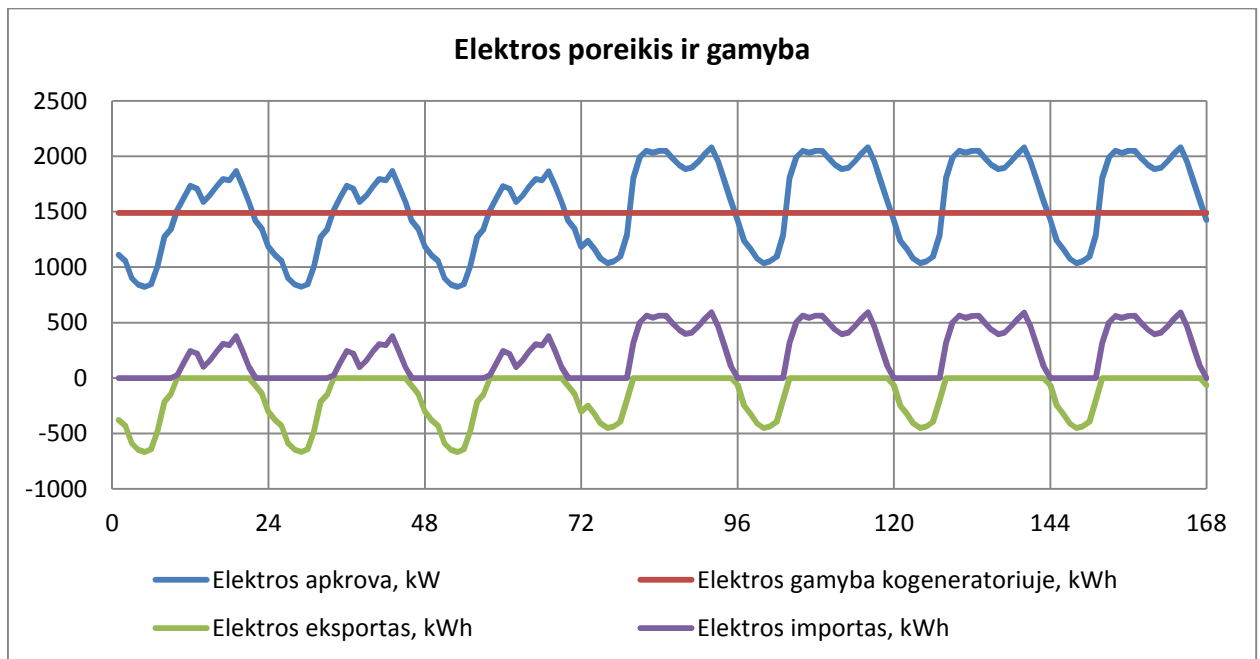
Atsižvelgiant į tai, kad kogeneraciniai įrenginiai efektyviausiai veikia, kai jų galia yra artima nominaliai galiai, nagrinėjamai gyvenvietei parenkamas toks įrenginys, kuris veiktų ištisus metus nominalia galia. Elektros energijos perteklius būtų parduodamas į tinklą, o trūkumas iš jo perkamas. Kadangi įrenginys veiktų ištisus metus, tai jis parenkamas toks, kurio išlaidos kurui būtų mažiausios, t.y. kogeneracinė jėgainė su kondensacine garo išgavimo turbina, kurioje kaip kuras gali būti naudojamas biokuras, komunalinės atliekos. Tokių jėgainių elektros gamybos naudingumo koeficientas yra 40 – 45 % stambiose jėgainėse.



35 pav. Kogeneracinės jėgainės pagrindinė schema [23]

Taikant šią technologiją šilumos ir elektros gamybą galima reguliuoti pagal skirtingus šilumos ir elektros poreikius: esant maksimaliam šilumos poreikiui, visą garą galima nuimti turbinos vidurinėje dalyje ir juo šildyti termofikacinį vandenį, o esant mažam šilumos poreikiui ši turbina gali dirbti įprastu kondensacinės turbinos ciklu [23].

Kadangi nagrinėjamo objekto didžiausias elektros poreikis yra 2112 kW, vidutinis 1488 kW, o mažiausias tik 695 kW, tai įrengiama kondensacinė turbina pagal vidutinį elektros poreikį (1488 kW<sub>el</sub>), kurios elektros efektyvumas yra apie 30 %. Numatoma, kad kogeneracinė jėgainė bus prijungta prie šalies elektros tinklo, kad galėtų elektros perteklių perduoti į tinklą, o esant gyvenvietėje elektros apkrovai didesnei, nei vidutinė, ji būtų aprūpinama iš šalies tinklo. Tokiu atveju ši jėgainė dirbs ištisus metus ir jos efektyvumas bus pastovus.



**36 pav. Elektros poreikis gyvenvietėje sausio 1-7 d. ir aprūpinimo šaltiniai**

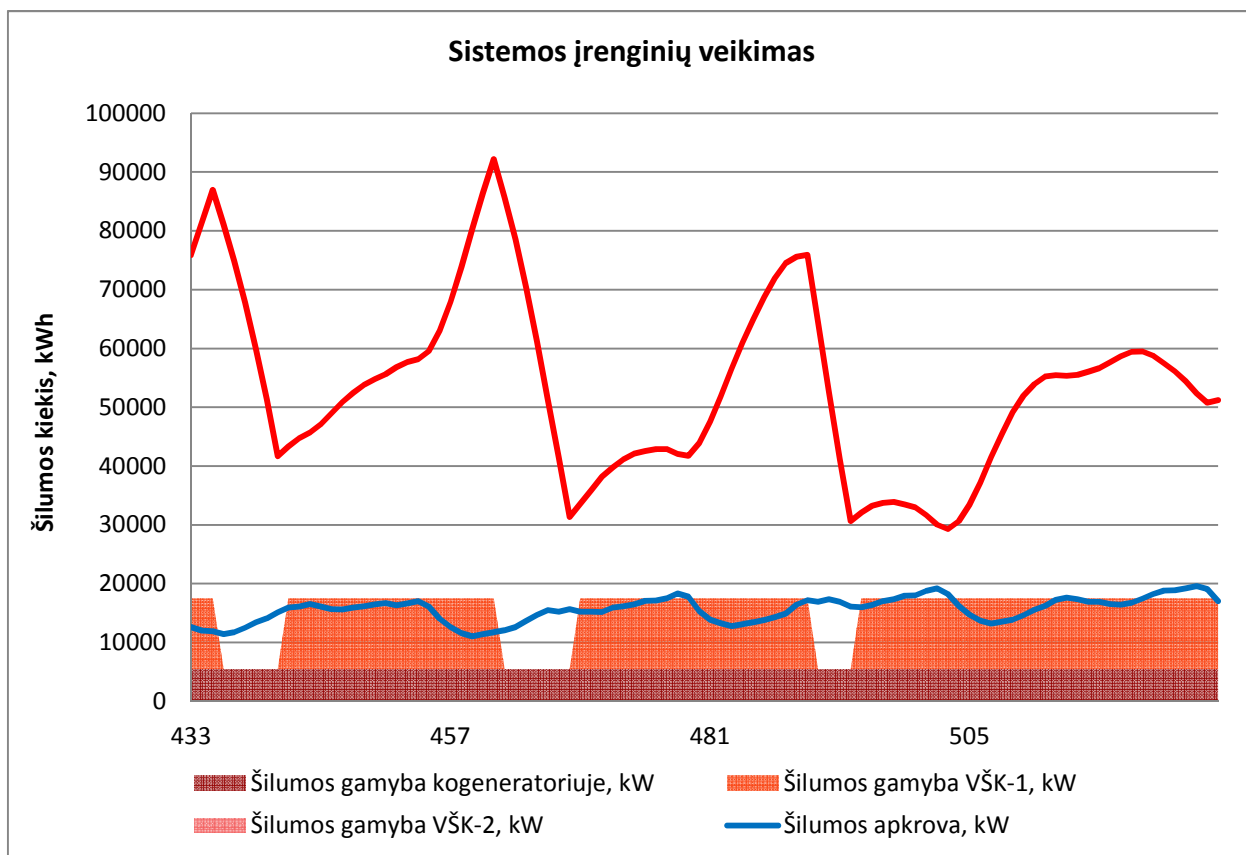
Grafike matyti, kad dienos metu gyvenvietėje bus elektros energijos trūkumas ir jis bus importuojamas iš šalies tinklo, nakties metu bus elektros perteklius ir jis bus eksportuojamas į šalies tinklą. Per metus kogeneracinė jėgainė pagamins 13 032 MWh elektros energijos, iš jų 1 433 MWh bus eksportuota į šalies tinklą, ir tiek pat importuota, taigi elektros energijos importo/eksporto balansas gyvenvietės atžvilgiu yra neutralus. Elektros eksportas truks 4 104-ias valandas per metus, importas 4 656 valandas.

Elektros ir šilumos galios santykis tokioje jėgainėje yra 0,27, tai reiškia, kad veikdama nominalia galia, ši jėgainė gamins 5 510 kW šilumos. Kaip nustatyta anksčiau, mažiausia šilumos apkrova siekia tik 50 kW, todėl likusi šiluma bus arba išmetama „į orą“, arba, norint ją panaudoti, reikia įrengti šilumos akumuliacinę talpą. Norint surinkti visą kogeneracinės jėgainės pagaminamą šilumą reikėtų beveik 500 tūkst. m<sup>3</sup> dydžio talpos, kurioje temperatūros perkrytis būtų 30 °C. Energetiniu požiūriu tokia talpa būtų pati efektyviausia, nes būtų mažiausi šilumos praradimai. Tokios talpos įrengimas nepasiteisintų ekonominiu požiūriu dėl milžiniško talpos dydžio bei tuo pačiu investicijų.

Atlikus skaičiavimus pastebėta, kad įrenginėti didelės talpos, kai kogeneracinė jėgainė veikia nuolat vienodu pajėgumu, energetiniu požiūriu neapsimoka, nes pvz. įrengus 900 m<sup>3</sup> tūrio talpą kogeneratorius visiškai patenkina gyvenvietės šilumos poreikius 6 529 valandas per metus, įrengus 1 800 m<sup>3</sup> talpą – 6 750 valandų, o įrengus 3 000 m<sup>3</sup> talpą – 6 967 valandas. Tačiau įrengus mažesnę talpą, reikėtų dažnai paleidinėti katilus, kadangi šilumos atsarga būtų labai maža. Kaip žinoma iš praktikos didelių katilų paleidimas yra inertiškas procesas, todėl geriau juos paleisti rečiau, bet ilgesniam laikui. Todėl, šiuo atveju pasirinkta 3 000 m<sup>3</sup> talpa, kurioje

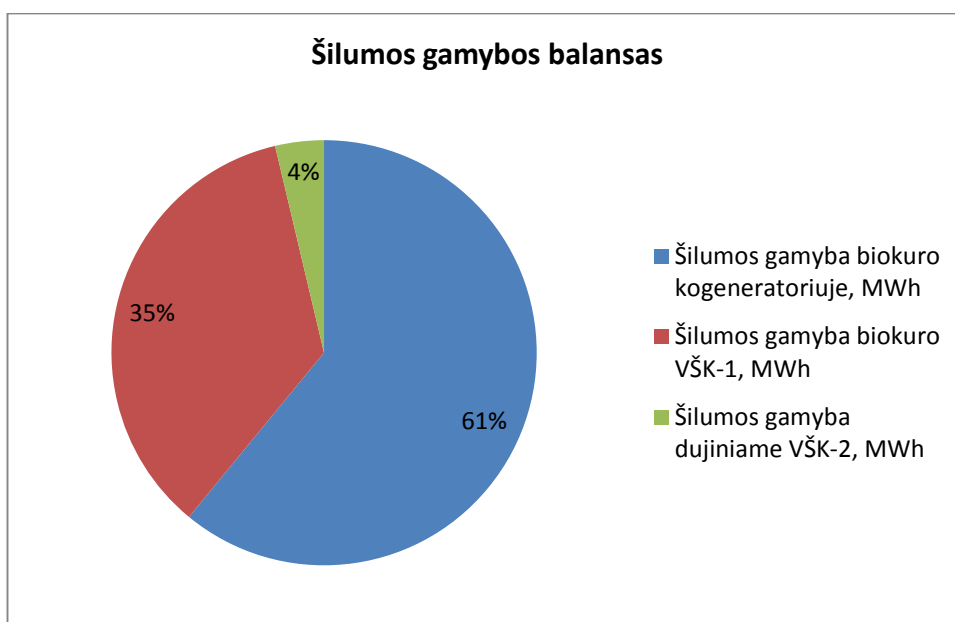
temperatūros perkrytis 30 °C (maksimali temperatūra talpoje būtų 90 °C), jos efektyvumas (t.y. panaudotos jai įkrauti ir iškraunant atiduotos šilumos santykis) 90 %.

Kaip minėta anksčiau, kogeneratorius nuolat veiks vienoda galia ir gamins 5 510 kWh šilumos per valandą. Šiluma bus tiekama į akumuliacinę talpą, o iš jos į centralizuotus šilumos tinklus. Kai šilumos talpoje pasiekiami maksimali leistina temperatūra (tai vyksta tik vasarą ir dalį pereinamojo laikotarpio), perteklinė šiluma per aušinimo bokštus atiduodama aplinkai.



**37 pav. Sistemos įrenginių veikimo sausio 19-22 d. grafikas**

Kai talpoje lieka mažiau nei 75 % šilumos, įsijungia 12 000 kW galios biokuro katilas pilnu pajėgumu, ir visa jo šiluma perduodama talpai. Kai talpoje temperatūra pakyla iki maksimaliai leistinos (talpa užsipildo šiluma), katilas išsijungia. Šis katilas tokiu atveju įsijungtų 192 kartus ir veiktų 1 767 valandas per metus. Kai biokuro katilas nebepajėgia palaikyti mažiau nei 20 % šilumos kiekio talpoje, įsijungia 9 000 kW dujinis katilas, kurio galingumas reguliuojamas priklausomai nuo šilumos poreikio ir jis padengia pikinius gyvenvietės šilumos poreikius. Šis katilas veiktų 87 valandas per metus.



**38 pav. ŠGI dalis šilumos gamyboje**

Esant aukščiau aprašytam įrenginių deriniui, 61 % metinio šilumos kiekio būtų pagaminta kogeneratoriuje, 35 % biokuro katile, ir tik 4 % dujiniame katile, taigi sistema šilumos gamybos požiūriu būtų labai mažai priklausoma nuo dujų kainų.

Tolesniame vertinime be šio įrenginių derinio nagrinėjami dar 2 šio varianto tipai:

1. kogeneratorius užtikrinantis tik mažiausią elektros apkrovą (695 kW<sub>el</sub>), ir veikiantis kartu su 12 MW galios biokuro ir 12 MW galios dujiniais katilais;
2. kogeneratorius užtikrinantis elektros apkrovą visus metus (2112 kW<sub>el</sub>), o perteklių tiekiantis į tinklą, ir veikiantis kartu su 12 MW galios biokuro katilu. Šiuo atveju dujinio katilo galima visiškai atsisakyti. Taip pat šiuo atveju gyvenvietė visiškai apsirūpina elektros energija, o jos perteklių parduoda į tinklą.

Pirmojo varianto atveju kogeneratorius pagamintų 6 089 MWh elektros energijos, likusi elektros energijos dalis 6 942 MWh būtų importuojama iš šalies tinklų. Energijos trūkumas būtų visus metus. Kogeneracinis įrenginys tuo pačiu gamintų ir 2 575 kW šilumos srautą, kuris veikdamas kartu su akumuliacine talpa (jos dydis ir kitos savybės bei veikimo režimas lieka tas pats) visiškai užtikrintų gyvenvietės šilumos poreikius 5 650 valandų per metus ir pagamindamas 29 % gyvenvietei reikalingos šilumos energijos. Biokuro katilas dirbtų 3 037 valandas per metus ir pagamintų 53 % šilumos. Dujinis katilas dirbtų 490 valandų per metus ir pagamintų 18 % šilumos.

Antrojo varianto atveju kogeneratorius pagamintų 18 501 MWh elektros energijos, likusi pagamintos elektros energijos dalis 5 469 MWh būtų eksportuojama į šalies tinklus. Elektros energijos poreikis šiuo atveju būtų patenkinamas 100 %. Kogeneracinis įrenginys tuo pačiu gamins ir 7 822 kW šilumos srautą, kuris veikdamas kartu su akumuliacine talpa (jos visi

parametrai vėlgi lieka tokie patys) visiškai užtikrins gyvenvietės šilumos poreikius 7 628 valandas per metus, pagamindamas 78 % gyvenvietei reikalingos šilumos energijos. Biokuro katilas dirbtų 1 104 valandas per metus ir pagamintų 22 % šilumos.

Žiūrint iš energetinio nepriklausomumo požiūrio, geriausias variantas – įrengti kogeneratorių, kuris užtikrintų elektros apkrovos patenkinimą ištisus metus, ir biokuro katilą, kuris pagamintų likusią dalį šilumos energijos.

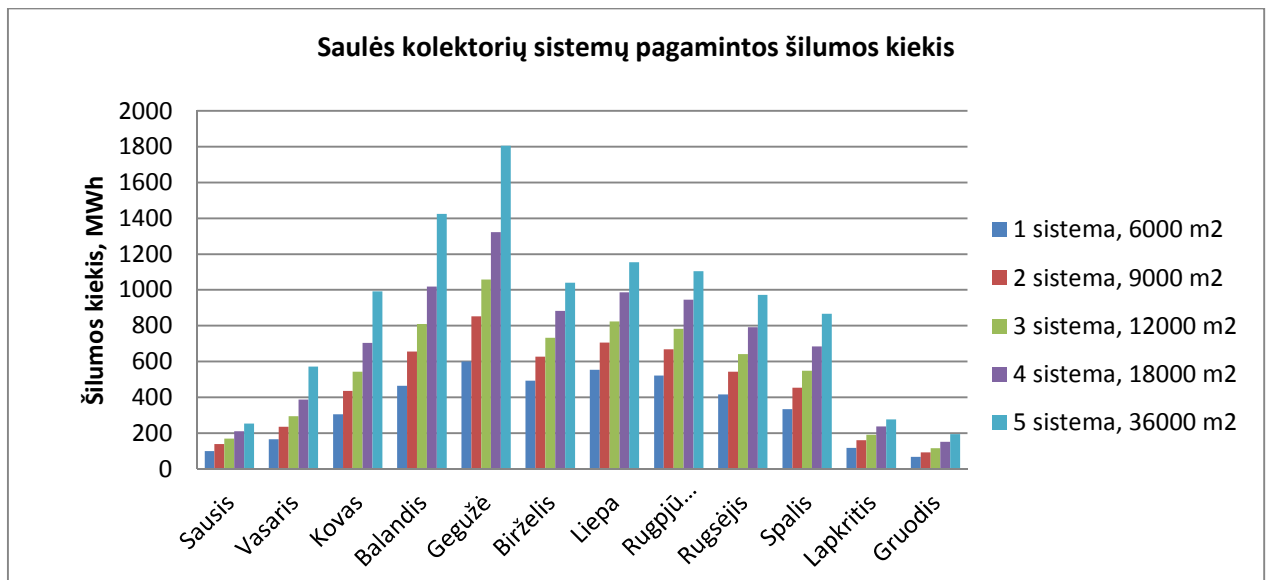
#### 5.4. Saulės kolektorių įrengimas

Šiuo atveju analizuojamas didelės saulės kolektorių sistemos įrengimas. Pasirinktos 5 skirtingo dydžio saulės kolektorių sistemos su akumuliacinėmis talpomis, kurių tūrio ir kolektorių ploto santykis yra 0,33. Tokios sistemos jungiamos į centralizuoto šilumos tiekimo sistemą ir dengia dalį šilumos talpos krovimui poreikių. Priimama, kad saulės kolektorių sistema dengs tik karšto vandens poreikius, nes paprastai tokios didelės sistemos netgi vasarą negali padengti visų karšto vandens poreikių, o metinius poreikius dengia iki 25 % esant ekonominiam rentabilumui [25]. Sistemų pagrindinės charakteristikos pateiktos 7 lentelėje.

7 lentelė. Analizuojamų saulės kolektorių sistemų charakteristikos

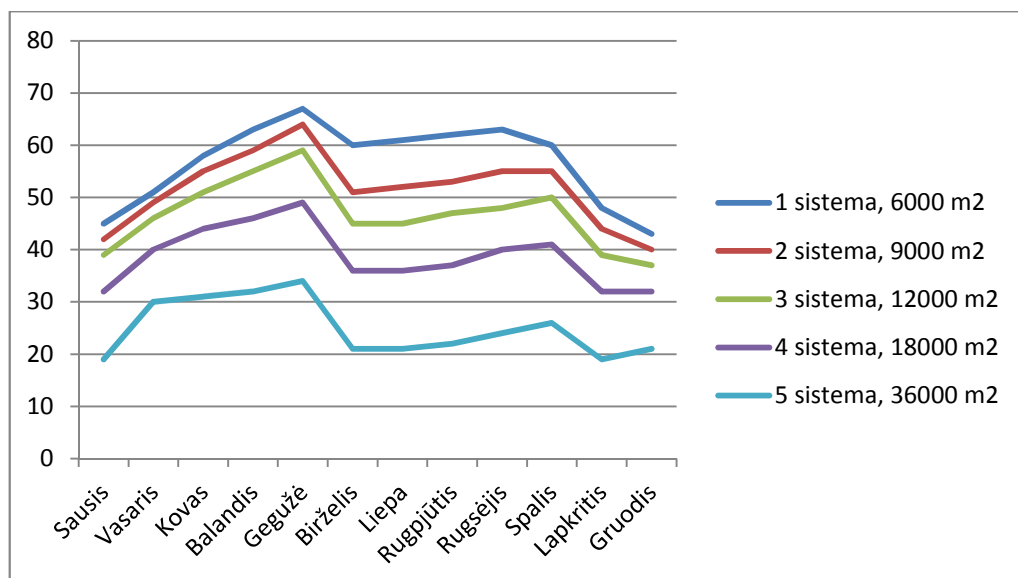
	Saulės kolektorių naudingasis plotas, m <sup>2</sup>	Saulės kolektorių pasvirimo kampas	Akumuliacinės talpos dydis, m <sup>3</sup>
1 sistema	6000	45	2000
2 sistema	9000	45	3000
3 sistema	12000	45	4000
4 sistema	18000	45	6000
5 sistema	36000	45	12000

Saulės kolektorių sistemose pagamintos energijos kiekiai skaičiuojami programa „T-Sol“. Joje įvedami duomenys apie karšto vandens poreikius gyvenvietėje ir jų kitimą metų, savaitės ir paros bėgyje. Kadangi naudota programos demonstracinė versija, tai klimato pasirinkimas buvo ribotas ir pasirinktas artimiausias Vilniui miestas – Berlynas. Jame metinė saulės spinduliuotė į horizontalų paviršių yra 1 011 kWh/m<sup>2</sup>, kai tuo tarpu Vilniuje 939 kWh/m<sup>2</sup>. Taip pat programoje leidžiama pasirinkti tik vienos rūšies tipinius saulės kolektorius, kurių efektyvumas yra 78 %, tuo tarpu geriausios kokybės saulės kolektorių efektyvumas siekia 83 %. Įvertinus šiuos skirtumus ir priėmus prielaidą, kad nagrinėjamame objekte būtų naudojami efektyviausi saulės kolektoriai, priimama, kad šių kolektorių „pagautas“ saulės energijos kiekis Vilniuje yra toks, kaip mažiau efektyvių Berlyne. Analizuojamų sistemų pagamintas šilumos kiekis kiekvieną mėnesį pavaizduotas 39 pav.



39 pav. Saulės kolektorių sistemų pagamintas šilumos kiekis

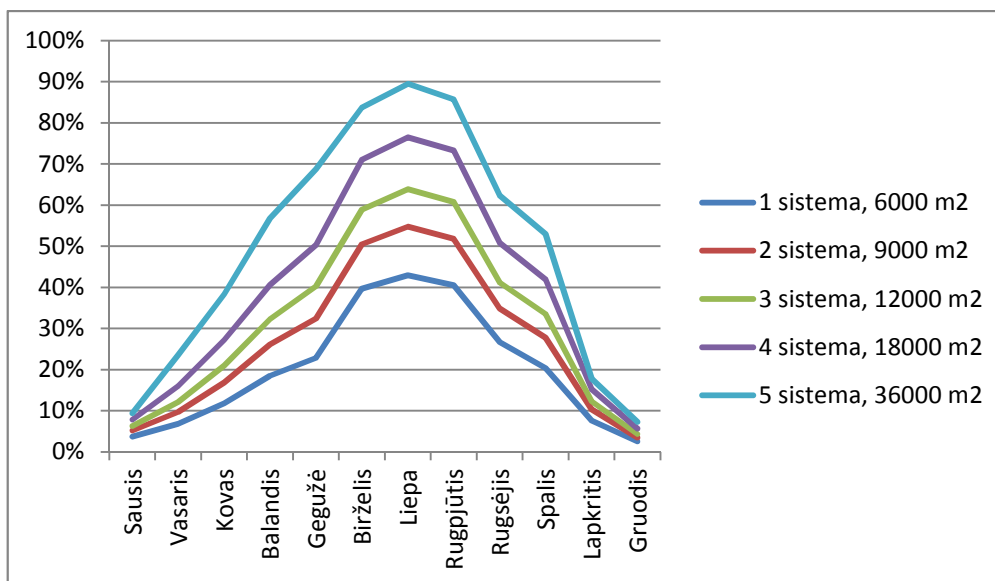
Iš grafiko matyti, kad didesnė sistema dar nereikia tiek pat didesnio pagaminto šilumos kiekio, pvz 1 sistema su 6 000 m<sup>2</sup> saulės kolektorių per metus pagamina 4 137 MWh šilumos, o 5 sistema su 36 000 m<sup>2</sup> saulės kolektorių tik 10 655 MWh. Taip yra dėl to, kad didesnėse sistemose susidaro didesni šilumos nuostoliai, taigi krinta sistemos efektyvumas. Mažiausios iš analizuotų sistemų efektyvumas yra 56,7 %, tuo tarpu didžiausios tik 25 %. Sistemų efektyvumai kiekvieną mėnesį pateikti 40 pav. Čia efektyvumas suprantamas kaip energijos kiekio, kuris patenka į kolektoriaus plotą ir energijos kiekio, kuris naudingai panaudojamas talpos šildymui, santykis.



40 pav. Analizuotų saulės kolektorių sistemų efektyvumas

Kaip matyti, kuo mažesnė sistema, tuo didesnis jos efektyvumas. Abiejuose grafikuose matyti, kad panaudojamos šilumos kiekis ir efektyvumas yra didžiausias gegužės mėnesį ir sumažėja vasaros mėnesiais. Taip yra dėl to, kad pagal pasirinktą skaičiavimo metodiką

suskaičiuotas karšto vandens poreikis vasaros mėnesiais sudaro tik apie 50 % žiemos poreikio. Žiemos mėnesiais efektyvumas mažiausias dėl didelių šilumos nuostolių vamzdynuose jungiančiuose saulės kolektorių su akumuliacine talpa.



41 pav. Saulės energijos dalis karšto vandens ruošimui

Matyti, kad net ir didžiausia analizuota saulės kolektorių sistema negali užtikrinti šilumos energijos karšto vandens ruošimui net ir vasarą. Be to, ji yra labai neefektyvi ir tikrai netenkina šiuolaikinėms modernioms saulės kolektorių sistemoms keliamų efektyvumo reikalavimų.

Energetiniu požiūriu saulės kolektorių naudojimas vienoje sistemoje su pasirinktu kogeneraciniu įrenginiu visiškai nepateisinamas, nes vasarą jau vien kogeneratorius gamina per daug šilumos, o žiemą saulės energijos dalis yra itin maža. Saulės kolektorių įrengimas svarstytinas ekonominiu požiūriu kaip būdas sumažinti kitokio kuro poreikį.

### 5.5. Vėjo jėgainių ir kogeneracinės jėgainės įrengimas

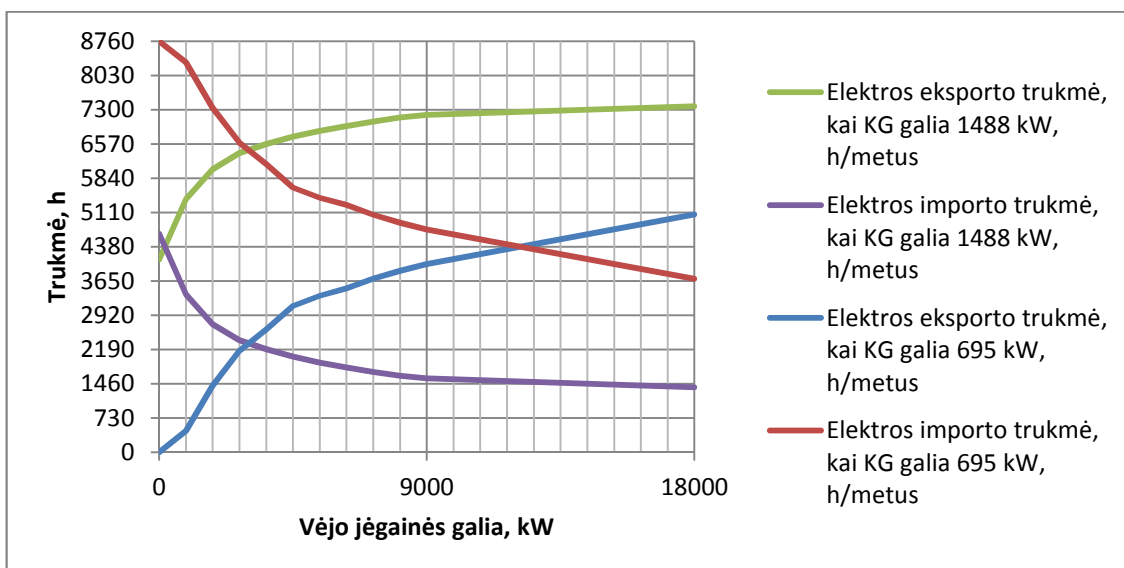
Kaip rašyta 2-ame skyriuje atliktame vėjo jėgainių palyginime, Lietuvoje labiausiai tinkama įrengti „Vestas“ vėjo turbina, nes ji veiktų daugiausiai valandų per metus ir pagamintų daugiausiai elektros energijos.

Šiame skyriuje analizuojama kaip vėjo jėgainių parkas veiktų su prieš tai aprašytu kogeneraciniu įrenginiu ir kiek reiktų įrengti vėjo turbinų, kad būtų užtikrintas visas gyvenvietės elektros poreikis.

Pasirinkus kogeneracinį įrenginį pagal maksimalią elektros apkrovą, užtikrinamas visas gyvenvietės elektros energijos poreikis ir tuo pačiu nepriklausomas apsirūpinimas energija, todėl šiuo atveju vėjo jėgainių parko įrengimas nenagrinėjamas.

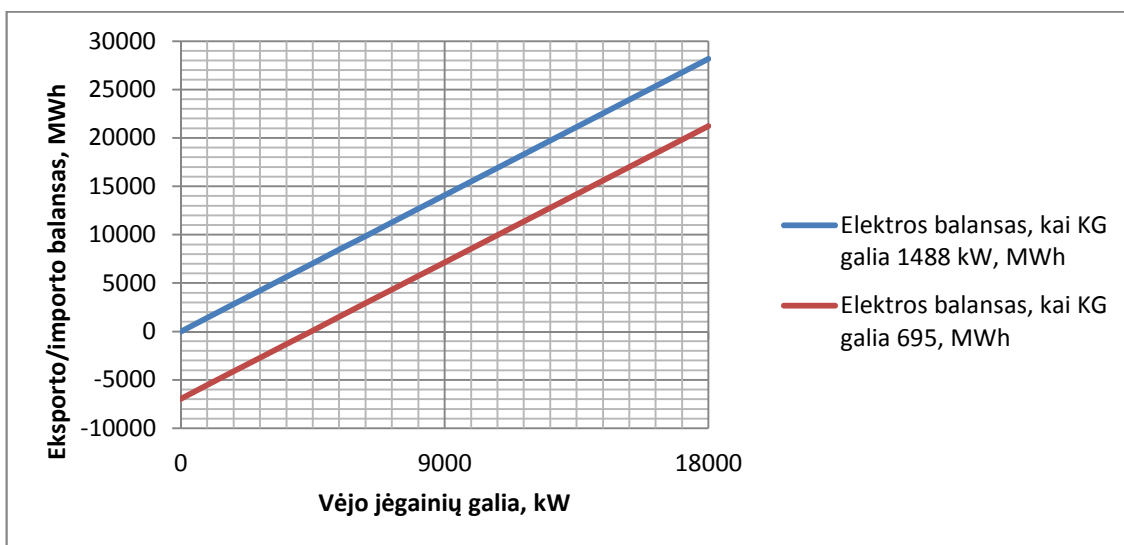
Analizuojant galimybę apsirūpinti elektros energija įrengiant mažesnės galios kogeneratorių ir vėjo jėgainių parką vertinama, kiek laiko per metus gyvenvietė turės elektros

energijos perteklių ir ją eksportuos į šalies tinklą, ir kiek laiko bus elektros energijos trūkumas ir ją reikės importuoti bei energijos pertekliaus ir trūkumo (elektros importo/eksporto) balansas.



42 pav. Kogeneratoriaus (KG) ir vėjo jėgainių gaminamo energijos pertekliaus (eksporto) ir trūkumo (importo) trukmė

Nustatyta, kad įrengus 1 488 kW galios kogeneratorių be vėjo jėgainės, elektros importo trukmė yra ilgesnė, nei eksporto, bet įrengus bent 1 vėjo turbiną (900 kW) galios, sistema ilgesnį laiką gamina per daug elektros energijos ir ją eksportuoja. Kai įrengiamas 695 kW galios kogeneratorius, visą laiką turimas elektros energijos trūkumas ir norint ilgesnį laiką elektrą eksportuoti, nei importuoti, reikėtų įrengti 14 vėjo turbinų (bendra nominali galia 12 600 kW). Tačiau eksporto ir importo trukmė nevisiškai atskleidžia priklausomumą nuo kitos elektros sistemos, nes elektros apkrovos tomis valandomis yra skirtingos. Tą geriau parodo elektros energijos eksporto/importo balansas. Jei jis yra teigiamas, galima teigti, kad sistema patenkina savo pačios poreikius ir yra autonomiška.



43 pav. Kogeneratoriaus (KG) ir vėjo jėgainių gaminamo energijos pertekliaus (eksporto) ir trūkumo (importo) balansas

Elektros balanso grafikas rodo, kad elektros gamybos sistema, kurioje įrengtas 1 488 kW galios kogeneratorius, net ir be vėjo jėgainės yra pati save apsirūpinanti. Tuo tarpu sistema, kurioje įrengtas 695 kW galios kogeneratorius, pati save apsirūpina tuo atveju, kai joje dar įrengiamos ir 5 vėjo turbinos.

### **5.6. Sistemų vertinimo energetinio nepriklausomumo požiūriu išvados**

Techninis nagrinėtų sistemų vertinimas parodė, kad yra įmanoma gyvenvietę aprūpinti tiek šilumos, tiek elektros energija naudojant tik atsinaujinančius energijos išteklius: vietinį biokurą, saulės ir vėjo energiją.

Nagrinėtų variantų analizė atskleidė, kad įrengus kogeneratorių, kurio galia lygi maksimaliai elektros apkrovai (2 112 kW), gyvenvietėje būtų pagaminama elektros energijos daugiau, nei sunaudojama, todėl dalis jos būtų parduodama į šalies tinklą. Įrengus vidutinės galios kogeneratorių (1 488 kW), elektros importo/eksporto balansas yra neutralus, tačiau dalį laiko gyvenvietė būtų priklausoma nuo iš šalies tinklo tiekiamos elektros energijos. Įrengus kogeneratorių, kuris dengtų tik bazinę elektros apkrovą (695 kW), gyvenvietė ištisus metus dalį elektros energijos turėtų importuoti iš šalies tinklo.

Vėjo energijos įvertinimas parodė, kad net įrengus vėjo jėginių parką, kurio galia daug kartų viršija pikinę elektros apkrovą, neįmanoma visiškai apsirūpinti energija ištisus metus. Vėjo jėgainė gali būti kaip papildomas energijos šaltinis sistemoje su mažesniu kogeneratoriumi, tačiau šiuo atveju autonomiškumas tikrai sąlyginis, t.y. tik užtikrinamas teigiamas eksporto/importo balansas. Sistemoje su mažiausios galios kogeneratoriumi tokį autonomiškumą galima užtikrinti įrengus 5-ias 900 kW nominalios galios vėjo turbinas.

Autonomija nuo importuojamų gamtinių dujų gali būti pasiekta įrengus kogeneracinę jėgainę su didžiausios galios kogeneratoriumi. Šiuo atveju galima būtų atsisakyti dujinių katilų, nes visus šilumos poreikius patenkintų kogeneratoriuje ir biokuro katile (12 MW) pagaminta šiluma. Įrengus mažesnės galios kogeneratorius, išlieka aktualus pikinių poreikių užtikrinimo klausimas, nes kogeneratorius su 12 MW galios biokuro katilu gali patenkinti 82 - 96 % šilumos poreikių. Likusius poreikius turėtų dengti 9 – 12 MW galios katilas, tačiau įrenginėti brangiai kainuojantį biokuro katilą, kuris veiktų vos keletą savaičių per metus yra visiškai neracionalu, todėl tektų įrengti dujomis kūrenamą katilą.

Atliktas saulės energijos šilumos gamybai įvertinimas parodė, kad įrengus dideles centralizuotas saulės kolektorių sistemas galima būtų patenkinti 17 – 44 % metinio šilumos poreikio karšto vandens ruošimui. Tačiau sistemoje, kurioje ištisus metus veikia kogeneratorius, ir taip yra šilumos energijos perteklius vasarą, todėl saulės kolektorių įrengimas jokios naudos neduotų.

## 6. Socio-ekonominis vertinimas

Socialinis-ekonominis vertinimas rodo projekto įtaką (naudą ir žalą) regionui ar šaliai (t. y. teritorijai, kurioje projektas bus įgyvendintas), žmonėms, įmonėms, institucijoms [43]. Sudėtingos ir skirtingos atsinaujinančių energetiko išteklių technologijos ir daug vertinimo kriterijų (socio-ekonominis, šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo potencialas, kiti aplinkosauginiai rodikliai) daro šį vertinimą sudėtingu uždaviniu. Tačiau vis tiek pastebima tendencija daugelyje šalių taikyti tokį vertinimą, ypač suvokiant bioenergetikos naudą užimtumo/darbo užmokesčio, regioninės ekonominės naudos, energijos tiekimo patikimumo didinimo požiūriais [44].

Lietuvoje projektai dažniausiai vertinami tik finansiniu požiūriu. Atlikus iki šiol atliktų tyrimų apžvalgą paaiškėjo, kad socio-ekonominis vertinimas atliekamas labai retai.

Šiuo tyrimu siekiama parodyti, kad toks vertinimas yra svarbi projektų vertinimo dalis. Šiame tyrime pasirenkami 2 socio-ekonominio vertinimo kriterijai: darbo vietų kūrimas ir importo mažinimas (energetinio nepriklausomumo didinimas).

Šalia socio-ekonominio vertinimo atliekamas ir tradicinis ekonominis vertinimas 2 pagrindiniais tokio vertinimo rodikliais: paprastuoju atsipirkimo laiku ir grynąja dabartine verte.

### 6.1. Ekonominis (finansinis) vertinimas

Finansinis vertinimas atliekamas įvertinant 5-ame skyriuje aprašytų sistemų investicijas, eksploatacines sąnaudas ir pagal tai skaičiuojant metines nagrinėjamo objekto išlaidas elektros energijai bei šilumos energijai. Taip pat skaičiuojama visų pasirinktų variantų grynoji dabartinė vertė po 20 metų laikotarpio.

Ekonominiam vertinimui pasirenkamos tokios aprūpinimo energija sistemos:

1. Prisijungimas prie nacionalinio elektros tinklo ir dujinės katilinės įrengimas.
2. Kogeneracinės jėgainės su 695 kW galios kogeneratoriumi, 12 MW galios biokuro ir 12 MW galios dujiniais katilais, ir 3000 m<sup>3</sup> tūrio akumuliacine talpa įrengimas.
3. Kogeneracinės jėgainės su 695 kW galios kogeneratoriumi, 12 MW galios biokuro ir 12 MW galios dujiniais katilais, 3000 m<sup>3</sup> tūrio akumuliacine talpa, ir 5 vėjo jėgainių įrengimas.
4. Kogeneracinės jėgainės su 1488 kW galios kogeneratoriumi, 12 MW galios biokuro ir 9 MW galios dujiniais katilais, ir 3000 m<sup>3</sup> tūrio akumuliacine talpa įrengimas.
5. Kogeneracinės jėgainės su 2112 kW galios kogeneratoriumi, 12 MW galios biokuro katilu, ir 3000 m<sup>3</sup> tūrio akumuliacine talpa įrengimas.

Investicijos ir išlaidos nagrinėjamų įrenginių eksploatacijai pateiktos 8 lentelėje.

**8 lentelė. Įrenginių ekonominiai rodikliai [45]**

Įrenginys	Investicijos	Ekspluatacinės sąnaudos per metus
Dujinė katilinė	0,31 mln. Lt/MW	3,5 % investicijų
Biokuro katilinė	1,04 mln. Lt/MW	62 tūkst. Lt/MW/metus
Kogeneracinė jėgainė su garų turbina	11,39 mln. Lt/MW	3 % investicijų
Vėjo jėgainė	3,8 mln. Lt/MW	6,9 Lt/MWh
Akumuliacinė talpa	117 Lt/m <sup>3</sup>	2 % investicijų

Investicijos į šilumos ir elektros tinklus nenagrinėjamos, nes priimama, kad visais atvejais jos yra vienodos.

Skaičiuojant metines išlaidas kurui bei perkamai elektros energijai ir metines pajamas iš parduotos elektros priimama:

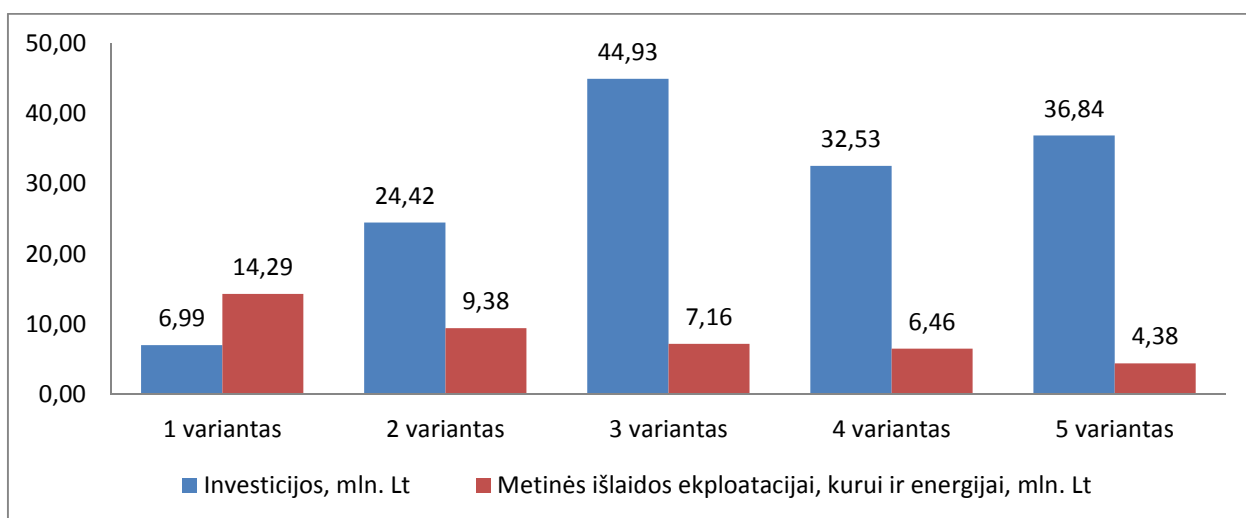
- dujinių katilų metinis efektyvumas 90 %;
- biokuro katilų metinis efektyvumas 80 %;
- kogeneratoriaus elektros naudingumas 30 %;
- akumuliacinė talpos efektyvumas 90 %;
- biokuro kaina (priklausomai nuo rūšies) 394 - 820 Lt/tne [46];
- gamtinių dujų kaina 1354 Lt/tūkst. n.m<sup>3</sup> [46];
- gamtinių dujų žemutinė degimo šiluma 33 500 MJ/ tūkst. n.m<sup>3</sup>;
- perkamos iš tinklų elektros kaina 0,37 Lt/kWh [47];
- kogeneratoriuje pagamintos ir parduodamos į tinklą elektros kaina 0,45 Lt/kWh [48];
- vėjo jėgainėje pagamintos ir parduodamos į tinklą elektros kaina 0,28 Lt/kWh [48].

Suvestiniai duomenys apie visus ekonominiame vertinime nagrinėjamus aprūpinimo energija sistemų variantus pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Suvestiniai nagrinėjamų aprūpinimo energija sistemų rodikliai

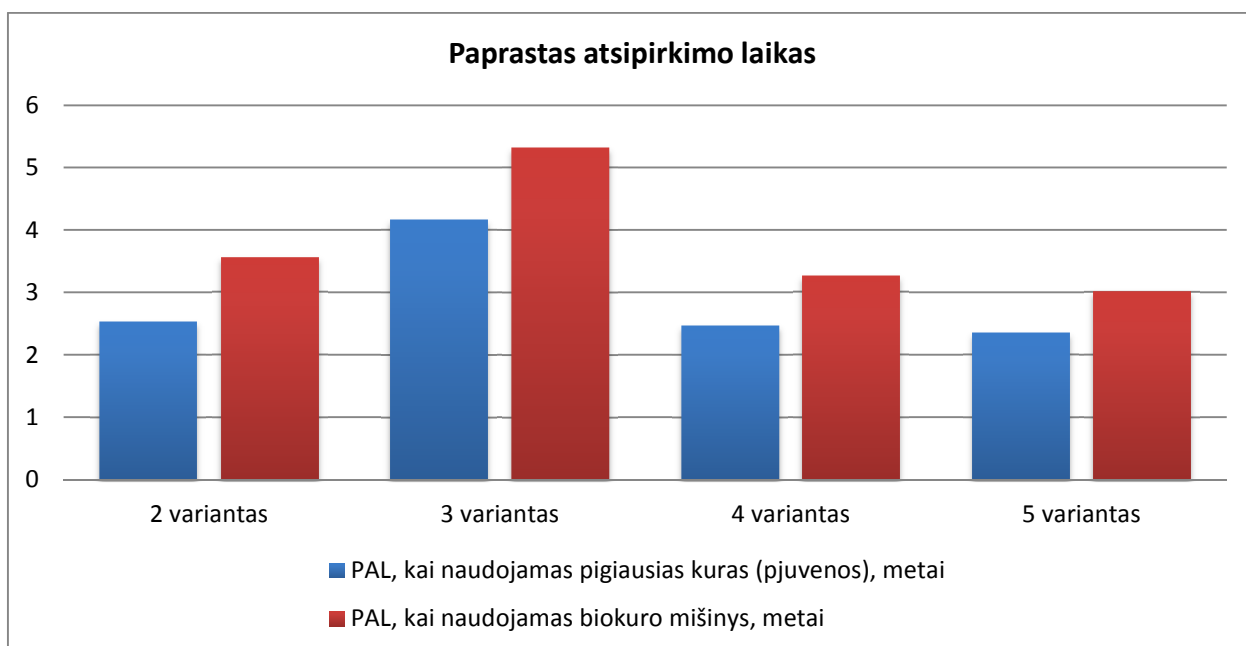
Variantas Nr.	Įrenginių duomenys	Investicijos, mln. Lt	Metinės eksploatacijos išlaidos, mln. Lt	Gaminamos elektros energijos kiekis, MWh	Gaminamos šilumos energijos kiekis, MWh	Perkamos iš tinklo elektros kiekis, MWh	Parduodamos į tinklą elektros kiekis, MWh	Kuro poreikis, tne (biokuro), tūkst. m <sup>3</sup> (dujų)	Išlaidos kurui, mln. Lt	Išlaidos perkamai elektrai, mln. Lt	Pajamos už parduotą elektrą, mln. Lt	Metinių išlaidų ir metinių pajamų skirtumas, mln. Lt
1 variantas	Dujinė katilinė, 22,5 MW	6,99	0,245	-	57027	-	-	6809	9,220	-	-	-
	Iš viso:	6,99	0,245	-	57027	13032	-	6809	9,220	4,822	0	14,286
2 variantas	Kogeneracinė jėgainė, 695 kW	7,92	0,238	6089	16538	6942	-	1746	0,688	-	-	-
	Biokuro katilinė, 12 MW	12,43	0,770	-	30224	-	-	2888	1,138	-	-	-
	Dujinė katilinė, 12 MW	3,73	0,130	-	10265	-	-	1379	1,867	-	-	-
	Akumuliacinė talpa, 3000 m <sup>3</sup>	0,35	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iš viso:	24,42	1,142	6089	57027	6942	-	-	3,693	2,569	0	7,403	
3 variantas	Kogeneracinė jėgainė, 695 kW	7,92	0,238	6089	16538	-	-	1746	0,688	-	-	-
	Biokuro katilinė, 12 MW	12,43	0,770	-	30224	-	-	2888	1,138	-	-	-
	Dujinė katilinė, 12 MW	3,73	0,130	-	10265	-	-	1379	1,867	-	-	-
	Akumuliacinė talpa, 3000 m <sup>3</sup>	0,35	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vėjo jėgainė, 5x900 kW	20,50	0,058	7042	-	3592	3692	-	-	-	1,034	-
Iš viso:	44,93	1,200	13131	57027	3592	3692	-	3,693	1,329	1,034	5,188	
4 variantas	Kogeneracinė jėgainė, 1488 kW	16,95	0,509	13032	34787	1433	1433	3736	1,472	-	0,645	-
	Biokuro katilinė, 12 MW	12,43	0,770	-	19960	-	-	2146	0,845	-	-	-
	Dujinė katilinė, 9 MW	2,80	0,098	-	2281	-	-	272	0,369	-	-	-
	Akumuliacinė talpa, 3000 m <sup>3</sup>	0,35	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iš viso:	32,53	1,380	13032	57027	1433	1433	-	2,686	0,530	0,645	3,952	
5 variantas	Kogeneracinė jėgainė, 2112 kW	24,06	0,722	18051	44481	-	5469	5175	2,039	-	2,461	-
	Biokuro katilinė, 12 MW	12,43	0,770	-	12546	-	-	1349	0,531	-	-	-
	Akumuliacinė talpa, 3000 m <sup>3</sup>	0,35	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iš viso:	36,84	1,496	18051	57027	0	5469	-	2,570	0,000	2,461	1,605	

Pagrindiniai finansiniai rodikliai (investicijos ir metinės išlaidos) apibendrintai pateikti 44 pav.



44 pav. Nagrinėjamų variantų ekonominiai rodikliai

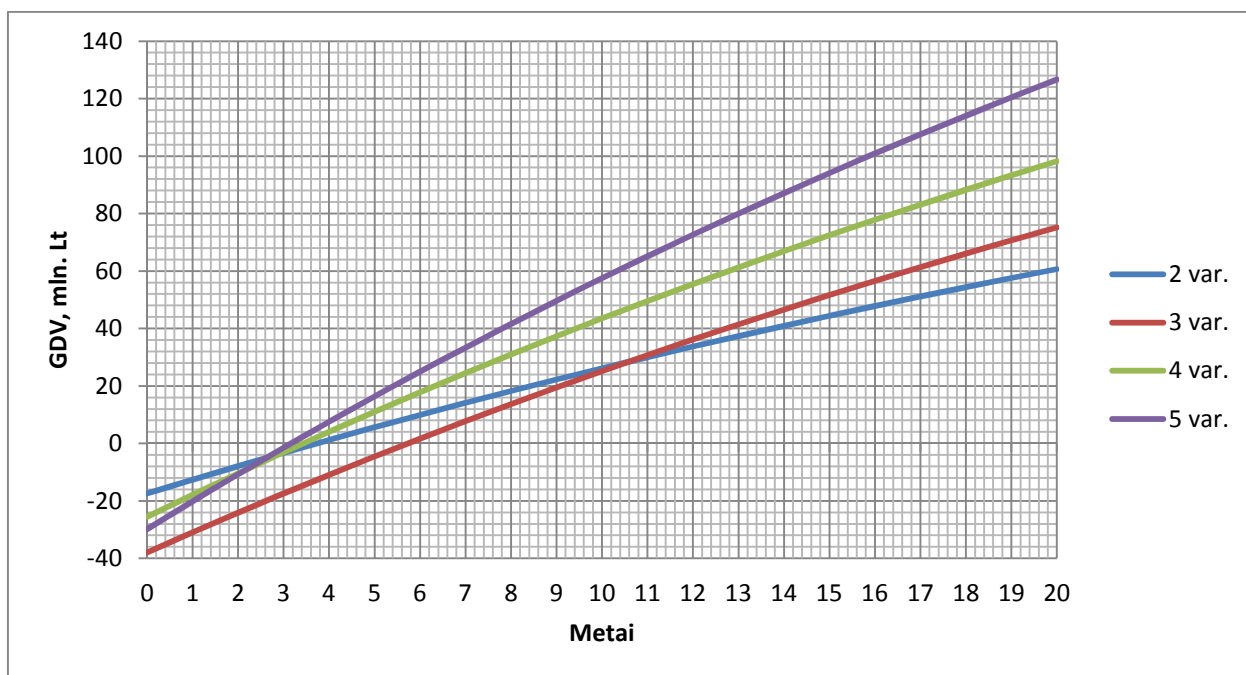
Mažiausios investicijos yra 1 varianto atveju (dujinės katilinės įrengimo ir prisijungimo prie šalies elektros tinklo), tačiau metinės išlaidos kurui ir elektros energijai šiuo atveju yra didžiausios. Esant tokiai situacijai, reikia nustatyti kokią naudą duos didesnės investicijos į kituose variantuose nagrinėjamus įrenginius. Ekonominis šių investicijų vertinimas atliekamas skaičiuojant paprastąjį atsipirkimo laiką bei grynąją dabartinę vertę po 20 metų. Tokia vertinimo trukmė pasirinkta, nes daugelio nagrinėjamų įrenginių tarnavimo laikotarpis yra mažiausiai 20 metų. Paprastasis atsipirkimo laikas vertinamas kaip santykis didesnių investicijų ir dėl jų sumažėjusių metinių išlaidų eksploatacijai, kurui ir perkamai elektros energijai (sutaupymų).



45 pav. Paprastojo atsipirkimo laiko skaičiavimo rezultatai

Paprastojo atsipirkimo laiko skaičiavimas rodo, kad visos nagrinėtos kogeneracinių jėgainių sistemos atsiperka per 2,3 – 5,2 metus. Tai yra labai geri rodikliai. Kogeneracinių jėgainių be vėjo jėgainės atsipirkimo laikas yra labai panašus (skiriasi 5 %). Greičiausiai atsiperka sistema su didžiausios galios kogeneraciniu įrenginiu, nes šiuo atveju pagaminama daugiausiai elektros energijos, kuri superkama už 0,45 Lt/kWh tarifą. Vėjo jėgainių įrengimas prailgina atsipirkimo laiką beveik dvigubai. Žinant, kad vėjo jėgainės, kvartalo autonomišką apsirūpinimą energija užtikrina tik sąlyginai (užtikrinamas tik teigiamas eksporto/importo balansas), jas įrengti neapsimoka. Tuo tarpu ištikus metus elektros ir šilumos poreikius užtikrinanti sistema su 2112 kW galios kogeneratoriumi ir 12 MW biokuro katilu yra ir ekonomiškai rentabiliausia.

Paprastasis atsipirkimo laikas neįvertina pinigų nuvertėjimo laikui bėgant, todėl juo pasikliauti ne visada galima. Pinigų nuvertėjimas investicijas ir sutaupymus skaičiuojant grynosios dabartinės vertės (GDV) metodu įvertinamas diskonto koeficientu. Dažniausiai kaip diskontas priimama rinkoje vyraujanti paskolų palūkanų norma ir dar įvertinamas infliacijos lygis. Šiuo metu banko teikiamų paskolų nefinansinėms korporacijoms paskolų norma siekia 5,63 % [49], o metinė infliacija yra 3,2 % [50]. Diskonto koeficientas tuomet yra 2,35 %.



46 pav. Grynosios dabartinės vertės kitimas (taupytojo požiūriu)

46 pav. parodyta kaip kinta metinių sutaupymų GDV, lyginant aprūpinimo energija sistemas su baziniu variantu. Matyti, kad per įrenginių tarnavimo laiką būtų sutaupoma įrengus 2112 kW galios kogeneratorių ir 12 MW galios biokuro katilą (5-asis variantas). Šis GDV vertinimas atliktas esant didžiausiai biokuro kainai. Jei būtų pasirinktas pigesnis biokuras, tai sutaupymai būtų dar didesni.

## 6.2. Socio-ekonominis vertinimas

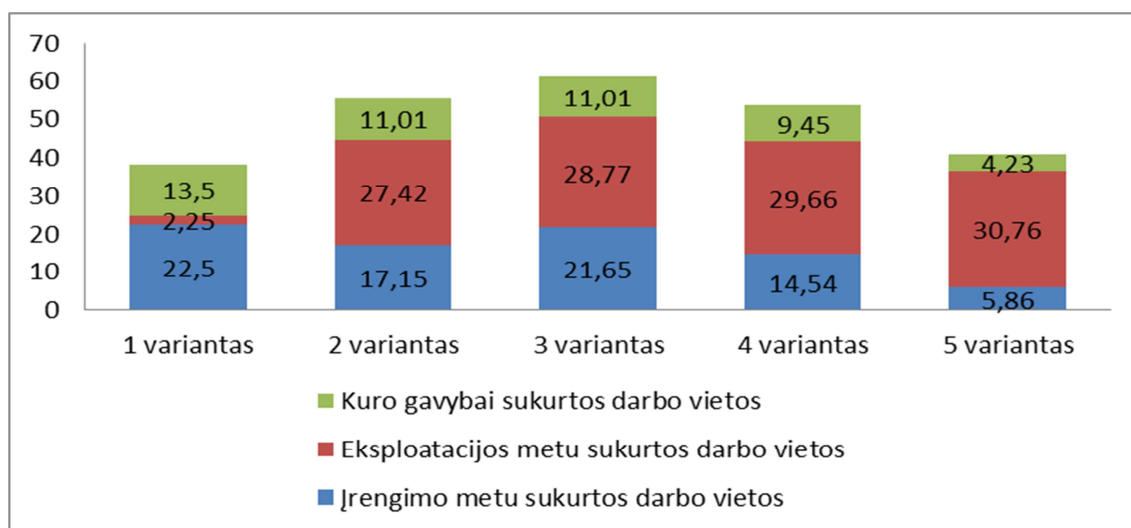
Socio-ekonominis vertinimas atliekamas vertinant nagrinėjamus variantus jų sukuriamų darbo vietų skaičiumi, bei kiekvieno varianto autonomiškumą (ar nepriklausomumą) pagal finansinių srautų liekančių šalyje ir išeinančių iš jos balansą.

Siekiant įvertinti kuriamų darbo vietų skaičių nagrinėti įvairių organizacijų (Europos Komisijos, Jungtinių Tautų ir kt.) pateikiami duomenys [51], [52], [53] apie atsinaujinančių išteklių projektų įgyvendinimo metu sukuriamas darbo vietas. Kadangi nėra tikslios metodikos tokiam vertinimui atlikti, tai tenka remtis orientaciniais duomenimis. Darbo vietų kūrimo rodikliai pateikiami 10 lentelėje.

10 lentelė. Vertinamų technologijų įrengimo sukuriamų darbo vietų vidutinės vertės

Technologija	Gamyba, įrengimas, žm. metai/MW	Eksploatacija, žm. metai/MW	Kuro gamyba, žm. metai/MWh
Dujinės katilinės įrengimas	1	0,1	0,6
Biokuro kogeneracinės jėgainės įrengimas	0,5	3,2	0,3
Biokuro katilinės įrengimas	0,4	2	0,3
Vėjo jėgainės įrengimas	1	0,3	

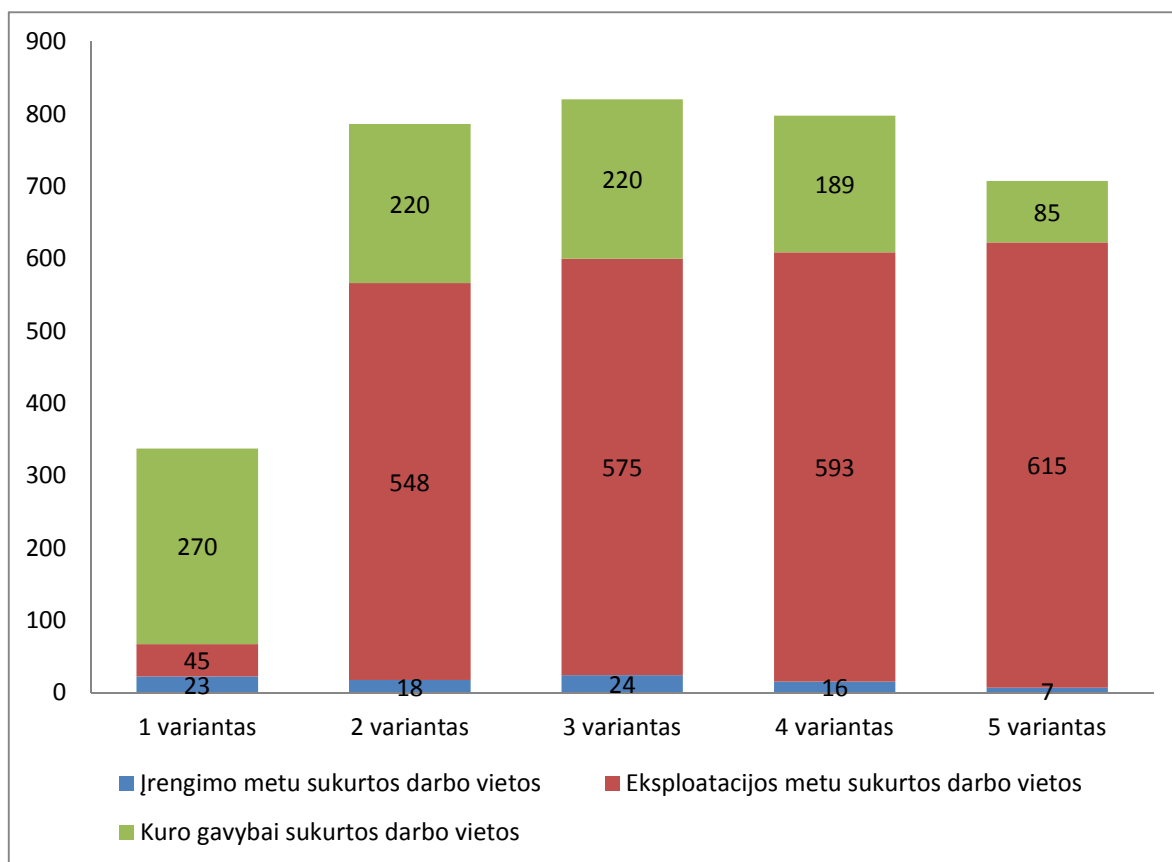
Toliau pateikiamas kiekvieno objekto aprūpinimo energija varianto sukurtų darbo vietų per metus palyginimas.



47 pav. Per vienerius veiklos metus sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai/metus)

Lyginant tik per vienerius veiklos metus sukuriamų darbo vietų skaičių matyti, kad geriausias variantas yra 3-iasis (mažos galios kogeneratoriaus, biokuro ir dujinės katilinės ir vėjo jėgainių įrengimas), nes šiuo atveju įrengiama daugiausiai įrenginių.

Toliau atliktas palyginimas per visą įrenginių tarnavimo laikotarpį (20 metų) nuo jų įrengimo pradžios iki eksploatacijos pabaigos. Įrengimo darbų trukmė priimama 2,5 metų kogeneracinei jėgainei, vėjo turbinoms 1,5 metų, biokuro katilinės 1 metai, dujinės katilinės 1 metai.



**48 pav. Per įrenginių tarnavimo laiką sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai)**

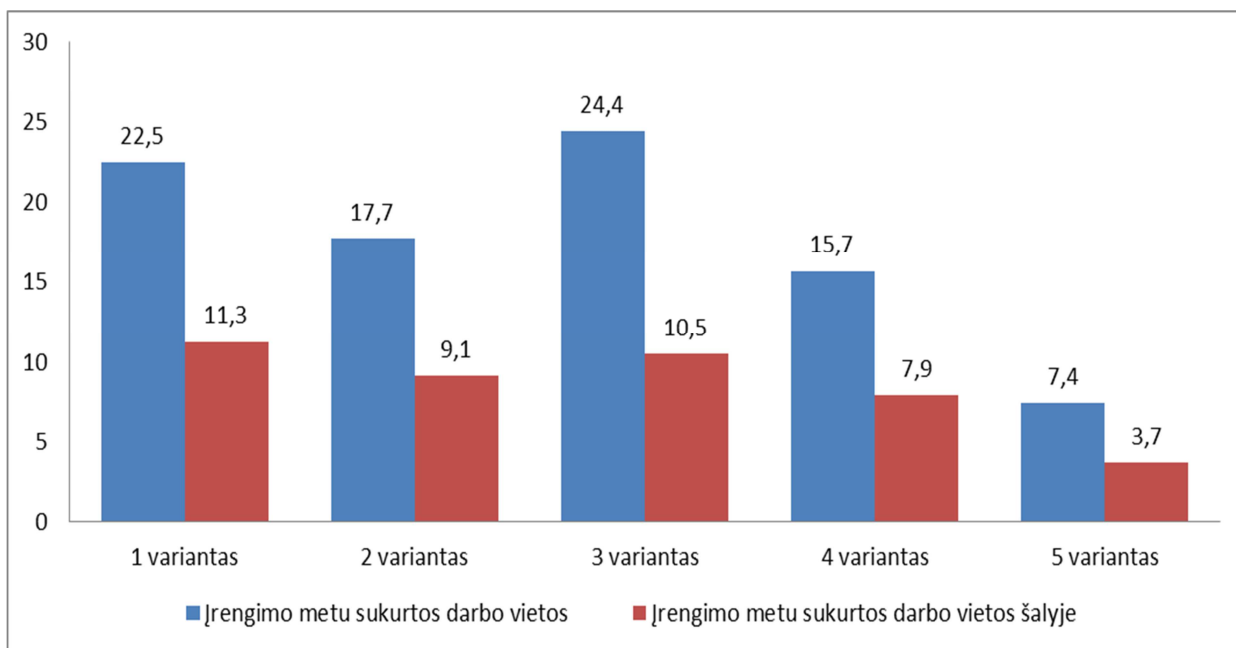
Lyginant per visą tarnavimo laiką sukuriamų darbo vietų skaičių išsiskiria 3 aprūpinimo energija sistemos. Šiek tiek atsilieka 5-asis variantas (didelės galios kogeneratoriaus ir biokuro katilinės įrengimas). O mažiausiai darbo vietų sukuria dujinės katilinės įrengimas, nes jo eksploatacija reikalauja itin mažai personalo.

Suminis sukurtų darbo vietų skaičius ne visiškai parodo tikrąją naudą šaliai, nes pvz. įrangą importuojant darbo vietos kuriamos užsienyje ir finansai iškeliauja į užsienį. Įvertinimui darbo vietų sukūrimą bei finansinių išteklių panaudojimą šalies viduje kiekvienos technologijos įrengimo atveju naudojami tokie koeficientai:

- dujinės katilinės įrengimas – 50 %;
- dujinės katilinės eksploatacija – 75 %;
- dujų išsigijimas – 10 %;
- kogeneracinės jėgainės įrengimas – 30 %;
- kogeneracinės jėgainės eksploatacija – 75 %;
- kogeneracinei jėgainei reikalingo kuro išsigijimas – 100 %;

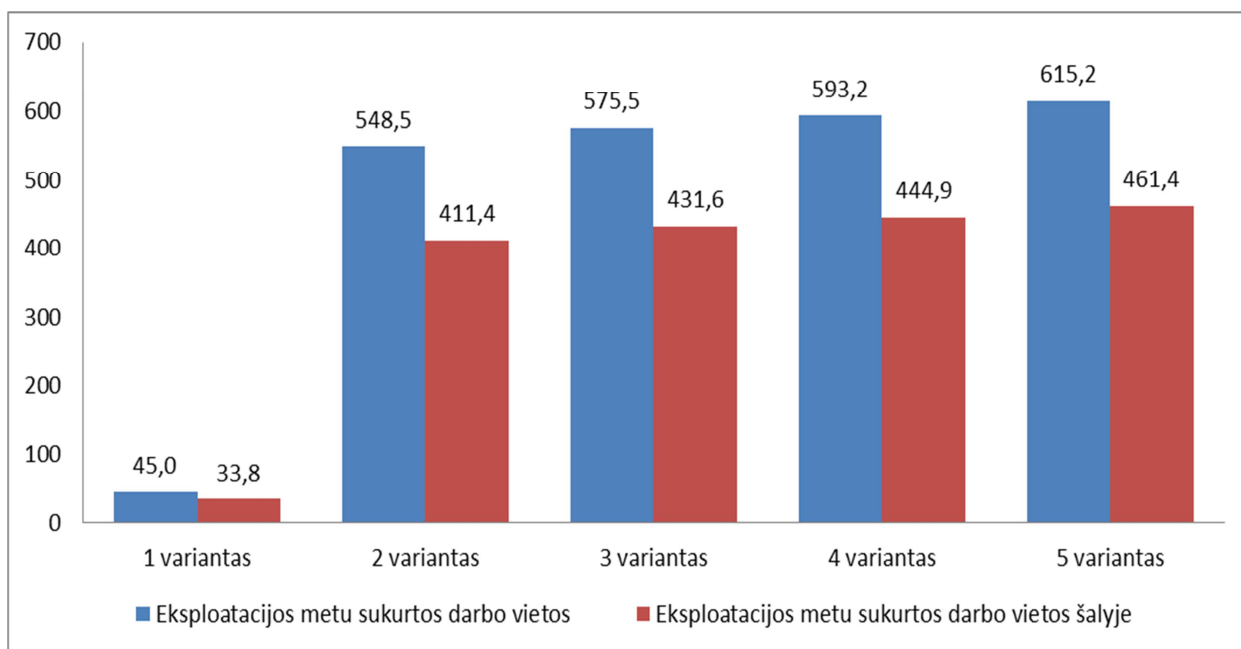
- biokuro katilinės įrengimas – 60 %;
- biokuro katilinės eksploatacija – 75 %;
- biokuro įsigijimas – 100 %;
- vėjo jėgainės įrengimas – 20 %;
- vėjo jėgainės eksploatacija – 75 %.

Toliau pateikiami grafikai, kuriuose pavaizduota darbo vietų kūrimo dalis šalyje kiekvienos įrenginių naudojimo stadijos (įrengimo, eksploatacijos ir kuro gavybos) metu.



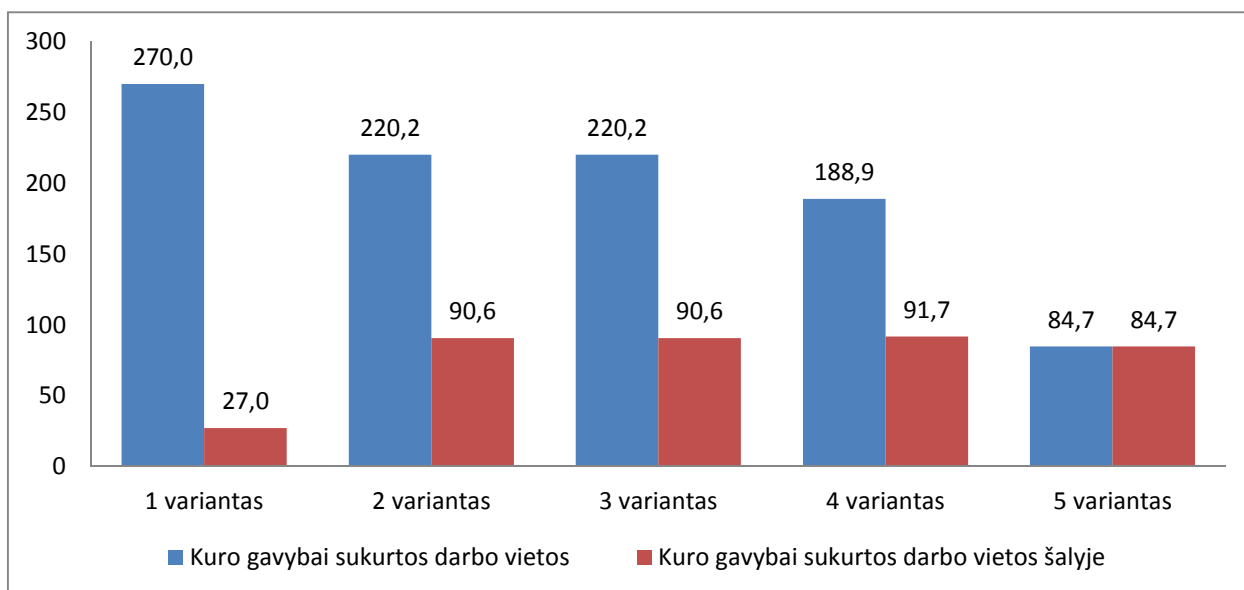
49 pav. Įrengimo metu sukuriamų darbo vietų dalis šalyje (žm. metai)

Įrengimo metu daugiausiai darbo vietų šalies viduje sukuriama 1 varianto atveju (įrengiant dujinę katilinę).



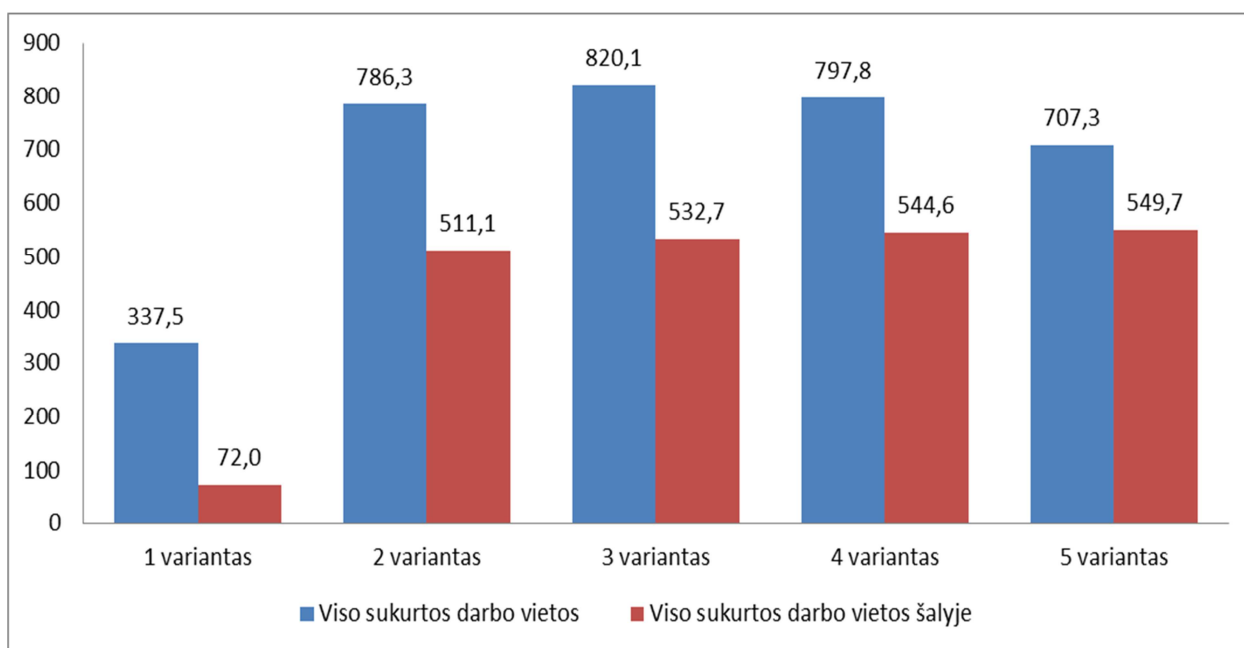
50 pav. Eksploatacijos metu sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai)

Eksplotacijos metu daugiausiai darbo vietų sukuriama 5 varianto atveju, nes šiuo atveju įrengiamas didžiausios galios kogeneratorius, kuris reikalauja daugiausiai priežiūros. Mažiausiai darbo vietų sukuriama dujinės katilinės įrengimo atveju, nes jos priežiūra yra minimali, jei katilinė yra moderniai automatizuota.



51 pav. Kuro gavybai sukuriamos darbo vietos (žm. metai)

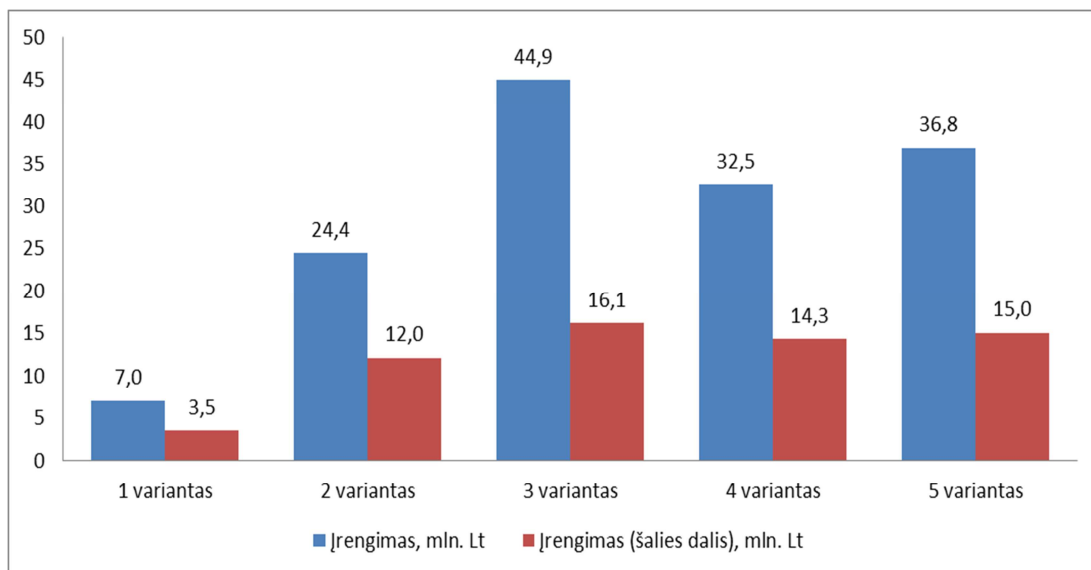
Daugiausiai darbo vietų kuro gavybai sukuriama įrengus dujinę katilinę, tačiau beveik visos jos yra sukuriamos už Lietuvos ribų (priimta, kad 10 % darbo vietų sukuriama šalies viduje, nes į kuro gavybą įtraukiamas ir kuro transportavimas). Daugiausiai darbo vietų šalyje sukuriama 4 varianto atveju (vidutinės galios kogeneratoriaus, biokuro ir dujinių katilų įrengimas). Darbo vietos tik šalies viduje sukuriamos 5 varianto atveju, nes tada naudojamas vien tik vietinis biokuras.



52 pav. Iš viso sukuriamų darbo vietų skaičius (žm. metai)

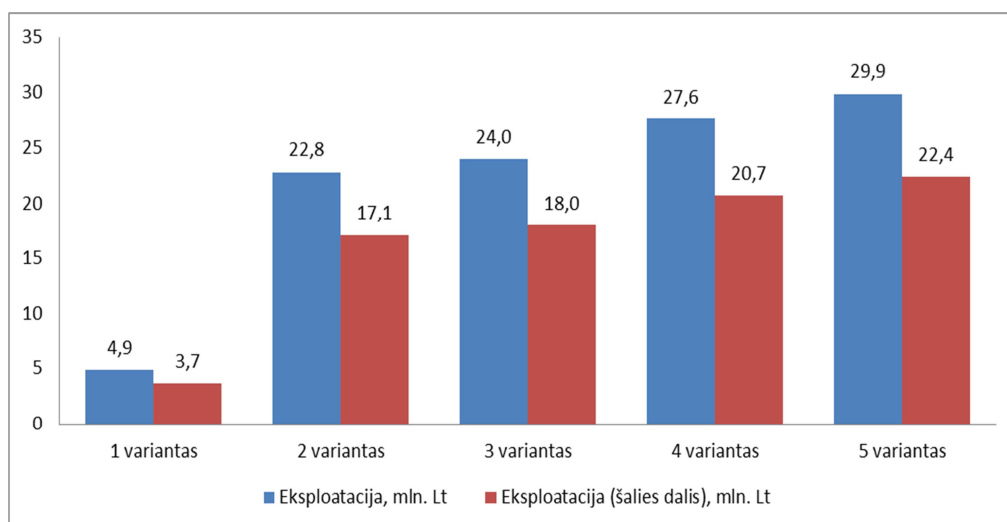
Daugiausiai darbo vietų sukuriama 3 varianto atveju (mažos galios kogeneratoriaus, biokuro ir dujinio katilų įrengimas, vėjo jėgainės įrengimas) dėl to, kad bendrai įrengiama daugiausiai technologinių įrengimų ir jų aptarnavimas reikalauja daugiausiai personalo. Mažiausiai darbo vietų ir skaičiuojant visas sukurtas darbo vietas ir vertinant tik šalyje sukurtas darbo vietas sukuriama dujinės katilinės įrengimo atveju (1 variantas). Daugiausiai darbo vietų (ir absoliučiai, ir santykinai) šalyje sukuriama įrengus didelės galios kogeneratorių ir biokuro katilą.

Toliau pateikiami finansiniai rodikliai, įvertinus kokia finansų dalis lieka šalies viduje.



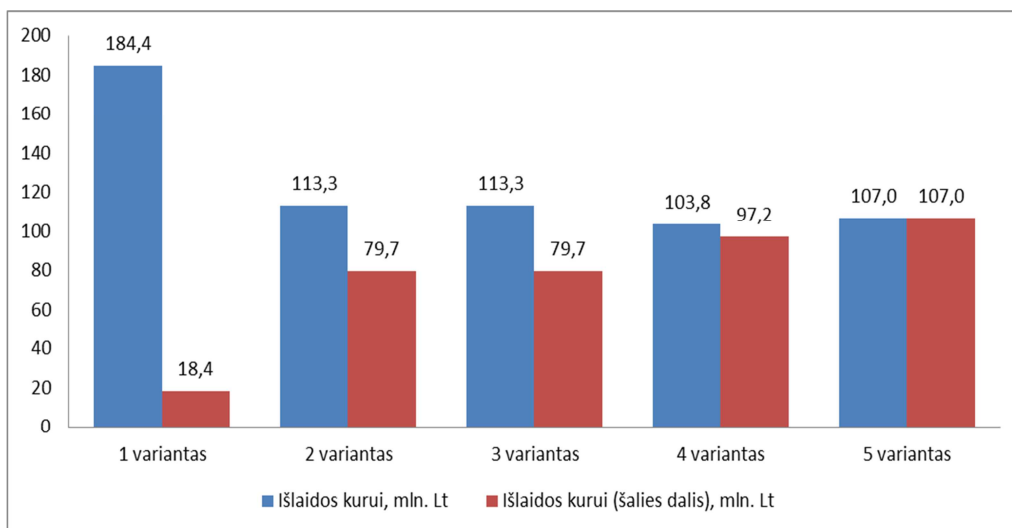
53 pav. Aprūpinimo energija sistemų įrengimo kaštų palyginimas

Įrengimo metu didžiausią finansinę naudą šalis gauna, jei įrengiamas 3-ias variantas (mažos galios kogeneratorius, biokuro ir dujinis katilai bei vėjo jėgainė). Nedaug atsilieka kitos jėgainės, kuriose įrenginėjami kogeneratoriai. Tuo tarpu mažiausią naudą atneša dujinės katilinės įrengimas.



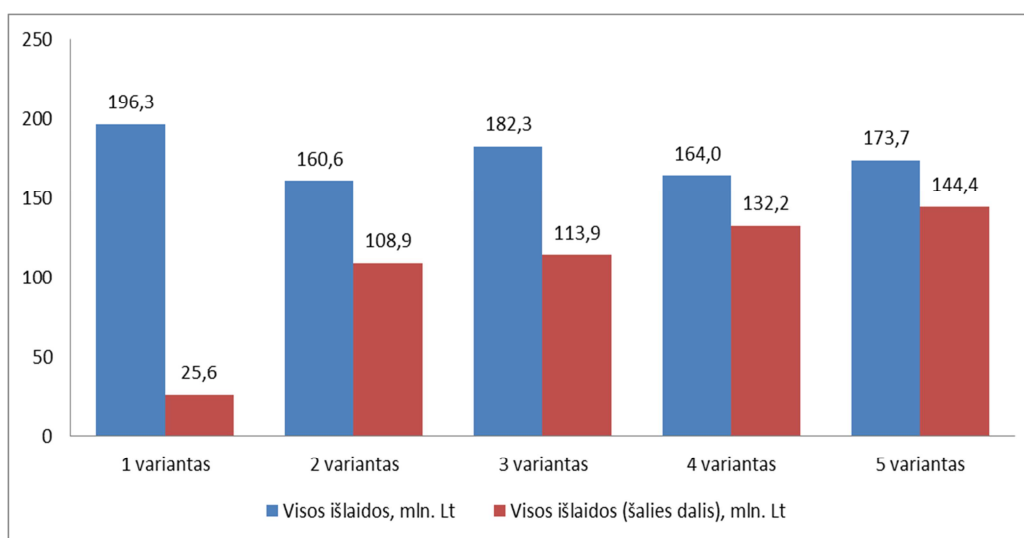
54 pav. Aprūpinimo energija sistemų eksploatacijos kaštų per visą tarnavimo laikotarpį palyginimas

Eksplotacijos metu daugiausiai naudos gaunama įrengus sistemą, kuri reikalauja daugiausiai priežiūros, t.y. tokią, kurioje didžiausias kogeneratorius bei biokuro katilas (5 variantas). Mažiausiai naudos sukuriama įrengus dujinę katilinę (1 variantas).



**55 pav. Aprūpinimo energija sistemų išlaidų kurui per visą tarnavimo laiką palyginimas**

Daugiausiai išlaidų kurui reikalauja dujinės katilinės įrengimas (1 variantas) ir didžioji jų dalis išeina į užsienį. Kiti variantai yra apylygiai lyginant visas išlaidas kurui. Vertinant naudą, kurią gauna šalis, geriausias variantas yra tik biokurą naudojančių įrenginių įrengimas (5 variantas), nes šiuo atveju visi pinigai lieka šalyje ir sukuriama didžiausia pridėtinė vertė išgaunant vietinį biokurą.



**56 pav. Visų išlaidų per sistemų tarnavimo laiką palyginimas**

Matyti, kad daugiausiai išlaidų (196,3 mln. Lt) reikia aprūpinant gyvenvietę įrengus dujinę katilinę, ir tik maža šių išlaidų dalis (25,6 mln. Lt) lieka šalyje, nes kuras importuojamas iš užsienio. Vertinant šalies viduje sukuriamą naudą geriausias variantas maksimalios galios kogeneratoriaus ir biokuro katilo įrengimas (5 variantas), nes šiuo atveju mažiausiai pinigų išleidžiama į užsienį ir daugiausiai lieka šalyje.

## Išvados

Šio tyrimo metu nagrinėtos autonomiško gyvenvietės aprūpinimo elektros ir šilumos energija galimybės. Tyrimo objektu pasirinktas hipotetinis gyvenvietės modelis, kuris sudarytas vadovaujantis teritorijų planavimo normomis bei statistiniais duomenimis. Gyvenvietėje turėtų gyventi 10 tūkst. gyventojų ir būti visos būtinos tokiam miestui institucijos. Gyvenvietės energijos vartotojai suskirstyti į 6 grupes: gyvenamieji namai, visuomeninės ir biurų paskirties pastatai, prekybos centras, mokykla, vaikų darželis ir ligoninė.

Suskaičiuotos elektros ir šilumos apkrovos kiekvieną metų valandą, įvertinant apkrovų kitimą metų bėgyje koeficientais, kurie priklauso nuo metų laiko, savaitės dienos (darbo arba nedarbo), paros meto. Nustatyta didžiausia šilumos apkrova šildymui, vėdinimui ir karšto vandens ruošimui yra 19 476 kW, mažiausia tik 47 kW. Metinis šilumos poreikis šildymui, vėdinimui ir karšto vandens ruošimui yra 51 843 MWh, o įvertinus ir nuostolius šilumos tiekimo tinkluose 57 027 MWh. Didžiausia elektros apkrova yra 2 112 kW, mažiausia 695 kW, vidutinė 1 488 kW. Metinis elektros energijos poreikis 13 032 MWh.

Atsižvelgiant į galimas panaudoti technologijas ir elektros ir šilumos apkrovas, pasirinktos 5 aprūpinimo energija sistemos. Pirmoji iš jų yra tokia, kuri naudojama didelėje dalyje Lietuvos miestų, t.y. šiluma gaminama gamtinėmis dujomis kūrenamoje katilinėje, o elektra vartotojams tiekama iš šalies elektros tinklo. Kitose sistemose derinamos technologijos: kogeneratorius su garo turbina, biokuro katilas, dujinis katilas, 3000 m<sup>3</sup> tūrio šilumos akumuliacinė talpa ir vienoje iš sistemų nagrinėjamas papildomas elektros gamybos šaltinis – vėjo jėgainė. Antroji iš nagrinėjamų sistemų susideda iš 695 kW galios kogeneratoriaus, 12 MW galios biokuro ir 12 MW galios dujinio katilų. Trečioji nuo antrosios skiriasi tik tuo, kad joje dar įrengta 4,5 MW galios vėjo jėgainė. Ketvirtojoje sistemoje įrengtas 1 488 kW galios kogeneratorius, 12 MW biokuro ir 9 MW dujinis katilas. Penktojoje sistemoje įrengtas kogeneratorius, kurio galia 2 112 kW ir 12 MW galios biokuro katilas.

Energetinio autonomiškumo požiūriu visiška autonomija gali būti pasiekta tik 5-oje sistemoje. Joje įrenginiai užtikrina šilumos ir elektros poreikių patenkinimą kiekvieną metų valandą, ir joje naudojamas tik vietinis biokuras. Ketvirtoji sistema autonomiškumą užtikrina sąlyginai. Metinį elektros poreikį dengia, tačiau tam tikromis valandomis trūkumą turi importuoti iš šalies tinklo, o tam tikromis valandomis perteklių eksportuoti. Šilumos poreikis šiuo atveju užtikrinamas visiškai, tačiau dalis jos (4 %) piko metu pagaminama dujiniame katile, taigi išlieka priklausomybė nuo importuojamų gamtinių dujų.

Atliktas saulės energijos panaudojimo įvertinimas parodė, kad priklausomai nuo įrengtos centralizuotos saulės kolektorių sistemos dydžio galima būtų patenkinti 17 – 44 % metinio

šilumos poreikio karšto vandens ruošimui, tačiau tokios sistemos įrengimo atsisakyta, nes net ir pats mažiausias kogeneratorius, veikdamas pilna elektros apkrova, vasarą gamina daugiau šilumos nei reikia gyvenvietei.

Ekonominio vertinimo rezultatai atskleidė, kad esant dabartinėms kuro kainoms, apsimoka investuoti į visas nagrinėtas šiame tyrime atsinaujinančių energijos išteklių sistemas. Lyginant su 1-uoju variantu kitų nagrinėtų sistemų paprastas atsipirkimo laikas yra 2,3 - 4,2 metai, jei naudojamas pigiausias biokuras (pjuvenos), ir 3 – 5,3 metai, kai naudojamas biokuro mišinys (pjuvenos, skiedros, drožlės, granulės). Didžiausia grynoji dabartinė vertė po 20-ies metų yra sistemos, kurioje yra įrengtas tik kogeneratorius ir biokuro katilas (5 sistema).

Socio-ekonominio vertinimo metu atlikta darbo vietų kūrimo analizė rodo, kad mažiausiai darbo vietų vertinant visą sistemų gyvavimo laikotarpį (20 metų) būtų sukurta įrengiant dujinę katilinę (338 žm. metai, iš jų tik 72 žm. metai šalies viduje). Daugiausiai darbo vietų (820 žm. metų, iš jų 533 žm. metai šalies viduje) būtų sukurta įrengiant 3-ią sistemą, kurioje veiktų visos nagrinėjamos technologijos (kogeneracija, biokuro ir dujinė katilinė, ir vėjo jėgainė). Tuo tarpu vertinant šalyje sukurtų darbo vietų skaičių ir vėl geriausias variantas yra 5-oji sistema, nes ji sukuria 550 žm. metų šalies viduje ir mažiausiai iš visų sistemų (157 žm. metus) užsienyje.

Vertinant sistemas pagal tai kiek joms įrengti, eksploatuoti ir aprūpinti kuru visam tarnavimo laikui, reikalingų kaštų palieka šalį, blogiausiai atrodo 1-oji sistema, kurioje vien kuro įsigijimui reikalingų 184 mln. Lt didžioji dalis (90 %) išeina į užsienį, o iš viso tik 26 iš 196 mln. Lt pasilieka šalyje. Geriausias variantas šiuo požiūriu yra 5-oji sistema, kurioje 144 iš 174 mln. Lt pasilieka šalyje.

Apibendrinant visų vertinimų rezultatus galima vienareikšmiškai teigti, kad geriausia nagrinėtos gyvenvietės aprūpinimo energija sistema – pagal maksimalią elektros apkrovą parinktas kogeneratorius su garo turbina, biokuro katilas ir akumuliacinė talpa, nes ji yra 100 % autonomiškai, ekonomiškai pateisinama ir sukurianti didžiausią socio-ekonominę naudą, t.y. daugiausiai darbo vietų šalyje bei didžiausia dalis pinigų, lyginant su kitomis sistemomis, pasilieka šalyje.

Taigi, autonomiškas aprūpinimas energija yra techniškai įmanomas, ekonomiškai bei naudingas šaliai, siekiant įgyvendinti energetinės nepriklausomybės strategijoje numatytus tikslus.

## Literatūros sąrašas

1. Nacionalinė 2008-2012 metų mokslo programa „Darni energetika“. Vilnius, 2008.
2. LR Seimas. Nacionalinė energetikos strategija. Žin., 2007-01-26, Nr. 11-430. Vilnius, 2007.
3. Nacionalini atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo plėtros 2010-2020 metų veiksmų planas. Vilnius, 2010.
4. LR Seimas. Nacionalinė energetikos (energetinės nepriklausomybės) strategija. Vilnius, 2011.
5. Europos parlamentas. Europos sąjungos direktyva 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją. Strasbūras. 2009.
6. Slapšienė I. Širvintų miesto gyvenamojo kvartalo aprūpinimo šilumine energija galimybių analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2008.
7. Siniak N. Pasvalio miesto aprūpinimo energija daugiakriterė analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2010.
8. Kriptavičius D. Pavilionių gyvenvietės aprūpinimo energija galimybių analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2009.
9. Trutnevytė E. Integruoto urbanistinio modulio aprūpinimo energija sistemų tyrimai. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2008.
10. TvariJonaitė L. Kaimo turizmo sodybos aprūpinimo energija iš atsinaujinančių energijos išteklių analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2010.
11. Adnopol D. Individualaus gyvenamojo namo užmiestyje šilumos šaltinių analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2009.
12. Spundzevičiūtė V. SOS vaikų kaimo aprūpinimas energija iš atsinaujinančių šaltinių. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2010.
13. Stundžia A. Gyvenamojo kvartalo aprūpinimo šiluma variantų analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2008.
14. Blažys A. Gulbinėlių gyvenvietės aprūpinimo geotermine energija galimybių analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2009.
15. Galvao J. R. ir kt. Cogeneration supply by bio-energy for a sustainable hotel building management system. Fuel Processing Technology, 2011. Nr. 92: 284-289.
16. Madlener R., Bachhiesl M. Socio-economic drivers of large urban biomass cogeneration: Sustainable energy supply for Austria's capital Vienna. Energy Policy, 2007. Nr. 35: 1075-1087.

17. Sastresa E. L. ir kt. *Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010. Nr. 14: 679-690.
18. Krajnc N., Domac J. *How to model different socio-economic and environmental aspects of biomass utilisation: Case study in selected regions in Slovenia and Croatia*. Energy Policy, 2007. Nr. 35: 6010-6020.
19. Kytra S. *Atsinaujinantys energijos ištekliai*. Kaunas, technologija. 2006. 301 p.
20. Jankauskas V. *Energetikos ekonomika: paskaitų metu pateikta medžiaga*. Vilnius, 2010.
21. Lietuvos statistikos departamentas. *Kuro ir energijos balansas 2010*. Statistikos leidinys. Vilnius, 2010.
22. Stasiūnas V. *Biokuras ir centralizuotas šilumos tiekimas Lietuvoje, kogeneracija*. Pranešimas konferencijoje „Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas elektros ir šilumos gamybai: biomasė, biodujos, kogeneracija“. Vilnius, 2009 lapkričio 17 d.
23. LR ūkio ministerija. *Įvairių kogeneracijos technologijų įrengimo galimybių ir sąnaudų studijos bei rekomendacijų dėl šių technologijų diegimo parengimas*. Ataskaita. Vilnius, 2007.
24. Saulės kolektoriai. Interneto prieiga: <<http://www.kitokiaenergija.lt>> (žiūrėta 2012-05-07)
25. Danijos saulės energetikos pavyzdžiai. Interneto prieiga: <<http://solvarmedata.dk/>> (žiūrėta 2012-05-07)
26. Europe Environment Agency. *Europe's onshore and offshore wind energy potencial. An assesment of environmental and economic constrains*. EEA Technical report. Kopenhaga, 2009.
27. Lietuvos vėjo energetikų asociacija. Interneto prieiga: <<http://www.lwea.lt/portal/index.php>> (žiūrėta 2012-05-08)
28. EMD International A/S. *EnergyPRO User's Guide*. Aalborg, 2011
29. Woolf J. *Renew: a renewable energy design tool for architects*. Renewable Energy. 2003, Nr. 28, p. 1555–1561
30. RETScreen Internacional. Interneto prieiga: <<http://www.retscreen.net/ang/home.php>> (žiūrėta 2011-06-18)
31. Grybauskaitė N. *Atsinaujinančių išteklių pritaikymo viešosios paskirties pastatui galimybių įvertinimas*. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, VGTU. 2011.
32. The Solar Design Company. Interneto prieiga: <<http://www.solardesign.co.uk/tsol.php>> (žiūrėta 2011-06-18)

33. Petrauskas G., Adomavičius V. *Vėjo energijos išteklių ir jėginių techninių ekonominių rodiklių įvertinimas projektavimo stadijoje*. Energetika. 2001, Nr. 2
34. WindPRO. Interneto prieiga: <<http://www.emd.dk/WindPRO/Frontpage>> (žiūrėta: 2011-06-19)
35. TPN 1:2004. *Miestų, miestelių ir kaimų (gyvenamųjų vietovių) planavimas: teritorijų planavimo normų projektas*. Vilnius, 2004. 54 p.
36. STR 2.01.09:2005 „Pastatų energinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas.“
37. Statybinė klimatologija. RSN 156-94 . Žin., 1994, Nr. 24-394
38. „Skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika“. Valstybės žinios, 2008-01-08, Nr. 3-102
39. Abaravičius J. *Load Management in Residential Buildings considering Techno-Economic and Environment Aspects*: thesis for the degree of Licenciate in Energy Economics and Planning. Lundas, 2004. 70 p.
40. Pedersen L. et al. *Load prediction method for heat and electricity demand in buildings for the purpose of planning for mixed energy distribution systems*. Energy and Buildings, 2008. Nr. 40: 1124-1134.
41. STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui.“
42. Pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės. Valstybės žinios. 2005-07-14, Nr. 85-3175
43. Rapcevičienė D. *Daugiabučių namų renovacijos efektyvumo vertinimas*. Mokslas – Lietuvos ateitis, 2010, 2 tomas: 83-89.
44. Domac J. ir kt. *Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects*. Biomass and Bioenergy, 2005. Nr. 28: 97-106.
45. Danish Energy Agency. *Technology data for energy plants*. Katalogas. 2010.
46. VKEK. *Vidutinė šalies kuro kaina*. Interneto prieiga: <<http://www.regula.lt/lt/siluma/kuro-ir-silumos-kainos/kuro.php>> (žiūrėta: 2012-05-21)
47. LESTO. *Elektros energijos kaina*. Interneto prieiga: <[http://www.lesto.lt/lt/privatiems/elektros-energijos-kainos-ir-tarifu-planai/visuomenines-  
elektros-energijos-kainos-sandara/1139](http://www.lesto.lt/lt/privatiems/elektros-energijos-kainos-ir-tarifu-planai/visuomenines-<br/>elektros-energijos-kainos-sandara/1139)> (žiūrėta: 2012-05-21)
48. VKEK. *Energijos supirkimo tarifai*. Interneto preiga: <<http://www.regula.lt/lt/naujienos/index.php?full=yes&id=14048>> (žiūrėta: 2012-05-21)
49. Lietuvos bankas. *Paskolų palūkanų normos*. Interneto prieiga: <[http://www.lb.lt/stat\\_pub/statbrowser.aspx?group=7279&lang=lt](http://www.lb.lt/stat_pub/statbrowser.aspx?group=7279&lang=lt)> (žiūrėta 2012-05-21)

50. Lietuvos statistikos departamentas. Pagrindiniai Lietuvos statistikos rodikliai. Metinė infliacija. Interneto prieiga: <<http://www.stat.gov.lt/lt/>> (žiūrėta 2012-05-21)

51. Worldwatch Institute. *Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world*. Ataskaita, 2008.

52. T. Kjaer. *Socio-economic and regional benefits. Employment assessment*. Roskilde University, Danija. 2006.

53. J. Goldenberg. *The case of renewable energies*. Tarptautinės konferencijos atsinaujinančių išteklių tema Bonoje medžiaga. Bona, 2004.