



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Šilumos tiekimo vamzdynų eksploatacijos ypatumai, mažėjant šilumos energijos poreikiams**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Audrius Jankauskas**

Projekto autorius

**Doc. dr. Juozas Gudzinskas**

Vadovas

---

**Kaunas, 2022**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Šilumos tiekimo vamzdynų eksploatacijos ypatumai, mažėjant šilumos energijos poreikiams**

Baigiamasis magistro projektas  
Termoinžinerija (6211EX023)

---

**Audrius Jankauskas**

Projekto autorius

**Doc. dr. Juozas Gudzinskas**

Vadovas

**Doc. dr. Linas Paukštaitis**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2022**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas  
Audrius Jankauskas

## **Šilumos tiekimo vamzdynų eksploatacijos ypatumai, mažėjant šilumos energijos poreikiams**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Audrius Jankauskas

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Studijų programa: 6211EX023 Termoinžinerija

## **MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**

Studentui (-ei)

Audriui Jankauskui

*(Vardas, Pavardė)*

### **1. Baigiamojo Projekto tema –**

Šilumos tiekimo vamzdynų eksploatacijos ypatumai, mažėjant šilumos energijos poreikiams.

*(Lietuvių kalba)*

Peculiarities of Operation of Heat Supply Pipelines with Decreasing Heat Energy Needs.

*(Anglų kalba)*

Patvirtinta 2022 m. gegužės mėn. 2 d. dekanu potvarkiu Nr. V25-11-2

### **2. Darbo tikslas ir uždaviniai –**

Darbo tikslas – įvertinti Jonavos miesto CŠT vamzdynų eksploatacijos ypatumus, dėl įvairių priežasčių mažėjant šilumos energijos poreikiams, bei išnagrinėti žematemperatūrinio šilumos tiekimo taikymo perspektyvas Jonavos mieste.

Darbo uždaviniai:

- įvertinti daugiabučių namų modernizacijos poveikį šiluminės energijos poreikiui Jonavos mieste bei kitų CŠT sektorių darbui;
- parinktam Jonavos miesto vartotojų kvartalui įvertinti tiek vartotojų, tiek šilumos tiekimo tinklo darbo esamus bei perspektyvinius techninius – ekonominius rodiklius, pereinant prie žematemperatūrinio šilumos tiekimo;
- įvertinti šio kvartalo esamų šilumos tiekimo vamzdynų tinkamumą tiekti šilumą prie skirtingų termofikacinio vandens tiekimo temperatūrinių grafikų, įvertinti modernizacijos apimtis bei būtinas investicijas tokioms modernizacijoms atlikti;
- įvertinti techninius – ekonominius aspektus, keičiant esamus vamzdynus optimalių matmenų vamzdynais pasirinktam žematemperatūriniam tinklų darbo režimui;
- įvardinti galimas problemas, kurios gali atsirasti žeminant termofikacinio vandens temperatūrinį grafiką, bei galimas priemones šių problemų eliminavimui.

Atliekant techninius – ekonominius skaičiavimus, prisilaikyti reikalavimų, taikomų tokiems skaičiavimams atlikti pagal galiojančius norminius aktus.

Studentas	Audrius Jankauskas <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-02-01 <i>(Data)</i>
Baigiamojo projekto vadovas	Doc. dr. Juozas Gudzinskas <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-02-01 <i>(Data)</i>

Audrius Jankauskas. Šilumos tiekimo vamzdynų eksploatacijos ypatumai, mažėjant šilumos energijos poreikiams. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas doc., dr. Juozas Gudzinskas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Energijos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: centralizuotas šilumos tiekimas, ketvirtos kartos tinklas, žematemperatūrinis šilumos tiekimas.

Kaunas, 2022. 68 p.

### **Santrauka**

Darbe atlikta UAB „Jonavos šilumos tinklai“ esamos būklės analizė, kuri parodė, kad dėl diegiamų šiluminės energijos taupymo priemonių Jonavos miesto šiluminės energijos vartotojai ženkliai sumažino šiluminės energijos vartojimą. Todėl sunku mažinti santykinius šilumos nuostolius šilumos tiekimo tinkle, o taip pat atsiranda problemų, kai termofikacinio vandens srantai tampa mažesni nei projektiniai.

Darbe analizuojama, remiantis vakarų šalių patirtimi, galima priemonė mažinti santykinius šilumos nuostolius pereinant prie žematemperatūrinio šilumos tiekimo, t. y., mažinant termofikacinio vandens temperatūrinį grafiką. Tuo tikslu atliktas realaus miesto kvartalo vartotojų bei šilumos tiekimo tinklo darbo modeliavimas ir tokių galimų modernizacijų techninis – ekonominis įvertinimas, tiekiant šilumą prie įvairių termofikacinio vandens tiekimo temperatūrinių grafikų.

Būtina pabrėžti, kad vertinant vien tik tas investicijas, kurios būtų diegiamos į CŠT tinklo modernizavimą, atsipirkimo laikas būtų apie 19–30 metų, priklausomai nuo perspektyvinio temperatūrinio grafiko. Investicijos pas vartotojus, kurios būtų reikalingos prisitaikant prie žematemperatūrinio šilumos tiekimo, vertinamos nebuvo.

Būtent dėl šios priežasties galima daryti išvadą, jog žematemperatūrinis šilumos tiekimas esamose sistemose, jas modernizuojant, iššauktų pernelyg didelių investicijų poreikį. Todėl darbo išvadose teigiama, kad optimalios sąlygos taikyti žematemperatūrinį šilumos tiekimą būtų naujos statybos pastatuose, kurie būtų projektuojami tokios šildymo sistemos darbo sąlygoms.

Audrius Jankauskas. Peculiarities of Operation of Heat Supply Pipelines with Decreasing Heat Energy Needs. Master's Final Degree Project / supervisor doc., dr. Juozas Gudzinskas; Faculty of mechanical engineering and design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Energy Engineering.

Keywords: district heating, 4<sup>th</sup> generation district heating, low-temperature district heating.

Kaunas, 2022. 68 pages.

### **Summary**

The paper analyses the current situation of UAB "Jonavos šilumos tinklai", which shows that due to the implementation of thermal energy saving measures, thermal energy consumers in Jonava have significantly reduced their consumption of thermal energy. This makes it difficult to reduce the relative heat losses in the heat supply network, and also causes problems when the heat recovery water flows are lower than the design flow.

The paper analyses, based on the experience of western countries, a possible measure to reduce relative heat losses by switching to low-temperature heat supply, i.e. by reducing the temperature schedule of the heating water. To this end, modelling of the operation of real consumers and the heat supply network in the urban area and a techno-economic assessment of such possible upgrades to different temperature schedules of the heating water supply were carried out.

It should be stressed that if we consider only the investments that would be made in upgrading the CHP network, the payback period would be around 19–30 years, depending on the prospective temperature schedule. Investments at the consumers' end, which would be needed to adapt to low-temperature heat supply, have not been assessed here.

It is for this reason that it can be concluded that low-temperature heat supply in existing systems would lead to an excessive investment requirement when upgrading them. Therefore, the paper concludes that the optimum conditions for the use of low-temperature heat supply would be in new buildings that are designed for the operating conditions of such heating systems.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>10</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Centralizuoto šilumos tiekimo raida pasaulyje ir Lietuvoje .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Centralizuotas šilumos tiekimas Jonavos mieste .....</b>	<b>15</b>
2.1. Šilumos gamyba Jonavos mieste .....	15
2.2. Šilumos tiekimo tinklai Jonavos mieste .....	18
2.3. CŠT sistemos vartotojai Jonavos mieste .....	20
<b>3. Centralizuotos šilumos tinklų sistemos esami bei perspektyviniai techniniai – ekonominiai rodikliai .....</b>	<b>22</b>
3.1. Esami Jonavos miesto CŠT sistemos techniniai – ekonominiai rodikliai .....	22
3.2. Mažėjančio šiluminės energijos poreikio sukeltos problemos .....	25
3.2.1. Santykinių šilumos nuostolių didėjimas CŠT sistemoje .....	25
3.2.2. Termofikacinio vandens tekėjimo greičio mažėjimo išsuktos problemos.....	26
3.3. Darbo tikslo suformulavimas .....	29
<b>4. Žematemperatūrinio šilumos tiekimo tinklo perspektyvos Jonavos mieste .....</b>	<b>30</b>
<b>5. Žematemperatūriniam centralizuotam šilumos tiekimui atrinkto kvartalo charakteristika .....</b>	<b>35</b>
<b>6. Atrinkto kvartalo pritaikymas ŽCŠT.....</b>	<b>40</b>
6.1. Renovuotų pastatų šilumos poreikių įvertinimas.....	40
6.2. ŽCŠT vamzdynų skersmens parinkimas .....	42
6.3. Šiluminių nuostolių į aplinką apskaičiavimas skirtingiems temperatūriniais režimams .....	44
6.4. Karšto buitinio vandens gamybos problematika.....	48
6.5. Trečio vamzdžio reikalingumas.....	51
<b>7. ŽCŠT įdiegimo techninis – ekonominis įvertinimas: investicijų atsiperkamumas .....</b>	<b>53</b>
<b>Išvados .....</b>	<b>57</b>
<b>Literatūra .....</b>	<b>58</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>61</b>
1 priedas. Šiluminės energijos tiekimas, suvartojimas, nuostoliai 2008–2021 m.....	62
2 priedas. Vamzdynų parinkimo skaičiavimas Logstor StaTech 2.3.2 programa.....	63
3 priedas. Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos šilumos perdavimo vamzdynų nuostolių skaičiuoklė.....	67



## Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Jonavos rajoninės katilinės techniniai duomenys.....	16
2.2 lentelė. Girelės rajoninės katilinės techniniai duomenys.....	16
2.3 lentelė. Girelės RK ir Jonavos RK eksploatuojamų kondensacinių ekonomizerių duomenys.....	17
2.4 lentelė. Jonavos miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklo vartotojų skaičiaus kaita.....	19
3.1 lentelė. Jonavos rajoninės katilinės kuro balansas ir šilumos gamyba.....	22
3.2 lentelė. Girelės rajoninės katilinės kuro balansas ir šilumos gamyba.....	23
4.1 lentelė. UAB „Jonavos šilumos tinklai“ tiekiamo ir grąžinamo šilumnešio (100–48 °C) temperatūrinis grafikas.....	31
4.2 lentelė. Kvartaluose įrengtų grupinių boilerinių aptarnaujamų pastatų duomenys.....	32
5.1 lentelė. Analizuojamos miesto dalies termofikacinio vandens tiekimo vamzdyno techniniai duomenys.....	35
5.2 lentelė. Renovuotų namų duomenys.....	36
5.3 lentelė. Gyvenamųjų namų energijos suvartojimo pokytis.....	37
6.1 lentelė. Kvartalo pastatų faktiniai energijos suvartojimo kiekiai ir galia.....	40
6.2 lentelė. Apskaičiuoti optimalūs vamzdžių skersmenys skirtingiems temperatūriniams režimams.....	42
6.3 lentelė. Vidutinė lauko oro bei grunto 1,2 metro gylyje temperatūros.....	45
6.4 lentelė. Šiluminės energijos nuostoliai į gruntą per metus.....	46
6.5 lentelė. Legionella bakterijų elgesys priklausomai nuo vandens temperatūros ir laiko.....	47
7.1 lentelė. Šiluminės energijos nuostoliai į gruntą finansine išraiška.....	52
7.2 lentelė. Keičiamų vamzdžių kaina analizuojamame kvartale.....	53

## Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Vytauto Didžiojo universiteto klinikos.....	11
1.2 pav. Vytauto Didžiojo universiteto klinikų šilumos tinklų schema. Katilinė buvo įrengta Ūkio rūmuose.....	12
1.3 pav. Kauno klinikų katilinėje stovintis garo katilas „Gebruder Wagner“.....	12
2.1 pav. Jonavos mieste esančios katilinės.....	14
2.2 pav. Jonavos mieste esantys šilumos tiekimo tinklai ir šilumos tiekimo zonos.....	18
3.1 pav. Tiekiamos šilumos kiekis į tinklus.....	21
3.2 pav. Šiluminės energijos nuostoliai absoliutine verte, MWh.....	24
3.3 pav. Šiluminės energijos nuostoliai procentine verte.....	25
3.4 pav. Stratifikacija vamzdžiuose.....	27
4.1 pav. Centralizuotos šilumos tiekimo tinklų kartos.....	29
4.2 pav. Miesto planas su kvartalus aptarnaujančiomis boilerinėmis.....	33
5.1 pav. Kosmonautų rajono pastatų, prijungtų prie boilerinės Nr. 1 schema.....	34
5.2 pav. Nagrinėjamo kvartalo pastatų skaičiuotina galia šildymui prieš renovaciją ir po renovacijos.....	38
6.1 pav. Tiekiamas šiluminės energijos kiekis atskirose centralizuoto šilumos tiekimo vamzdyno atkarpose.....	41
6.2 pav. Grunto temperatūra 1,2 m gylyje atskirais metų mėnesiais.....	46
6.3 pav. Šiluminės energijos nuostoliai į gruntą per metus, tiekiant šilumą skirtingais temperatūriniais grafikais tam tikslui tinkamai parinktų matmenų vamzdžiais.....	47
6.4 pav. Karšto buitinio vandens pašildymo schema su akumuliacine talpa.....	50
6.5 pav. Trijų vamzdžių šilumnešio tiekimo sistema.....	51

## Įvadas

Centralizuoto šilumos tiekimo tinklas yra patogus būdas užtikrinti saugų, patikimą ir nenutrūkstamą šilumos bei karšto vandens tiekimą vartotojams. Pasaulyje vykstanti klimato kaita, orų pokyčiai bei kiti globalūs reiškiniai palietė ir transformavo daugelį ūkio sričių. Viena iš jų - šiluminės energijos tiekimas. Siekis racionaliai ir efektyviai naudoti gamtos išteklius tausojant aplinką, centralizuoto šilumos tiekimo įmonės bei technologinės įrangos gamintojus skatina taikyti naujas technologijas, naudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, diegti efektyvesnius technologinius procesus, optimizuoti temperatūrinius režimus.

Jonavos centralizuoto šilumos tiekimo įmonė, prisitaikydama prie pokyčių, ieško naujų galimybių bei diegia įvairias priemones šiluminės energijos gamybos ir tiekimo efektyvumui didinti bei šiluminės energijos kainai mažinti. Pasaulinėje praktikoje siūlomos įvairios šiluminės energijos tiekimo efektyvumą didinančios priemonės. Šiame darbe analizuojama galimybė taikyti žematemperatūrinį šilumos tiekimą Jonavos miesto sąlygomis, konkrečiai vartotojų grupei su faktinėmis vartotojų charakteristikomis (maksimaliomis galiomis, šilumnešių temperatūromis, šrautais ir t. t.).

Darbe atliktiems skaičiavimams bei vertinimams autorius taikė norminių teisės aktų rekomenduojamas metodikas (pvz., Šilumos nuostolių nuo šilumos tiekimo tinklo nustatymo metodika) bei įrangos gamintojų siūlomas praktinio taikymo programas.

Darbe analizuojamos problemos, kurios atsirado ir dar gali atsirasti šilumos tiekimo tinkle ir pas vartotojus, žymiai mažėjant šilumos tiekimo tinklo apkrovimui, bei aptariamoms galimos priemonės, kurios galėtų būti taikomos, siekiant išvengti neigiamų pasekmių dėl pokyčių CŠT tinkle.

Analizės rezultate įvertintas šiluminės energijos nuostolių dėl šilumos tiekimo tinklo mažinimo efektas, įvertintos būtinosios investicijos tokiai modernizacijai įgyvendinti bei paskaičiuotas investicijų atsipirkimo laikas.

## 1. Centralizuoto šilumos tiekimo raida pasaulyje ir Lietuvoje

Šiaurinėje Europos dalyje esančioje Lietuvoje keturi metų laikai yra kontrastingi – žiemos metu pastatai turi būti šildomi, vasaros metu daugelis pastatų neišsiverčia be vėsinimo (pvz. prekybos centrai, ligoninės ir t. t.). Suprantama, tiek šildymo, tiek vėsinimo paslaugos vartotojams kainuoja, ir tos kainos didžiąją dalį sudaro įrangos bei energnešių (kuro, elektros energijos ir kt.) kainos.

Pirmieji aprašyti šiluminės energijos šaltiniai yra laužai, ugniakurai, židiniai, krosnys. Jais buvo šildomi atskiri pastatai ar net atskiros pastatų patalpos. „Augant miestams atsirado poreikis statyti daugiaaukščius pastatus. Nerekomenduojama prie vieno dūmtakio sienoje jungti daugiau kaip dvi krosnis, kad nesutriktų trauka. Tačiau daugiaaukščiame pastate gausūs dūmtakiai sienose kelia abejonių dėl pastato tvirtumo, be to, kurą reikia užnešti, pelenus išnešti ir pan. Todėl XIX a. pabaigoje krosnis pradėjo keisti patogesnis, nereikalaujantis rankų darbo, efektyvesnis, pigesnis ir gaisro požiūriu visiškai saugus centralizuotas vandeninis šildymas [1]“.

Technologinė pažanga bei gerėjantis gyvenimas įtakoją tai, kad žmonės ėmė daugiau dėmesio skirti gyvenimo kokybei: patogumui, saugumui ir kt. „Yra žinoma, kad dar 1594 metais anglas Hugh Plat pasiūlė centralizuotą garinio šildymo sistemą šiltnamiams, bet tai išskirtinis atvejis. Tik XVIII a. vandeninis centralizuotas šildymas pradėtas naudoti valdovų rūmų šildymui, pvz., su porceliano vamzdžiais carų vasaros rezidencijoje Sankt Peterburge 1714 metais [1]“. Tai pirmieji centralizuoto šilumos tiekimo pavyzdžiai, kai šilumos tiekimas vyko pagamintą šilumą tiekiant perdavimo tinklais. Po 100 metų, atpigusi ir paprastesnė metalo vamzdžių gamyba lėmė, kad vis daugiau svarbių pastatų buvo sujungti vamzdynais, šilumą tiekiant centralizuotai.

Lietuvoje seniausia centralizuoto šilumos tiekimo sistema, atitinkanti CŠT sistemos apibūdinimą (šilumos šaltinis tiekia šilumnešį mažiausiai dviem atskirai pastatytiems pastatams šilumotiekiu, t. y., vamzdžiais), yra tarpukariu statytos Vytauto Didžiojo universiteto klinikos (dabar Lietuvos sveikatos mokslų universiteto klinikos, toliau – Kauno klinikos) (žr. 1.1 pav.).

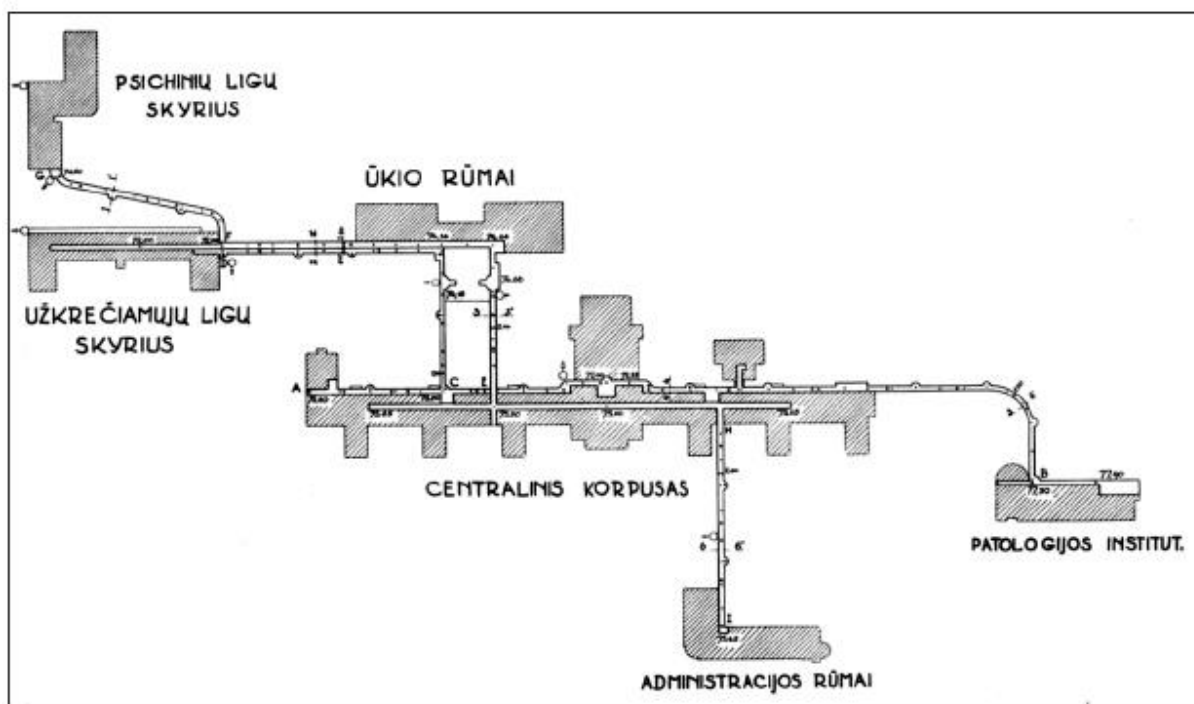
1938–1939 m. pastatytų Kauno klinikų plotas siekė 160 tūkst. m<sup>2</sup>, o tai maždaug atitinka Ignalinos, Pakruojo ar Trakų gyvenamosios ir viešosios paskirties pastatų plotą [2].



1.1 pav. Vytauto Didžiojo universiteto klinikos [2]

Lietuvos centrinėje valstybės archyve yra išlikusių Kauno klinikų katilinės techninių dokumentų (žr. 1.2 pav.) ir Vytauto Didžiojo universiteto klinikų Statybos komisijos posėdžių protokolų. Šiuose dokumentuose pateikta informacija atskleidžia, kad Kauno klinikų katilinėje buvo gaminama

šiluminė energija šildymui ir vėdinimui, karštas buitinis vanduo ir garas technologijai – skalbyklai, dezinfekcijos kameros, virtuvės įrenginiams, operacinėse esantiems sterilizatoriams. Katilinės pastatą su įrenginiais suprojektavo inžinierius Jonas Jasiukaitis ir Vokietijos įmonės „J.S.Fries Sohn“ specialistai. Kauno klinikų ūkiniame korpuse buvo sumontuoti trys „Gebruder Wagner Dampfkesselfabrik und Feuerungsbau“ firmos vandens vamzdžių katilai su paslankiu ardynu. Darbinis katilų garo slėgis – 12 atm., našumas po 2850–3560 kg/h garo, tai atitinka 2,5 MW katilinės galią. 1939 m. birželio 12 d. pranešta, kad katilai jau išbandyti bandomuoju apkrovimu. Taigi, 1939 m. birželio 12 dieną galima laikyti centralizuoto šilumos tiekimo Lietuvoje veiklos pradžia [2].



**1.2 pav.** Vytauto Didžiojo universiteto klinikų šilumos tinklų schema. Katilinė buvo įrengta Ūkio rūmuose [2]

Šiuo metu Kauno klinikų katilinėje sumontuoti ir veikia dujiniai katilai. Taip pat atvestas AB „Kauno energija“ šilumos tiekimo vamzdynas kaip rezervinė linija. O vienas senasis „Gebruder Wagner“ katilas (žr. 1.3 pav.) išsaugotas kaip istorinis eksponatas ir šiuo metu neeksploatuojamas.



**1.3 pav.** Kauno klinikų katilinėje stovintis garo katilas „Gebruder Wagner“ [3]

Centralizuotos šilumos tiekimo raida Lietuvoje prasidėjo pokariu ir vystėsi vis didėjančiu pagreičiu. Pirmieji katilinių aptarnaujami objektai buvo įmonės, gamyklos. Vėliau, pastebėjus centralizuoto šilumos tiekimo efektyvumą, šilumos perdavimo tinklais buvo sujungti ir gyvenamieji kvartalai. 1947 m. birželio 7 d., Kaune iš Petrašiūnų šiluminės elektrinės buvo pradėtas tiekti garas popieriaus fabrikui. 1948 m. iš šios elektrinės pradėtas tiekti ir karštas vanduo gyvenamiesiems namams Tunelio g. (dabar K. Baršausko g.) šildyti. Pagal kitą įrašą „LŠTA puslapyje: „1957 Lietuvoje (Vilniuje) pradėjo veikti centralizuoto šilumos tiekimo sistema“, galima suprasti, kad iki tų metų Lietuvoje tokios sistemos nebuvo. „Šiaulių energijos“ puslapyje reiškia kitokia nuomonė: „1955 m. rugpjūčio mėnesį iš elektrinės (Rėkyvos) nutiesta 0,8 km ilgio, 89 mm skersmens šiluminė trasa į Rėkyvos gyvenvietę, kurios šilumos vartotojų instaliuota galia siekė vos 600 kW“. Tačiau tai buvo centralizuotos termofikacijos pradžia. Vilniuje pirmasis pastatas prie centralizuotų šilumos tinklų buvo prijungtas tik 1956 m, Kaune centralizuotas šilumos tiekimas pradėtas 1963 m. [2]“.

Apibendrinant, Lietuvos šiluminės energetikos vystymosi raidoje pirmasis centralizuoto šilumos tiekimo etapas prasidėjo dar prieš Antrąjį pasaulinį karą. Tuo metu technologinė raida arba buvo pristabdyta, arba nėra (neskelbiama) duomenų. Antrasis etapas apėmė pokarinį laikotarpį, t. y. 1950–1960 m., kai atsigaunant ekonomikai, aktyvėjo centralizuoto šilumos tiekimo vystymasis. Būtent šiame etape buvo padėti pagrindai šių dienų centralizuotam šilumos tiekimui Lietuvoje.

Šiuo metu centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sektorius Lietuvoje užima daugiau kaip 50 proc. visos šilumos rinkos, miestuose šis santykis yra didesnis – apie 70–80 proc. visų pastatų. Likusi dalis – individualiai besišildantys vartotojai, daugiausiai naudojantys gamtinių dujų arba kieto kuro katilus. 2020 metais Lietuvoje veiklą vykdė 49 valstybės licencijuojamos šilumos tiekimo įmonės, kurios į tinklus patiekė 8,02 TWh šiluminės energijos. CŠT gamybos rinkoje veikė 19 nereguliuojamų bei 26 reguliuojami nepriklausomi šilumos gamintojai (NŠG), iš kurių 2020 metais buvo nupirkta 38 proc. visos į tinklą patiektos šilumos (4 proc. daugiau nei 2019 metais) [4].

Pagrindiniai centralizuotai tiekiamos šilumos vartotojai yra gyventojai, gyvenantys daugiabučiuose namuose, kurie bendroje vartotojų struktūroje sudaro 75 proc. (5002 GWh), likusią rinkos dalį apylygiai užima: biudžetinės organizacijos – 10 proc. (636 GWh), verslo/pramonės įmonės – 15 proc. (1044 GWh). Iš beveik 28,3 tūkst. centralizuotai aprūpinamų šiluma pastatų 18,4 tūkst. (apie 711 tūkst. butų) yra daugiabučiai namai [4].

Lietuvoje yra įrengta apie 2500 kilometrų centralizuoto šilumos tiekimo tinklų. Jie yra nuolatos tikrinami, atnaujinami. Plečiantis miestams, naujiems vartotojams tiesiami nauji vamzdiniai.

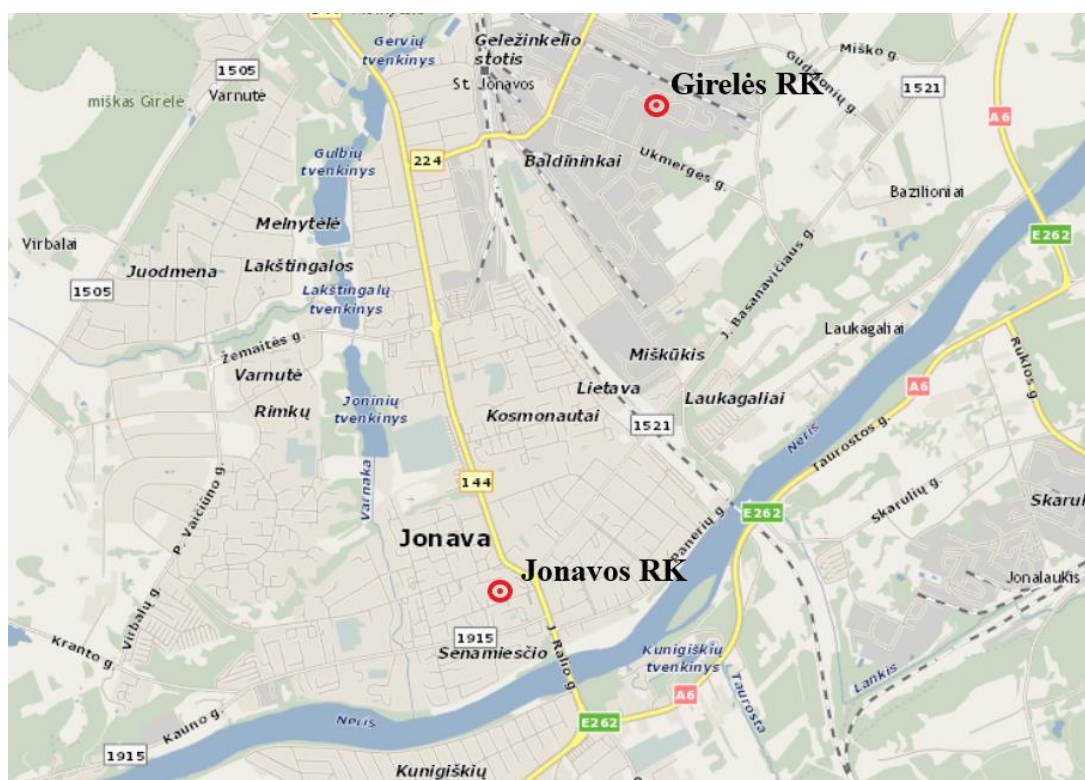
Jeigu seniau šiluminės energijos gamybos procese buvo deginami naftos produktai (mazutas ar dujos), tai šiuo metu Lietuvoje pereinama prie atsinaujinančios energijos šaltinių. Katilai kūrenami biomase: mažos galios katilai – medienos ar šiaudų granulėmis, didelės galios – medžio drožlėmis. Siekiant optimizuoti kuro suvartojimą, įrengiamos kogeneracinės elektrinės, kuriose gaminama tiek elektros, tiek ir šilumos energija. Pagaminta šiluma (gaminant elektros energiją, tai yra tarsi šalutinis produktas), naudojama pastatams šildyti. Skatinant energetinį tvarumą, pereinama prie žiedinės ekonomikos principų. Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje jau veikia arba yra statomos komunalinių atliekų deginimo kogeneracinės jėgainės. Rengiami projektai akumuliacinėms talpoms įrengti, užtikrinant biokuro katilų darbą optimaliu režimu. Taip pat skatinamas saulės sugeneruotos šiluminės energijos kaupimas, įrengiant terminius saulės kolektorius ir šilumos akumuliacines talpas.

## 2. Centralizuotas šilumos tiekimas Jonavos mieste

### 2.1. Šilumos gamyba Jonavos mieste

Akcinė bendrovė „Jonavos šilumos tinklai“ įsteigta 1997 m. rugpjūčio 19 dieną, reorganizavus AB „Lietuvos energiją“. Bendrovės savininkė ir vienintelė akcininkė – Jonavos rajono savivaldybės taryba. Nuo 2019 m. rugpjūčio 19 d. akcinės bendrovės „Jonavos šilumos tinklai“ juridinis vardas yra pakeistas ir įregistruotas naujasis įmonės pavadinimas Uždaroji akcinė bendrovė „Jonavos šilumos tinklai [5]“.

Jonavos ir Girelės rajoninės katilinės (žr. 2.1 pav.) yra pagrindiniai centralizuotai tiekiamos šilumos gamybos šaltiniai Jonavos mieste. Jonavos rajoninės katilinės šiluma gaminama ir tiekama Jonavos miestui nuo 1964 metų, Girelės rajoninės katilinės – nuo 1974 metų.



2.1 pav. Jonavos mieste esančios katilinės

2002 metais pradėta eksploatuoti Žemių seniūnijos Kuigalių gyvenvietės šiaudais kūrenama katilinė ir Kuigalių šilumos tiekimo trasos.

2003 m. pradžioje bendrovė perėmė Ruklos gyvenvietės katilinę su šilumos ir karšto vandens tiekimo sistemomis. Perėmus Ruklos šilumos ūkį, atlikta Ruklos gyvenvietės gyvenamųjų daugiabučių namų šilumos punktų renovacija, panaikinta keturvamzdė karšto vandens tiekimo sistema skirta vartotojams.

2005 m., pasinaudojus LAAIF (Lietuvos aplinkos aplinkosaugos investicijų fondo) parama, rekonstravus Ruklos katilinę, vietoje senų, neefektyviai dirbusių katilų, buvo įrengti du nauji automatizuoti vandens šildymo katilai su kondensaciniais ekonomizeriais ir moduliaciniais dujiniais degkliais.

2014 metais pradėti Kuigalių katilinės rekonstravimo darbai. Vietoje senų šiaudais kūrenamų katilų sumontuoti du nauji, po 150 kW, medienos/šiaudų granulėmis kūrenami vandens šildymo katilai. Šiuo metu gyvenvietėje šildomi tik du objektai: bendruomenės centras ir Barupės pagrindinė mokykla. Kuigaliuose, kaip ir Jonavos mieste, centralizuoto šilumos tiekimo tinklai buvo atnaujinami etapais, keičiant avaringiausias atkarpas. Darbai buvo vykdomi iki 2014 metų ir visas naudojamas vamzdynas buvo pakeistas į pramoniniu būdu izoliuotus vamzdžius.

Panaudojus Europos fondų paramą buvo atlikta ir daugiau atnaujinimų UAB „Jonavos šilumos tinklai“ ūkyje. Šiuo metu Girelės rajoninėje katilinėje sumontuoti ir veikia vienas 10 MW ir du po 5 MW katilai, kūrenami medžio drožlėmis su 5 MW kondensaciniu ekonomaizeriu bei vienas 10 MW katilas su 1 MW kondensaciniu ekonomaizeriu, kūrenamas dujomis. Taip pat yra 2,8 MW garo katilas, kūrenamas dujomis, kuris šiuo metu užkonservuotas. Jonavos rajoninėje katilinėje sumontuoti du dujiniai vandens šildymo katilai: 10 MW su 1,004 MW kondensaciniu ekonomaizeriu ir 18 MW su 1,8 MW kondensaciniu ekonomaizeriu bei galimybe kūrenti ir skystą kurą. Taip pat yra rezervinis dujomis kūrenamas 3,4 MW garo katilas. 2018 m. šioje katilinėje įrengtas 10 MW galios šilumokaitis, kuris leidžia sumažinti dujų suvartojimą apatinėje miesto dalyje ir perduoda biokuro katiluose pagamintą šilumos energiją apatinei miesto daliai.



**2.1 lentelė.** Jonavos rajoninės katilinės techniniai duomenys

Eil. Nr.	Duomenys (katilo numeris katilinėje)	Katilo modelis (tipas)	Nominali galia		Katilo galia pagal kuro rūšį, MW		Katilo n. v. k., %	Našumo reguliavimo diapazonas proc.	Katilo sumontavimo metai (rekonstrukcijos metai)	Pastabos (katilas rezervinis, užkonservuotas, numatomas demontuoti, planuojama rekonstrukcija, keitimas ir t. t.)
			MW	t/h, garo	Biokuras	Gamtinės dujos				
1.	K – 1	ICI CALDAEI GX 3000	3,4	5,1	x	3,4	93,0	22 – 100	2007	Rezervinis (Jei reikia)
2.	K – 2	LOOS INTERNATIONAL UT-L 50	10	x	x	10	96,0	14 – 100	2008	Dirba
3.	K – 6	BBS GmbH HWK 18000-16-300-05	18	x	x	18	90,98	18 – 100	2011	Dirba

**2.2 lentelė.** Girelės rajoninės katilinės techniniai duomenys

Eil. Nr.	Duomenys (katilo numeris katilinėje)	Katilo modelis (tipas)	Nominali galia		Katilo galia pagal kuro rūšį, MW		Katilo n. v. k., %	Našumo reguliavimo diapazonas proc.	Katilo sumontavimo metai (rekonstrukcijos metai)	Pastabos (katilas rezervinis, užkonservuotas, numatomas demontuoti, planuojama rekonstrukcija, keitimas ir t. t.)
			MW	t/h, garo	Biokuras	Gamtinės dujos				
1.	K – 1	COCHRAN WEE CHIEFTAIN 6	2,8	4,5	x	2,8	89,95	20 – 100	1999	Katilas užkonservuotas
2.	K – 3	GM-HHB 10 000	10	x	x	10	94,28	20 – 100	2019	Dirba
3.	BK2	VHB 5000 (P1309)	5	x	5	x	90,5	26 – 100	2013	Dirba
4.	BK3	VHB 5000 (P1310)	5	x	5	x	88,6	26 – 100	2013	Dirba
5.	BK1	VHB 10000	10	x	10	x	88,9	30 – 100	2013	Dirba

### 2.3 lentelė. Girelės RK ir Jonavos RK eksploatuojamų kondensacinių ekonomizaizerių duomenys

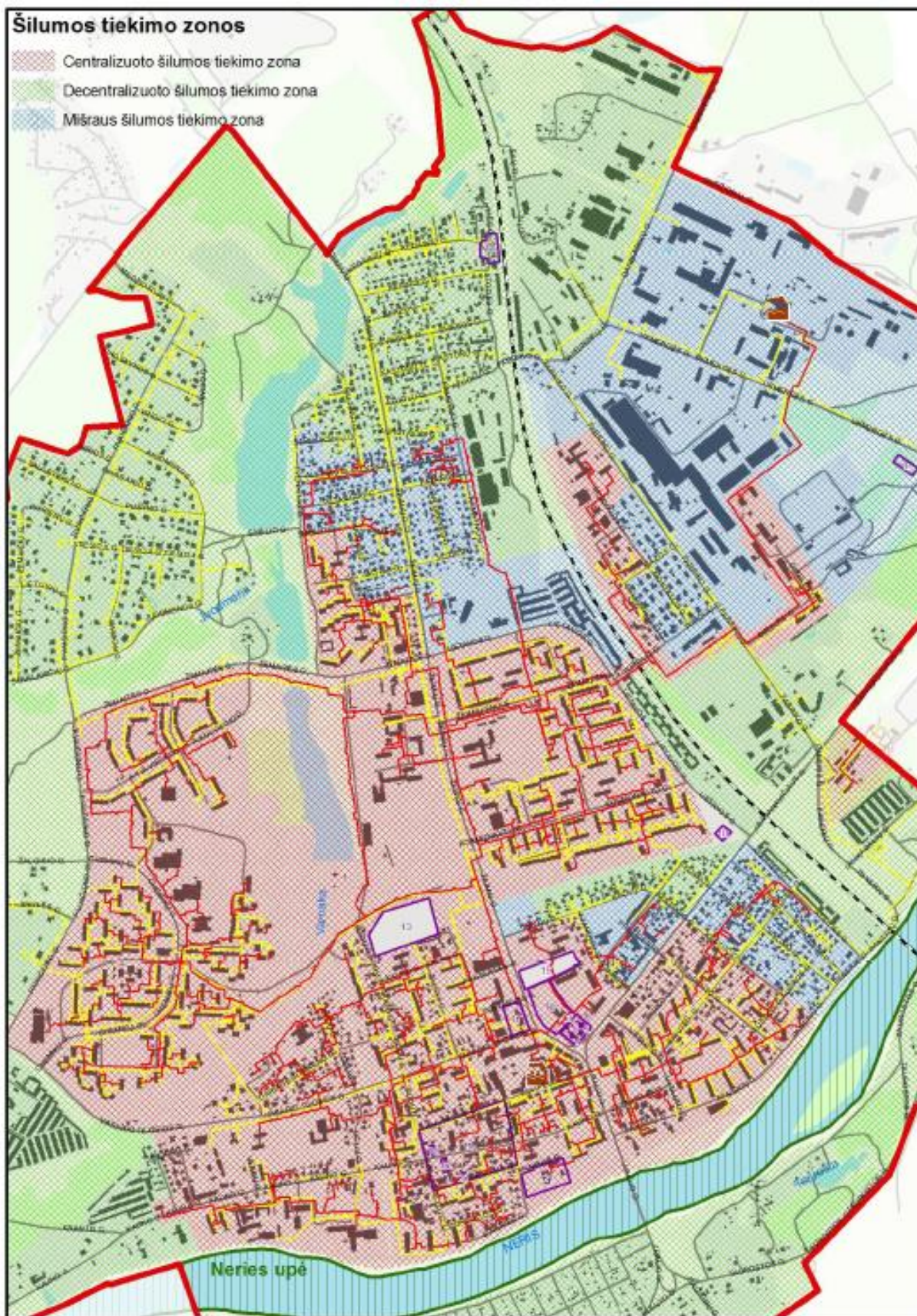
Eil. Nr.	Jonavos šilumos tinklų eksploatuojamų kondensacinių ekonomizaizerių duomenys	Galia, MW
1.	Kondensacinis ekonomizaizeris Jonavos RK prie dujomis kūrenamo K–6 katilo	1,8
2.	Kondensacinis ekonomizaizeris Jonavos RK prie dujomis kūrenamo K–2 katilo	1
3.	Kondensacinis ekonomizaizeris Girelės RK prie biokuro katilų BK1, BK2, BK3	5
4.	Kondensacinis ekonomizaizeris Girelės RK prie dujomis kūrenamo K-3 katilo	1

### 2.2. Šilumos tiekimo tinklai Jonavos mieste

Jonavos miesto gyvenamųjų ir negyvenamųjų pastatų šildymo sistemos projektuojamos pagal miesto savivaldybės patvirtintą šilumos tiekimo zonų planą (2.2 pav.). Šiame plane šilumos tiekimas Jonavos mieste organizuojamas pagal centralizuoto, decentralizuoto ir mišraus šilumos tiekimo zonas. Į centralizuoto šilumos tiekimo zoną patenka miegamieji rajonai ir senoji miesto dalis. Decentralizuoto šilumos tiekimo zoną apima priemiestis, naujai statomi, nuo centralizuoto šilumos tiekimo tinklo nutolę pastatai. Mišraus šilumos tiekimo zonai priklauso privačių gyvenamųjų namų kvartalai, išsidėstę šalia centralizuotų šilumos tiekimo tinklų bei pramoninis miesto rajonas.

Istoriškai centralizuotai tiekiamos šilumos šaltiniai ir šilumos perdavimo tinklas Jonavoje buvo projektuoti tikintis intensyvaus Jonavos miesto pramonės ir naujų gyvenamųjų mikrorajonų augimo. Atkūrus Nepriklausomybę Lietuvoje, prognozė neišsipildė, nes centralizuotos šilumos poreikiai nepasiekė projektinių skaičiavimų. Ši situacija neleido maksimaliai išnaudoti projektinių gamybinių pajėgumų, nepasiektas maksimalus šilumos šaltinių efektyvumas, o didelis eksploatuojamų tinklų pralaidumas, lyginant su šilumos poreikiu, lėmė nemažus šilumos perdavimo nuostolius tinkluose. Jonavos miesto centralizuotą šilumos ūkį valdanti bendrovė „Jonavos šilumos tinklai“ ėmėsi priemonių eksploatuojamų tinklų pralaidumui mažinti ir 2007 metais gavusi iš LVPA (Lietuvos verslo paramos agentūros) 1,125 mln. litų paramą, pakeitė apie 1 km šiluminės trasos tarp Jonavos miesto viršutinės ir apatinės dalies, keičiant esamus vamzdynus į optimalaus, vartotojų šilumos poreikius atitinkančio skersmens vamzdynus su gera šilumos izoliacija. Po šio projekto bendrovė ir toliau aktyviai keitė esamus vamzdynus naujais. Kasmet pakeičiama nuo 1 iki 1,5 km centralizuoto šilumos tiekimo skirstomųjų tinklų vamzdžių. Iki šiandien, pasitelkus paramas ir investavus savas lėšas, Jonavoje jau yra pakeisti visi magistraliniai vamzdynai (išskyrus vieną 250 metrų sužiedinimo atšaką) į vamzdžius su poliuretanine izoliacija – pramoniniu būdu izoliuotais vamzdžiais, parenkant optimalius vamzdžių skersmenis pralaidumui, atsižvelgiant į reikiamą ir numatomą šiluminės energijos poreikį mieste.

Šiuo metu Jonavos mieste yra 46,519 km vamzdynų, iš kurių UAB „Jonavos šilumos tinklams“ priklauso 35,04 km. Likę 11,479 km priklauso privatiems asmenims arba yra bešeimininkiai. Iš visos vamzdynų dalies, 22,806 km jau yra atnaujinta į vamzdžius su poliuretano izoliacija ir tai sudaro 49 % viso vamzdyno. Vamzdynų atnaujinimo darbai tęsiasi.



2.2 pav. Jonavos mieste esantys šilumos tiekimo tinklai ir šilumos tiekimo zonos

### 2.3. CŠT sistemos vartotojai Jonavos mieste

Jonavos miesto centralizuotos šilumos tiekimo tinklo vartotojų skaičius per pastarąjį dešimtmetį keitėsi nežymiai. Vartotojų skaičiaus svyravimus daugiausiai įtakojo privačių namų atsijungimai nuo centralizuoto šilumos tiekimo tinklo.

**2.4 lentelė.** Jonavos miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklo vartotojų skaičiaus kaita

Metai	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Daugiabučiai namai	313	313	310	310	310	315	315	315	316	316
Individualūs namai	104	104	103	103	112	120	120	120	128	130
Biudžetinės organizacijos	53	46	46	46	46	46	45	45	46	46
Verslo įmonės	41	41	40	40	40	39	39	38	37	37
<b>Iš viso</b>	<b>511</b>	<b>503</b>	<b>499</b>	<b>499</b>	<b>508</b>	<b>520</b>	<b>519</b>	<b>518</b>	<b>527</b>	<b>529</b>

Analizuojant Jonavos miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklo vartotojų skaičiaus kaitą (žr. 2.4 lentelę) matyti, kad 2021 metais didėjo vartotojų – biudžetinių organizacijų skaičius. Šiai situacijai įtakos turėjo UAB „Jonavos šilumos tinklai“ perimta rajoninių mokyklų bei kitų įstaigų šilumos ūkio priežiūra. 2016–2017 metais individualių namų šilumos vartotojų skaičiaus mažėjimą įtakojo bendrovės vykdytas tikslinių vartotojų inventorizavimas. Centralizuoto šilumos tiekimo vartotojų skaičiui reikšminga ir ta aplinkybė, kad didžioji dauguma individualių namų vartotojų savo namuose turi papildomą šiluminės energijos gamybos šaltinį, todėl šildymo būdą renkasi pagal poreikį bei kainą ir labai dažnai centralizuoto šilumos tiekimo paslaugos nepasirenka arba tinklai paliekami rezervui. Kita vertus, per ilgą laiką susidėvėjus privatiems vamzdynams, jų remonto kaštai išauga, todėl individualių namų savininkai atsisako centralizuoto šilumos tiekimo paslaugos.

Pagrindinė šiluminės energijos poreikio mažėjimo priežastis yra daugiabučių namų renovacija, kvartalinių tinklų keitimas į naujus vamzdžius su poliuretano izoliacija. Taip pat įmonių ir organizacijų naudojami mažos galios šilumos siurbliai, pajėgūs patalpas šildyti pereinamuoju rudens ir pavasario sezonu. „Jonavos mieste aktyvus renovacijos procesas prasidėjo dar 2008 m., kai rajono savivaldybė pradėjo įgyvendinti probleminės teritorijos plėtros programą per Vidaus reikalų ministeriją. Vienas šios programos tikslų buvo daugiabučių renovavimas, tad Jonavoje jau 2010 m. atsirado pirmieji renovuoti daugiabučiai. Iki aktyvios valstybinės renovacijos skatinimo politikos pradžios 2013 m. Jonavoje jau buvo virš 20 renovuotų daugiabučių. Jonavos mieste yra 300 daugiabučių – pusė jų jau atnaujinti, dar 10 proc. pradėję procesus, šiuo metu atliekama renovacija arba rengia dokumentus [6]“.

2022 metų kovo mėnesio duomenimis iš Jonavos mieste esančių 274 daugiabučių 40 yra renovuoti pagal Vidaus Reikalų Ministerijos administruotą programą, 104 renovuoti, finansuojant iš daugiabučių namų modernizavimo fondo, dar 36 šiuo metu renovuojami arba vyksta dokumentų paruošimo procesas. Įvykdžius šiuos projektus, Jonavoje bus modernizuota 65 % miesto daugiabučių.

Šiluminės energijos gamybos poreikio mažėjimą įtakoja keletas veiksnių. Tam turi įtakos ir klimatinės sąlygos, tačiau didžiausią įtaką turi būstų šiltinimas ir šilumos perdavimo sistemų modernizavimas. Dėl

šių veiksmų šilumos gamyba nuo 2008 metais pagamintų 160 266 MWh šiai dienai (2021 m.) sumažėjo iki 120 000 MWh, taigi sumažėjimas sudaro ketvirtadalį (25 %) buvusio poreikio.

Šiluminės energijos sutaupymas atskiram daugiabučiui priklauso nuo atliktos modernizacijos tipo ir buvusios bei pasiektos energetinės klasės. Vidutiniškai tai sudaro 50–70 MWh per metus vienam vidutiniam daugiabučiui pastatui ir atitinka 20–30 % nuo iki modernizacijos naudotos šiluminės energijos. Platesnė analizė šiuo klausimu pateikta kituose skyriuose.

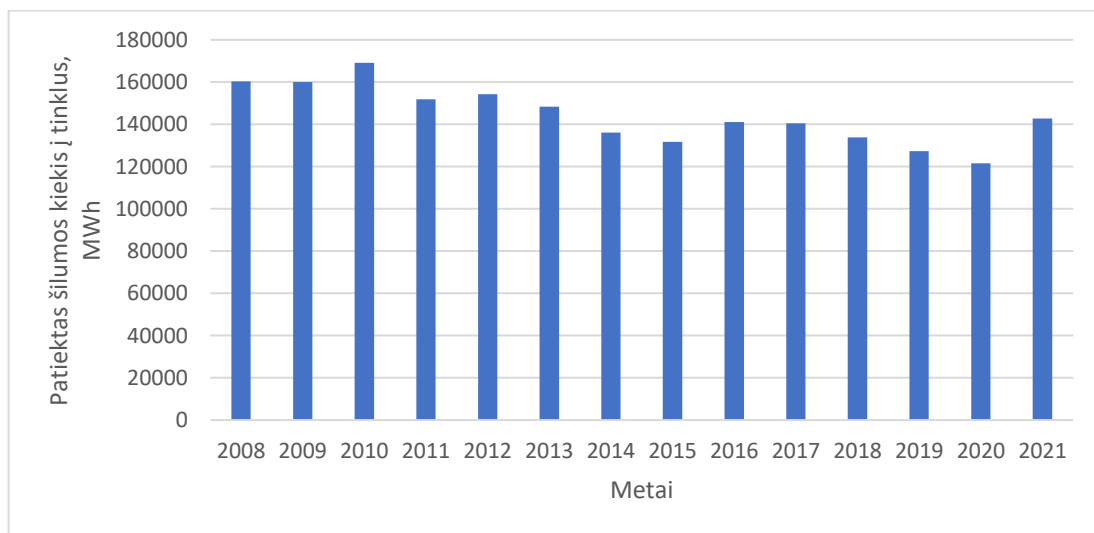
### 3. Centralizuotos šilumos tinklų sistemos esami bei perspektyviniai techniniai – ekonominiai rodikliai

#### 3.1. Esami Jonavos miesto CŠT sistemos techniniai – ekonominiai rodikliai

Šiluminės energijos nuostoliai šilumos tiekimo tinkluose sudaro reikšmingą dalį nuo tiekiamo energijos kiekio į tinklus. Jie susidaro dėl šilumos nuostolių į gruntą ir jų dydį įtakoja kelios priežastys. Pirmoji priežastis - tai senų vamzdynų bei jų šiluminės izoliacijos būklė. Keičiant, remontuojant vamzdynus, sumontuotus 1960–1970 metais, randama, kad šiluminė izoliacija dėl oro ir drėgmės poveikio yra nekokybiškai sumontuota, pažeista ar visai nukritusi nuo vamzdžio. Atsižvelgiant į tai, UAB „Jonavos šilumos tinklai“ nuo 1993 metų šilumos tiekimo vamzdynų remontui, renovacijai ir vamzdynų keitimui pradėjo naudoti metalinius pramoniniu būdu izoliuotus vamzdžius su poliuretano putų izoliacija polietileno vamzdžio apvaskale. Pramoniniu būdu izoliuoti gaminami ne tik vamzdžiai, bet visos jų fasoninės dalys: alkūnės, skersmenų reduktoriai, nejudamos atramos, trišakiai, uždarojami bei reguliuojamoji armatūra. Gaminiai ir visos jų sudedamosios dalys yra standartizuoti ir atitinka Europos darniuosius standartus. Šiuo metu Jonavos mieste iš 46,519 km tinklų yra pakeista 22,806 km šilumos tiekimo tinklų, todėl vamzdžio šilumos nuostoliai į aplinką kasmet mažėja. Nuo 2008 metų iki 2021 metų tiekimo nuostoliai sumažėjo nuo 20,4 % iki 15,3 %. Tai didžiąja dalimi lėmė šilumos tiekimo vamzdynų modernizavimas ir optimizavimas.

Prasta vamzdynų būklė nėra vienintelė priežastis, įtakojanti santykinius energijos nuostolius šilumos tiekimo tinkluose.

Ženklaus šiluminės energijos vartojimo poreikio mažėjimas stebimas prasidėjus daugiabučių namų renovacijai. Tai pateikiama 3.1 paveikslėlyje, sudarytame vadovaujantis 1 priedo lentele – „Šiluminės energijos tiekimas, suvartojimas, nuostoliai 2008–2021 m.“.



3.1 pav. Tiekiamos šilumos kiekis į tinklus

Pateiktame grafike (3.1 pav.) matyti tiekiamos šilumos kiekio į tinklus mažėjimas 2011–2020 metų laikotarpiu. Šis laikotarpis pasirinktas neatsitiktinai. 2008 metais Jonavoje prasidėjo renovacijos

procesas. Pirmaisiais metais (2008, 2009, 2010) ryškaus šilumos energijos poreikio mažėjimo nebuvo matyti, nes renovacija dar nevyko aktyviai. Tuo metu vyko pirmieji pasirengimo renovacijai darbai: projektavimas, darbų pirkimas ir tik vėliau pradėti fiziniai darbai. Pirmųjų daugiabučių renovacija truko nuo vienerių iki dviejų (rečiau iki trijų) metų.

Šiluminės energijos suvartojimo apimtims reikšmingos ir oro sąlygos. Atsižvelgiant į atskirų daugiabučių namų suvartotos šiluminės energijos duomenis matyti, kad 2010 metai, kai orai buvo šaltesni, šildymo sezonas truko ilgiau nei įprastai. Analogiška situacija susiklostė ir 2021 metais. Žiemos pabaiga, pavasaris buvo vėsūs ir šildymo sezonas užsitęsė iki gegužės mėnesio 5 dienos. Be to, 2021–2022 metų šildymo sezonas prasidėjo anksčiau nei įprastai – rugsėjo 23 dieną. Dėl šių ypatumų, analizuojant duomenis į 2010 ir 2021 metų rezultatus neatsižvelgiama.

Į bendrą tiekiamos energijos metinį kiekį yra įtrauktas ir šiluminės energijos kiekis karšto buitinio vandens ruošimui. Kadangi šis kiekis nėra didelis ir metų eigoje mažai kinta, jo įtaka skaičiavime nevertinama. 2011 metai pirmieji, kai stebimas ženklus šiluminės energijos poreikio kritimas, t. y. nuo 160 000 MWh iki 151 700 MWh per metus. 2012 metais, tikėtina dėl klimato sąlygų ar pasiruošimo antrajam renovacijų etapui, šiluminės energijos poreikis mieste išlieka panašus kaip ir 2011 metais, tik šiek tiek didesnis. Lyginant 2013 m. ir 2020 metų duomenis, šiluminės energijos poreikio sumažėjimas sudaro 27 000 MWh per metus. Apibendrinant, per visą tyrinjamą laikotarpį nuo renovacijų pradžios 2008 metais iki 2020 metų metinis šiluminės energijos poreikis mieste sumažėjo 39 000 MWh per metus.

Dėl mažėjančio šiluminės energijos poreikio, darant prielaidą, kad ir toliau šis poreikis mažės, bendrovė ėmėsi susidėvėjusius vamzdynus ne tik remontuoti juos keičiant, bet ir keisti į optimalaus skersmens, pagal planuojamą poreikį, vadovaujantis tiekiamo ir grąžinamo šilumnešio parametrų grafiku. Atsižvelgiant į tai, pagrindinė termofikacinio vandens tiekimo magistralė nuo Girelės rajoninės katilinės pakeista ir optimizuota nuo DN600 iki DN350 sąlyginio skersmens. Likusių magistralių vamzdynai sumažinti iki optimalių skersmenų, atsižvelgiant į atskiro kvartalo šiluminės energijos poreikį bei tinklo žiedinimo galimybes. Šiuo metu kvartaliniuose, skirstomuosiuose tinkluose dar yra likę nekeistų vamzdynų, kuriuose, mažėjant šiluminės energijos poreikiui, susiduriama su kitomis vamzdynų problemomis.

### 3.1 lentelė. Jonavos rajoninės katilinės kuro balansas ir šilumos gamyba

Metai	Gamtinės dujos, tūkst. m <sup>3</sup>	Pagaminta šiluma, MWh	Tiekiamą šilumą į tinklus, MWh
2017	2608,247	24700,000	24200,000
2018	2806,285	26486,800	25648,000
2019	724,772	6749,000	6749,000
2020	0	0	0
2021	682,145	6361,000	6356,000

### 3.2 lentelė. Girelės rajoninės katilinės kuro balansas ir šilumos gamyba

Metai	Biokuras, t	Gamtinės dujos, tūkst. m <sup>3</sup>	Pagaminta šiluma, MWh	Tiekiamą šilumą į tinklus, MWh
2017	38005,440	0	107620,400	105636,000
2018	36185,620	0	98840,000	97100,000
2019	38613,680	238,524	111583,400	110433,000
2020	37468,260	612,194	113595,000	111570,000
2021	41655,960	1009,723	125963,000	123144,000

Kaip matyti iš katilinių kuro balanso ir šilumos gamybos duomenų (lentelių 3.1 ir 3.2), pagrindinis naudojamas kuras šilumai gaminti yra biokuras. Iš jo vidutiniškai pagaminama 110 000 MWh šiluminės energijos. Analizuojant gamtinių dujų suvartojimą, lentelėse matyti, kad technologiškai geras sprendimas buvo įrengti Girelės rajoninėje katilinėje dujinį katilą, papildomam energijos kiekiui pagaminti vartojimo piko metu. Atšalus naktimis ar rytinių pikų metu pritrūkus biokuro katilų galios, užkuriamas dujinis katilas. Tai leidžia miestą aprūpinti šilumine energija ir nebelieka poreikio perjunginėti miesto šiluminės schemos. Tuo pačiu tai leidžia padengti energijos poreikį kondensacinio ekonomaizerio aptarnavimo (valymo) metu ar įvykus biokuro katilo ar jam priklausančių įrenginių smulkiems gedimams. Dujomis kūrenamo katilo įtaka maksimaliam biokuro katilų našesniai naudojimui geriausiai matoma aukščiau pateiktose lentelėse. 2019 m. pradėjus dirbti dujų katilui Girelės rajoninėje katilinėje, Jonavos rajoninėje katilinėje gamtinių dujų suvartojimas sumažėjo apie 75 %, o biokuro pagaminamos šilumos kiekis išaugo virš 6 MWh per metus.

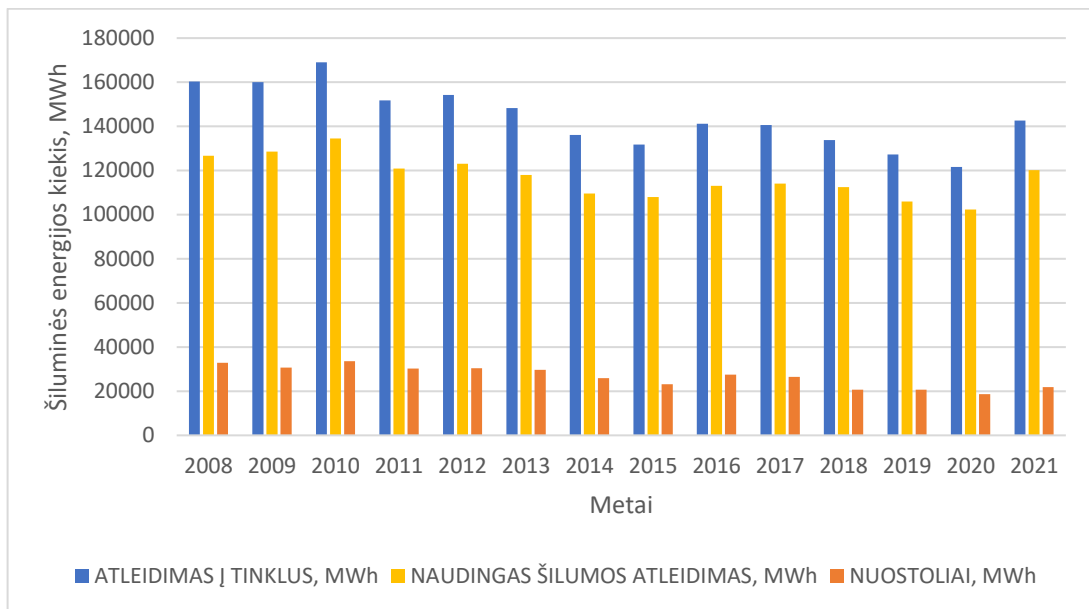
Šio darbo autoriaus nuomone, žvelgiant į šiluminės energijos gamybos perspektyvas, pagrindinis tikslas yra sumažinti ar visai atsisakyti gamtinių dujų deginimo, o dujomis kūrenamus katilus palikti tik kaip rezervinius ar naudoti nutikus nenumatytiems atvejams. Visa miestui reikalinga šiluminė energija turėtų būti pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Vienas iš siūlomų būdų padengti rytinį pikinį energijos poreikį – pakeisti dujinius katilus akumuliacine talpa. Ją būtų galima įkrauti dienos metu, kai šilumos poreikis mieste mažiausias, pilnai išnaudojant biokuro katilus ir panaudoti sukauptą šiluminę energiją, kai katilų galios nebepakanka. Siekiant sumažinti akumuliacinės talpos įrengimo kaštus iki minimumo, galima vieną iš nebenaudojamų mazuto talpyklų perdaryti į akumuliacinę talpą. Tokio tipo talpa būtų naudojama kaip avarinis rezervuaras vandens papildymui. Įvykus gedimui vamzdyne, sukauptas rezervas leistų likviduoti atsiradusią problemą nenukrypstant nuo gamybinių režimų. Kitas būdas kompensuoti gamtinėmis dujomis kūrenamų katilų gaminamą energiją yra pereiti prie elektros gamybos deginant biokurą (įrengiant kogeneracinę jėgainę). Apskaičiavus ir įrengus kogeneracinę jėgainę Girelės rajoninėje katilinėje pagal miesto energijos poreikį ir technologiškai galimą tiekti magistraliniu vamzdynu šilumos kiekį, būtų gaminama „žalia“ elektros energija savoms reikmėms bei tiekimui į bendrą Lietuvos tinklą, o šiluminė energija, tokiu atveju – atliekinė, būtų panaudota miestui šildyti.



## 3.2. Mažėjančio šiluminės energijos poreikio sukeltos problemos

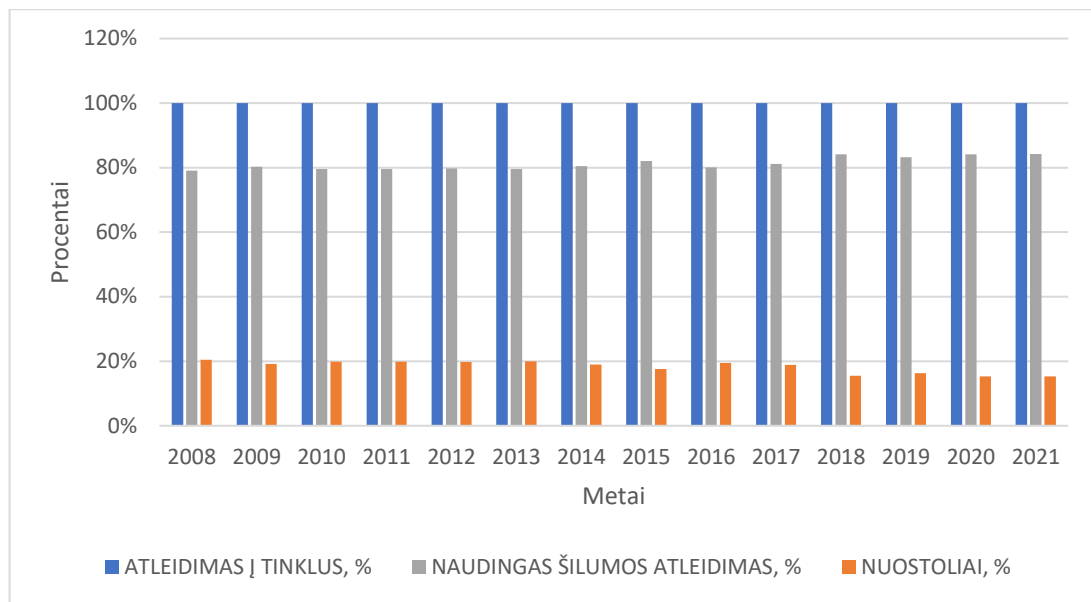
### 3.2.1. Santykinių šilumos nuostolių didėjimas CŠT sistemoje

Apibendrinant ankstesniuose skyriuose pateiktą informaciją matyti, kad šiluminės energijos poreikis miestui dėl įvairių priežasčių kasmet mažėja. Iš 1 priedo duomenų sudarytame grafike (žr. 3.2 paveikslą) matyti, kad šiluminės energijos nuostoliai absoliutine verte taip pat mažėja.



3.2 pav. Šiluminės energijos nuostoliai absoliutine verte, MWh

Iki daugiabučių namų renovacijos (ir atnaujinus tik dalį šilumos tiekimo vamzdynų 2008 metais, lyginant su paskutiniaisiais gautais 2021 metų duomenimis) Jonavos miesto reikmėms buvo pagaminama apie 160 000 MWh šiluminės energijos per metus. Pradėjus modernizuoti ir optimizuoti šilumos tiekimo vamzdynus, nuostoliai vamzdynuose sudarė apie 30 000–32 000 MWh per metus. Prieš prasidedant masiniam daugiabučių gyvenamųjų namų ir kitų pastatų atnaujinimui, nuostoliai vamzdynuose 2013 metais siekė 28 000 MWh per metus. Vėliau nuostoliai kasmet nuosekliai mažėjo, kol 2020 metais buvo pasiekta 18 600 MWh. Tikėtina, kad šiluminės energijos nuostoliai ir toliau mažės, nes daugiabučių gyvenamųjų namų atnaujinimas tęsiasi, o kartu tęsiasi ir vamzdynų modernizavimas.



**3.3 pav.** Šiluminės energijos nuostoliai procentine verte

Santykiniai šiluminės energijos nuostoliai (arba procentine dalimi nusakomi šiluminės energijos nuostoliai) mažėja nežymiai (žr. 3.3 pav.), kol pasiekę tam tikrą ribą nusistovi. Nagrinėjamu laikotarpiu 2008–2021 metais stebimas šiluminės energijos nuostolių mažėjimas procentine verte nuo 20 iki 15 procentų. 2008–2013 metų laikotarpiu didelių šiluminės energijos nuostolių nuo tiekiamos šilumos pokyčių nebuvo. Sąlyginai nedidelį mažėjimą lėmė centralizuotos šilumos tiekimo vamzdžių renovacija – seno tipo vamzdžius keičiant iš anksto pramoniniu būdu izoliuotais vamzdžiais. Nuo 2013 metų įgyvendinant vis daugiau daugiabučių namų modernizavimo projektų, šiluminės energijos poreikis mažėjo ir tai turėjo įtakos vamzdynuose patiriamų nuostolių mažėjimui. Pasiekus 15 procentų nuostolių ribą ji daugiau nebekinta. Ši vertė yra laikoma norma. Europos miestuose ši norma siekia 13–15 procentų. Tai rodo, kad Jonavos miestas yra pasiekęs ribą, kai tolesnė vamzdžių renovacija energijos sutaupymo tikslais turės vis mažesnę vertę. Todėl reikia ieškoti kitų priemonių šiluminės energijos nuostoliams mažinti.

### 3.2.2. Termofikacinio vandens tekėjimo greičio mažėjimo iššauktos problemos

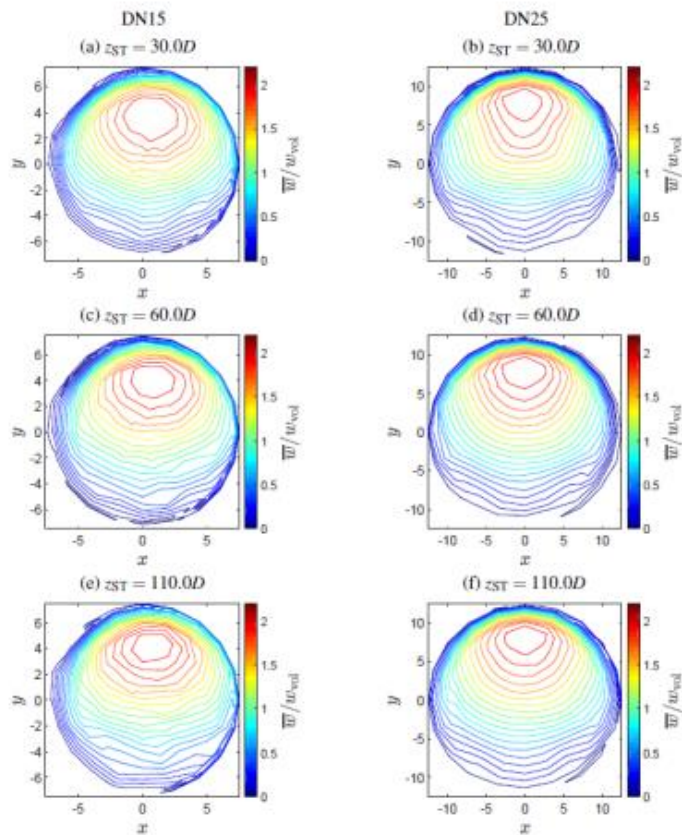
Dėl mažėjančio šiluminės energijos poreikio susidaro neprojektiniai šilumos tiekimo tinklų darbo režimai: dėl mažo tekėjimo greičio pernelyg didelis termofikacinio vandens temperatūros mažėjimas vamzdynuose, atsirandantys temperatūrinės stratifikacijos reiškiniai ir t. t. Centralizuotos šilumos tiekimo įmonėms prie visų šių reiškinių tenka prisitaikyti. Mažėjant vandens srautui, renovuojant ar statant naujus vamzdžius, atsižvelgiama į energijos poreikį. Vanduo, tinkamu greičiu (0,5–3,0 m/s) tekėdamas visu skersmeniu, neturi galimybės sluoksniuotis. Šiuo metu aktuali problema senuose vamzdynuose, kurių skersmenys pernelyg dideli ir jie tapę pernelyg didelio pralaidumo – dėl mažo tekėjimo greičio termofikacinis vanduo sluoksniuojasi, priklausomai nuo vandens temperatūros, ir šaltas vanduo teka žemutine vamzdžio skerspjūvio dalimi, o karštas vanduo teka viršutiniuose sluoksniuose. T. y. vyksta stratifikacijos procesas. Dėl to patiriami energijos nuostoliai, sudėtinga vykdyti apskaitą, spartėja vamzdžių korozija.

Stratifikacijos procesas pernelyg didelio skersmens vamzdynuose gali spartinti vamzdžio koroziją. „Kietųjų dalelių nuosėdos ir sankaupos irgi gali sukelti koroziją, ypač ant horizontaliai sumontuotų vamzdžių ir jungčių dugne. Vario į aušinimo mišinius gali patekti, pavyzdžiui, tirpstant variniams ventiliatorinių konvektorių vamzdeliams – tai formuos nuosėdas ir skatins lokalių korozijos židinių susidarymą vario nusėdimo vietose. Tos dalelės paprastai gali būti ir rūdys arba purvas, priemaišos iš kitų sistemos dalių, kalcio, magnio, silicio junginiai, pavyzdžiui, senoje vamzdyno sistemoje pakeičiant tam tikrą atkarpą. Tokią problemą galima išspręsti įmontuojant specialios paskirties filtrą [7]“. Dažnai su šia problema susiduriama remontuojant prakiurusius ar avarinės būklės vamzdynus, juos keičiant atkarpomis. Pavyzdžiui, pakeitus vieną atkarpą į naujo tipo, mažesnio skersmens, antrąją atkarpą palikus seną ir trečiąją atnaujinus, vidurinioji atkarpa dirbs kaip kolektorius, joje vanduo tekės tik viršutiniame sluoksnyje, o ant dugno kaupsis nuosėdos, kurios skatins koroziją.

Energijos apskaitymo metu taip pat yra susiduriama su neigiama stratifikacijos įtaka. Naudojant panardinamus temperatūrinius jutiklius reikia atsižvelgti į jų montavimo instrukciją bei parametrus. Jutiklis parenkamas griežtai pagal gamintojo nurodymus, atsižvelgiant į vamzdyno skersmenį. Taip pat labai svarbu atsižvelgti į jutiklio poziciją ant vamzdžio. Įrengiant jutiklį vamzdžio vietoje, kur nusistovi aukštesnės temperatūros stratifikacinis sluoksnis, bus matuojama ne „bendramasinė“ viso srauto temperatūra, bet aukštesnė temperatūra, taigi taip gali būti nuskaitomas pernelyg didelis gaminamos šilumos kiekis, ir pasiektas labai geras katilo darbo efektyvumo rodiklis. Tai reiškia, kad deginant mažai kuro, gaunama daug šiluminės energijos. Suprantama, tai bus klaida, iškreipianti realų katilinės darbo vaizdą. Taigi, įrengiant šilumos apskaitos prietaisus, būtina atsižvelgti į galimus srauto trikdžius, tame tarpe ir dėl srautų terminės stratifikacijos.

Bendradarbiaujant Vokietijos ir Danijos mokslininkams buvo atliktas bandymas stratifikacijos reiškinio ir temperatūros nuostoliams tirti [8]. Bandymo metu buvo naudoti žalvariniai vamzdžiai DN15 ir DN25 sąlyginio skersmens. Kad būtų lengviau atlikti matavimus ir įvertinti šilumos mainus su aplinka vamzdžiai buvo neizoliuoti. Matavimai atliekami 12xD, 30xD, 60xD ir 110xD atstumais. Tyrimui atlikti buvo naudotas lazerinis Doplerio greičio matavimo zondas su integruota trimate optine kamera. Zondas sumontuotas ant judančios sistemos bandymų centre Kamstrup laboratorijoje.

3.4 paveikslėlyje pateikti rezultatai tiekiant 60 °C temperatūros vandenį debitu  $Q = 0,0392 \text{ m}^3/\text{h}$  DN25 vamzdžiu ir  $Q = 0,0235 \text{ m}^3/\text{h}$  DN15 vamzdžiu. Atitinkamai vandens greitis 1 m/min ir 2 m/min.



3.4 pav. Stratifikacija vamzdžiuose [8]

Kaip matyti (3.4 pav.), vanduo pradeda atsisluoksniuoti vos pradėjęs tekėti. Mažesniojo skersmens vamzdyje su lyg kiekvienu bandomo ilgio tašku sluoksnis nors ir nežymiai, bet vis labiau išryškėja. Didesnio skersmens bandinio rezultatai rodo, kad susidarius stratifikacijos zonos, ji praktiškai nekinta per visą bandinio ilgį. Tikėtina, kad turint izoliuotus vamzdžius, stratifikacijos reiškinys šio bandymo metu nepasireikštų taip greitai dėl žymiai mažesnės aplinkos įtakos.

Stratifikacinių sluoksnių išsivystymas pasroviui priklauso nuo vandens temperatūros. Prie 40 °C temperatūros artimiausiu atstumu nuo įleidimo angos stratifikacija jau susidaro, bet tampa žymiai ryškesnė žiūrint toliau pasroviui. Jei vandens temperatūra 50 °C, išsivystanti stratifikacija taip pat yra matoma esant 30xD, o stratifikacija yra visiškai išvystyta 60xD, nes profiliai esant 60xD ir 110xD sutampa. Kai  $T = 60\text{ °C}$ , stratifikuotas profilis yra visiškai sukurtas 30xD pasroviui, nes profiliai esant 30xD, 60xD ir 110xD sutampa [8].

Kaip ir analizuojant stratifikacijos reiškinį kituose sferose, taip ir šiame bandyme matyti, kad kuo didesnis vamzdžio skersmuo, tuo greičiau turėsime stratifikuotą sluoksnį. Lyginant vienodo skersmens vamzdžius, pagrindinis stratifikacijos susidarymo rodiklis bus temperatūra: kuo ji aukštesnė, tuo greičiau susidarys stratifikacinis sluoksnis.

Suprantama, pats paprasčiausias būdas šiluminės energijos nuostoliams mažinti, mažėjant šiluminės energijos poreikiui, yra tiekiamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimas. Tai pažangi idėja,

kurios įgyvendinimas priklauso nuo pačių šilumos gamybos ir tiekimo įmonių, nes mažinant vamzdžiais tiekiamo vandens temperatūrą, sumažėja šilumos nuostoliai į aplinką.

Atsižvelgiant į klimato kaitą, oro užterštumą, vietinio kuro pasiūlą, taršos mokesčius Jonavoje, kaip ir didžiojoje Lietuvos dalyje, pagrindinis šiluminės energijos gamybos šaltinis yra biokuro (medžio drožlių) katilai. Pagal šiluminės energijos poreikį mieste jie yra apkraunami iki maksimalios ribos – 25 MW (įskaitant kondensacinį ekonomaizerį). Pasiekus šią ribą, į darbą įvedamas Girelėje esantis gamtinėmis dujomis kūrenamas vandens šildymo katilas. Lauko temperatūrai kritus žemiau –10 °C, Girelės rajoninei katilinei nebepajėgiant išlaikyti energetinių parametrų, miesto šildymo schema yra perjungiamą, užkuriant Jonavos miesto katilinę ir miestą dalinant į dvi atskiras dalis. Siekiant maksimaliai išnaudoti biokuro katilus, Jonavos katilinėje buvo įrengtas 10 MW šilumokaitis, kurio pagalba naudojant nepanaudotą biokuro katilų pagamintą energiją, pašildomas apatinės miesto dalies grįžtamasis termofikacinis vanduo, prieš jam įtekant į dujomis kūrenamus katilus.

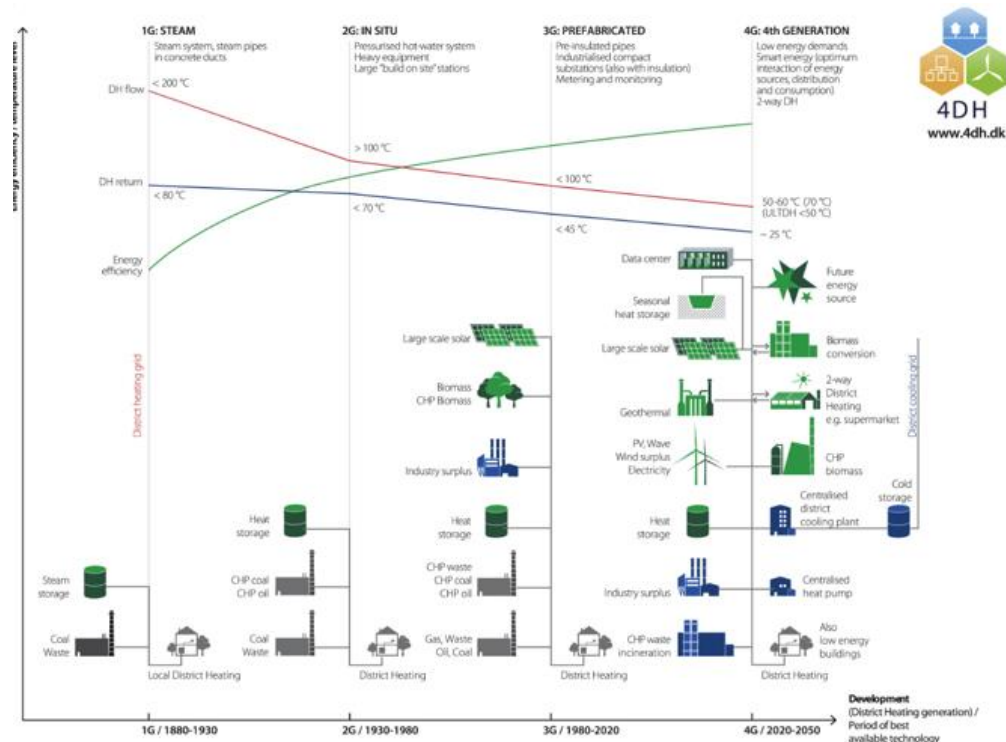
### **3.3. Darbo tikslo suformulavimas**

Siekiant optimizuoti šilumos gamybą, vartojimą bei tiekimą Jonavos mieste, šilumos tiekimo įmonė atliko didelį darbą. Seni iškastinio kuro katilai buvo pakeisti naujais biokuro katilais. Šilumos tiekimo vamzdynai atnaujinami pramoniniu būdu izoliuotais vamzdžiais. Vartotojų energijos taupymo klausimas sprendžiamas modernizuojant senos statybos daugiabučius namus. Šiuo metu pasiekta riba, kai papildomi tobulinimai duoda minimalų efektą, lyginant su įdedamomis fizinėmis bei finansinėmis sąnaudomis. Pasiektas etapas, reikalaujantis į gamybą įvesti naujo tipo įrenginius. Galimi keli būdai gerinti gamybinius rodiklius, mažinti šilumos kainas, mažinti CO<sub>2</sub> išmetimo emisijas. Tai galima pasiekti diegiant akumuliacines talpas, šilumos siurblius, saulės kolektorius. Išgaunant šiluminę energiją, papildomas dėmesys turi būti skiriamas ne tik atsinaujinantiems energijos ištekliams, bet ir atliekinei šilumai. Tai galėtų būti kanalizuojamas vanduo, įmonėse susidarantis šiluminės energijos kiekis gamybinių procesų metu, saulės energija ir pan. Praktiškai visi šie paminėti technologiniai sprendiniai turi bendrą požymį – būtina turėti žemą tiekiamo šilumnešio temperatūrą. Todėl, kol nėra technologinių sprendimų, rekomenduojama žeminti termofikacinio vandens temperatūras. Kaip tai įtakotų CŠT vamzdynų darbą, kokias modernizacijas reikėtų atlikti šilumos tiekimo sektoriuje pereinant į žematemperatūrinį šildymą – tokiai analizei ir skirtas šis darbas.

Darbo uždaviniai yra išnagrinėti žemos temperatūros šilumos tiekimo tinklo perspektyvas Jonavos mieste, įvertinti daugiabučių namų modernizacijos poveikį šiluminės energijos poreikiui, tuo pačiu ir poreikio poveikį centralizuoto šilumos tiekimo tinklams. Taip pat parinkti centralizuoto šilumos tiekimo vartotojų kvartalą bei išsamiai išanalizuoti energijos poreikio pokyčius. Apskaičiuoti esamų šilumos tiekimo vamzdynų pritaikomumą, energijos nuostolių pokytį žemos temperatūros šilumos tiekimo tinklui keliais atskirais režimais. Įvertinti ekonominius aspektus, keičiant esamus vamzdynus optimaliais, pasirinktam žematemperatūriniam tinklų darbo režimui. Atkreipti dėmesį į kylančias problemas, žeminant termofikacinio vandens temperatūrą.

#### 4. Žematemperatūrinio šilumos tiekimo tinklo perspektyvos Jonavos mieste

CŠT sistemų vystymosi raidą sąlyginai galima suskirstyti į kelis etapus, kaip kad pateikta 4.1 paveiksle.



4.1 pav. Centralizuotos šilumos tiekimo tinklų kartos [9]

Matome, kad istorinėje centralizuoto šilumos tiekimo raidoje iki dabar susiformavo trys kartos. Pirmos kartos šilumos tiekimo tinkle kaip šilumnešis buvo naudojamas garas. Ši technologija buvo naudota iki 1930 m. Antrosios kartos centralizuoto šilumos tiekimo sistemose buvo naudojamas karštas vanduo, kurio temperatūra buvo aukštesnė kaip  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . Ji dominavo iki 1970 metų. Trečiosios kartos karšto vandens sistemose vis dar naudojamas vanduo kaip šilumnešis, tačiau tiekiamo vandens temperatūra žemesnė kaip  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . Laikoma, kad kai tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra bus ne aukštesnė kaip  $50\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$ , pereisime prie naujų 4 kartos CŠT sistemų [10].

Efektyvios žemų temperatūrų centralizuoto šilumos tiekimo sistemos gali suvaidinti svarbų vaidmenį siekiant įgyvendinti tvarias energijos tiekimo struktūras. Šios sistemos atstovauja naujai ketvirtajai centralizuoto šilumos tiekimo kartai, kurios privalumai – žematemperatūrinis šilumos tiekimo tinklas su sumažinta tiekiamo į tinklą vandens temperatūra, kuri turi būti nuo  $50\text{ }^\circ\text{C}$  iki  $70\text{ }^\circ\text{C}$  ir grąžinamo iš tinklo vandens temperatūra – nuo  $25\text{ }^\circ\text{C}$  iki  $40\text{ }^\circ\text{C}$  [11].

Skirtingai nuo pirmųjų trijų kartų, ketvirtosios kartos šilumos tiekimo tinklų plėtra apima energijos tiekimo subalansavimą su energijos taupymu ir taip sprendžia iššūkį – efektyviau aprūpinti energiją vartojančius pastatus šiluma, kad būtų patenkinti patalpų šildymo ir buitinio karšto vandens poreikiai [9].

Dabartiniu laiku diskutuojant apie energijos taupymą bei energijos gamybą iš atsinaujinančių šaltinių, pirmiausia būtina išnagrinėti galimybę CŠT sistemoje naudoti įvairių pramonės įmonių atliekinę šilumą, kaip kad yra įdiegta Kėdainiuose, kur miestui tiekiamas atliekinė šiluma iš AB „Lifosa“.

Paprastai atliekinė šiluma būna žemo potencialo, todėl žemas termofikacinio tinklo temperatūrinis grafikas lengvina atliekinės šilumos panaudojimą. Jonavos miestas galėtų naudoti „Achemos“ įmonėje gamybos procese atsirandančią atliekinę šilumą, tokios galimybės analizei prieš keletą metų buvo atliktos kelios studijos, tačiau ši idėja taip ir nebuvo įgyvendinta.

Mokslo literatūros šaltiniuose aprašomos skirtingos termofikacinio vandens temperatūros, priskiriamos 4 kartos tinklui. Tai lemia skirtingų šalių skirtingi reikalavimai karšto vandens ruošimui. Šie skirtumai atsiranda dėl skirtingų karšto vandens ruošimo būdų bei skirtingų pastatų ir jų energetinių poreikių.

Visos paminėtos centralizuoto šilumos tiekimo tinklų kartos turi vieną esminę kryptį – žemesnę tiekiamo šilumnešio temperatūra. Tai leidžia mažinti techninius reikalavimus tiek vamzdynamics, tiek ir katilams. Į gamybą įvedami papildomi įrenginiai. Šilumos tiekimui pradėti naudoti plastikiniai vamzdžiai [10].

Tipinių Danijos vienbučių namų atveju buvo įrodyta, kad renovavus pastatą ir įgyvendinus energijos vartojimo efektyvumo priemones, esami pastatai didžiąją metų dalį gali būti šildomi žemesnėmis temperatūromis. Tinkamai suprojektavus šildymo sistemas, bendra tiekimo temperatūra esamuose pastatuose su radiatoriais gali būti iki 45 °C [12].

Šiuo metu UAB „Jonavos šilumos tinklai“ vis dar palaiko aukštesnius temperatūrinius režimus, t. y. 70–100 °C tiekiamo iš katilinės šilumnešio temperatūrą ir 34–48 °C grįžtamo šilumnešio temperatūrą katilinėje prie nustatytų lauko temperatūrų (žr. 4.1 lentelėje).

Tokie termofikacinio vandens tiekimo temperatūriniai režimai lemia šilumos tiekimo nuostolius, kurie, siekiant mažinti oro taršą ir energijos kainą, yra nebepriimtini. Todėl kyla poreikis persiorientuoti ir pereiti prie ketvirtos kartos šilumos tiekimo tinklų, kurių pagrindinis skirtumas nuo trečios kartos centralizuotų šilumos tinklų yra tiekiamas ir grįžtama temperatūra, kai 65–55 °C yra tiekiamas ir 25–35 °C grįžtama ištiesus metus. Pažeminus tinklo temperatūrą iki šių ribų, juntamai sumažėtų šilumos nuostoliai į gruntą ir atsirastų galimybė surinkti ir patiekti į tinklą atliekinę šilumą.

Nuostoliai šilumos tiekimo tinkluose atsiranda dėl temperatūrų skirtumų tarp tiekiamos ir grįžtamos tiekimo linijos bei grunto. Pasak Danijos mokslininkų, nuostoliai šilumos tiekimo tinkluose siekia 20 % [13].

Pagrindiniai šilumos nuostolius vamzdyne lemiantys veiksniai yra vamzdžio izoliacijos kokybė, grunto temperatūra, grunto savybės. Danijoje atlikti tyrimai parodė, kad trečios kartos šilumos tiekimo magistraliniuose tinkluose šilumos nuostoliai į gruntą sudaro 21 %, o įvadiniuose tinkluose – 27 %. Vertinant pasirenkama žemės projektinė temperatūra – 8 °C, numatant, kad temperatūra tarp tiekiamo ir grįžtamo vamzdžio nukrenta 4 °C. Nuostoliai esant skirtingoms temperatūroms skaičiuojami tiems patiems vamzdynamics su identiškais izoliacinėmis savybėmis. Atlikus skaičiavimus esant 4 kartos šilumos tiekimo tinklų temperatūriniais režimais, nustatyta, kad šilumos nuostoliai magistraliniuose

tinkluose sudarys 14,5 % ir įvadiniuose vamzdynuose – 18,6 %. Tai rodo, kad sumažinus temperatūrą būtų sutaupyta apie 30 % prarandamos šiluminės energijos [13].

**4.1 lentelė.** UAB „Jonavos šilumos tinklai“ tiekiamo ir grąžinamo šilumnešio (100–48 °C) temperatūrinis grafikas

Lauko temperatūra, °C	Tiekiamo iš katilinės šilumnešio tem-ra, °C	Grįžtamo šilumnešio tem-ra katilinėje, °C	Grąžinamo šilumnešio tem-ra pas vartotoją, °C
10	70	34	36
9	70	34	36
8	70	34	36
7	70	34	36
6	70	34	36
5	70	34	36
4	70	34	36
3	70	34	36
2	70	34	36
1	70	34	36
0	70	35	37
-1	72	36	38
-2	74	37	39
-3	76	38	40
-4	78	39	41
-5	80	39	42
-6	82	40	43
-7	84	41	44
-8	86	42	45
-9	87	43	46
-10	88	44	46
-11	89	44	47
-12	90	45	48
-13	91	45	48
-14	92	45	49
-15	93	45	49
-16	94	45,7	49,7
-17	95	46	50
-18	96	46	51
-19	97	47	51
-20	98	47,2	51,9
-21	99	48	52
-22	100	48	53

**Pastaba:** tiekiamo ir grąžinamo šilumnešio paros vidutinės temperatūros leidžiamas nukrypimas  $\pm 3\%$ .

Žvelgiant į 4 kartos CŠT tinklo perspektyvas Jonavos mieste, kaip ir į bet kurią naujovę, kyla daug klausimų. Didžioji dalis miesto daugiabučių statyti 1965–1985 metais. Jie seni, bet kasmet vis didesnis jų kiekis renovuojamas. Šiluminės trasos statytos kartu su namais, todėl taip pat senos, jos remontuojamos, atnaujinamos. Reikia paminėti, kad pirmosios statytos šiluminės trasos buvo skaičiuojamos antros kartos šilumos tiekimo tinklams, kurių temperatūriniai režimai 120–80 °C ir 50–40 °C. Tai rodo, kad dar neatnaujintų tinklų ruožai, pereinant prie ketvirtos kartos CŠT sistemos, turės „peršokti“ iškart du etapus.



Lengviausias 4 kartos CŠT tinklo įgyvendinimas Jonavos mieste būtų besiplečiančių privačių namų kvartalų projektavimas, pritaikant žematemperatūrinį termofikacinio vandens tiekimą. Tam reikėtų įrengti kvartalo termofikacinio vandens maišymo stotį. Jos tikslas – aukštesnės temperatūros termofikacinį vandenį sumaišyti su grįžtančiu iš gyvenamojo kvartalo iki reikiamo optimalaus žematemperatūrinio režimo, o perteklių gražinti į tinklus. Stoties siurblių darbas – sudaryti reikiamą hidraulinį režimą žemos temperatūros tinkle.

Nors Jonavos miestas nėra didelis, bet galima pastebėti kelis viešosios paskirties, verslo pastatus, kurie buvo statyti ar atnaujinti per paskutinį dešimtmetį. Akivaizdu, kad dėl energijos kainų kilimo ir poreikio taupyti energiją tokio tipo pastatų renovacijos procesas vis labiau plėsis. Į juos tiekti 4 kartos režimų termofikacinį vandenį patogiau nei į daugiabučius, nes jie lengviau pritaikomi vykdomai veiklai. Tuomet lengviau planuoti pastato paros energijos sunaudojimo režimus. Taip pat juose, dėl jų konstrukcijos ir aukštingumo (dažniausiai vieno arba dviejų aukštų pastatai) yra gana paprasta įdiegti žematemperatūrinius šildymo įrenginius. Dažnai tai yra šildomos grindys, rečiau sienos ar specialūs didelės kvadratinės radiatoriai. Šilumos siurblio pagalba išsprendžiama karšto buitinio vandens gamybos problema.

Analizuojant daugiabučių namų įtraukimą šildyti pažemintų temperatūrų vandeniu, galima išskirti kelis etapus. Vienas jų – kvartaliniai 4 kartos CŠT tinklai, kuriuose visi namai jau yra renovuoti ir sąlyginai paruošti tokiam šildymo būdui. Kaip jau buvo minėta, Jonavos miesto viršutinė dalis yra suskaidyta į 12 kvartalų. Įvertinus kiekvieno kvartalo energetinį poreikį, yra galimybė įrengti maišymo mazgus tame kvartale, kur tiekiant pažemintą temperatūrą nebus nusižengta higienos normoms ir bus užtikrinamas šiluminės energijos poreikis.

Kitas būdas yra atlikti bandymą, t. y. žeminti iš katilinės tiekiamo termofikacinio vandens temperatūrą ir sekti duomenis kiekviename pastate. Kažkuriame taške (tikėtina, pirmiausia tai bus nutolę vartotojai) pasiekus ribą, kai energetinis poreikis nėra patenkinamas, ieškoma priežasties ir sprendimo. Pirminiais atvejais, tikėtina, pakaks vamzdyno modernizacijos. Vėliau būtų susiduriama su buitinio karšto vandens gamybos problemomis.

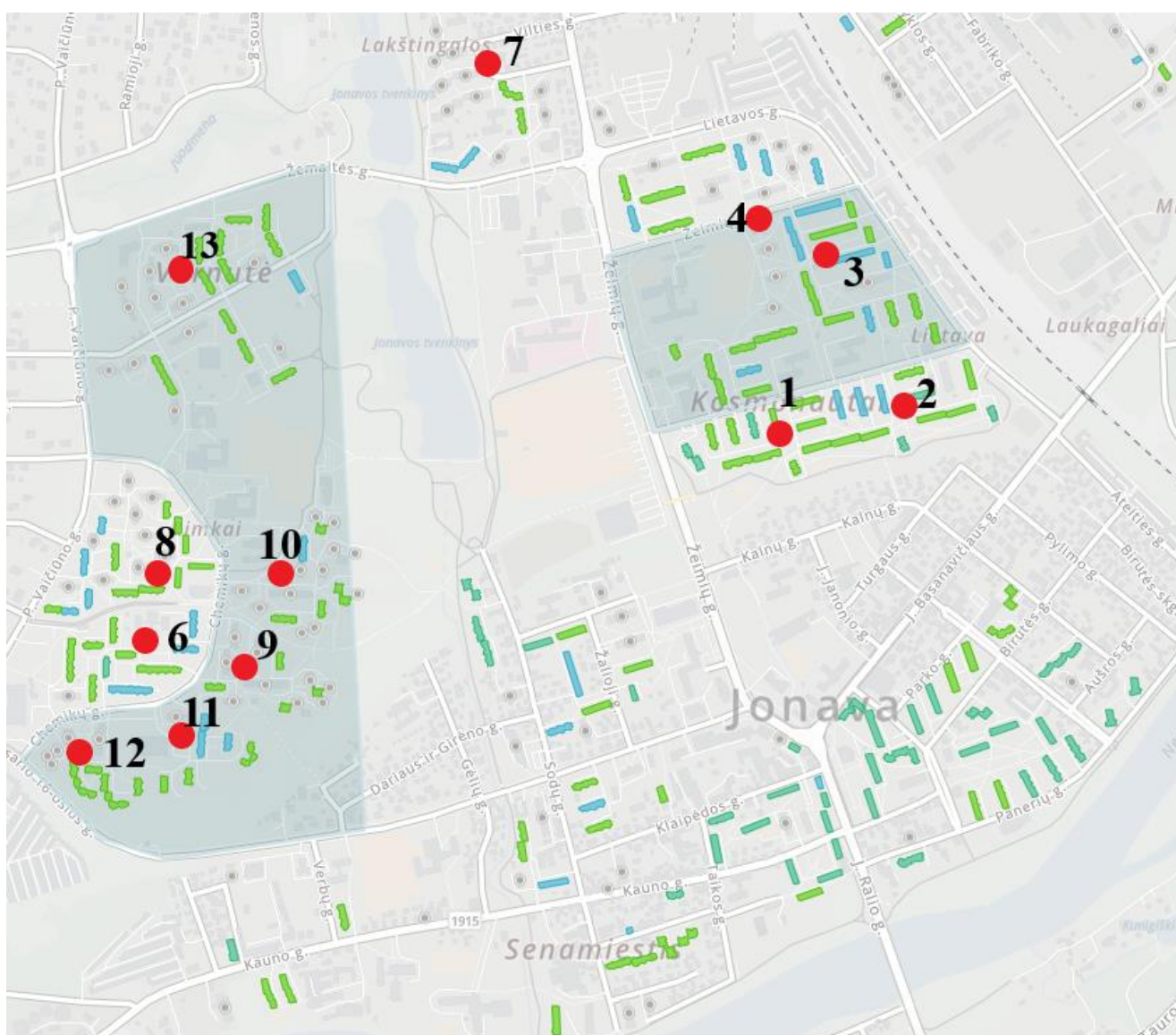
Pagrindiniai kvartalo pasirinkimą lėmę veiksniai yra renovuotų pastatų skaičius, atnaujintų vamzdynų procentas. 4.2 lentelėje pateiktos boilerinės, joms priklausantys pastatai bei tinklai, leidžia pasirinkti optimaliausią variantą analizei.

**4.2 lentelė.** Kvartaluose įrengtų grupinių boilerinių aptarnaujamų pastatų duomenys

Boilerinės numeris ir adresas	Pastatų skaičius	Renovuotų pastatų skaičius	Atnaujinta CŠT, %
Boilerinė Nr. 1, Kosmonautų g. 14A	16	14	100
Boilerinė Nr. 2, Kosmonautų g. 44A	15	9	90
Boilerinė Nr. 3, Lietuvos g. 17A	13	7	70
Boilerinė Nr. 4, Žemių takas 4B	20 ir privatūs namai	4	40
Boilerinė Nr. 6, Chemikų g. 25A	13	7	70
Boilerinė Nr. 7, Varnutės g. 14A	17 ir privatūs namai	2	50

Boilerinė Nr. 8, Chemikų g. 43A	22	8	65
Boilerinė Nr. 9, Chemikų g. 82A	15	4	85
Boilerinė Nr. 10, Chemikų g. 102A	21	5	60
Boilerinė Nr. 11, Chemikų g. 64A	8	3	90
Boilerinė Nr. 12, Chemikų g. 26A	11	6	90
Boilerinė Nr. 13, A. Kulviečio g. 11A	30	11	45

Iš pateiktų duomenų matyti, kad daugiausia renovuotų namų kiekybine ir procentine išraiška yra namai, priskirti pirmai boilerinei. Šios boilerinės ribose taip pat 100 % yra atnaujintas kvartalinis šilumos tiekimo tinklas. Šio atnaujinto tinklo vamzdynų skersmenys yra optimizuoti ir pritaikyti dirbti trečios kartos šilumos tiekimo režimais t. y. 100–48 °C. Kvartalas yra šalia magistralinio vamzdyno, neturi nutolusių vartotojų, todėl yra patogus analizės atlikimui.



4.2 pav. Miesto planas su kvartalus aptarnaujančiomis boilerinėmis

## 5. Žematemperatūriniam centralizuotam šilumos tiekimui atrinkto kvartalo charakteristika

Jonavos miesto šilumos tiekimo tinklai dėl reljefo ypatumų yra suskirstyti į apatinę ir viršutinę miesto dalis. Apatinė miesto dalis išskirta į dvi dalis ir jos kolektorius yra Jonavos miesto katilinė, kuri esant pakankamiems šilumos tiekimo pajėgumams iš Girelės rajoninės katilinės, dirba kaip kolektorius su siurbline apatinei miesto daliai. Viršutinė dalis išskaidyta į atskirus kvartalus. Prieš įrengiant karšto vandens ruošimo mazgus kiekviename daugiabutyje, karštas vanduo buvo tiekiamas iš kvartalinių boilerinių. Mažinant šilumos tiekimo nuostolius į aplinką buvo atsisakyta kvartalinių boilerinių ir įrengti personaliniai karšto vandens ruošimo mazgai, atsisakant papildomų dviejų būtino karšto vandens tiekimo vamzdžių. Dabar šie buvusieji grupinių boilerinių pastatai atlieka termofikacinio vandens paskirstymo po kvartalus funkciją. Jonavos mieste yra 12 tokių skirstomųjų mazgų.

Analizei pasirinkta boilerinė Nr. 1, esanti Kosmonautų g. 14A. Jos planas pateiktas 5.1 paveiksle. Šį kvartalą sudaro 16 pastatų. 14 iš jų yra gyvenamieji daugiabučiai namai. Jų visų renovacija įvyko nuo 2013 metų iki 2020 metų. Tai buvo viena priežasčių analizei pasirinkti būtent šį kvartalą, nes galima sisteminti ir analizuoti duomenis kokį poveikį šilumos poreikiams ir vamzdyno darbo parametrams turėjo kiekvieno pastato renovacija. Likę pastatai: įmonė, pastate įsikūrusi tinklinė maisto prekių parduotuvė, rūbų parduotuvė, sporto klubas. Kitame pastate įsikūręs Jonavos vaikų lopšelis darželis „Saulutė“. Abu pastarieji pastatai nėra renovuoti.



5.1 pav. Kosmonautų rajono pastatų, prijungtų prie boilerinės Nr. 1 schema

Remiantis centralizuotų šilumos tiekimo tinklų kadastro matavimais, nustatyta, kokio ilgio ir skersmens vamzdžiai yra sukloti tarp atskirų taškų (žr. 5.1 lentelę). Šiame kvartale yra nutiesti 806 metrai termofikacinio tinklo vamzdynų. Jų sąlyginis skersmuo svyruoja nuo DN32 iki DN100. Visi jie yra pramoniniu būdu izoliuoti poliuretano putomis plastiko apvalkale. Šio kvartalo vamzdynas buvo keičiamas ne vienu metu, bet etapais – įvykus gedimams, prieš atliekant antžeminių aikštelių įrengimo darbus, po renovacijų. Kadangi visas kvartalas buvo renovuotas skirtingu metu, o pačios renovacijos taip

pat užsitęsė, nauji vamzdynai negalėjo būti parinkti optimaliai. Vamzdynai buvo parenkami naudojant istorinius šiluminės energijos sunaudojimo duomenis, numatomą sunaudojimą.

Kaip matyti 5.1 paveiksle, CŠT tinklo konfiguracija yra šakotinė. Iš boilerinės Nr. 1 tinklas išsišakoja į dvi dalis jau pirmoje požeminėje šilumos tinklų kameroje. Pirmoji atšaka maitina du 60-ies butų namus. Kita atšaka maitina taip pat du namus, tik į juos ateinanti atšaka požeminėje kameroje dalinasi į atskiras atšakas. Antroji atšaka išeinanti iš boilerinės yra didesnė. Ji pirmoje kameroje atsišakoja į pagrindinę atšaką ir dvi kvartalines, kurių viena maitina vieną, kita maitina tris 45 butų namus. Pagrindinė vamzdyno atkarpa sekančioje požeminėje kameroje skirstosi į tris atšakas. Viena maitina vieną 60 butų namą, kita du 45 butų namus ir įmonę. Trečia vaikų lopšelių darželį, du 45 butų namus ir vieną 75 butų namą.

**5.1 lentelė.** Analizuojamos miesto dalies termofikacinio vandens tiekimo vamzdyno techniniai duomenys

Eilės numeris	Vamzdyno atkarpa	Ilgis, m	Vamzdžio sąlyginis skersmuo
1.	Boilerinė 1 – A	9	DN100
2.	A – B	83	DN80
3.	B – Kosmonautų g. 18	36	DN32
4.	B – Kosmonautų g. 20	23	DN32
5.	A – Kosmonautų g. 12	41	DN65
6.	Boilerinė 1 – C	32	DN100
7.	C – Kosmonautų g. 14	21	DN50
8.	C – Kosmonautų g. 10	25	DN100
9.	Kosmonautų g. 10 – Kosmonautų g. 8	47	DN50
10.	Kosmonautų g. 8 – Kosmonautų g. 4	47	DN32
11.	C – D	51	DN100
12.	D – Kosmonautų g. 5	10	DN32
13.	D – E	118	DN80
14.	E – Kosmonautų g. 1	28	DN50
15.	E – Kosmonautų g. 3	27	DN50
16.	D – F	49	DN80
17.	F – Kosmonautų g. 13	22	DN32
18.	F – G	57	DN65
19.	G – Kosmonautų g. 7	25	DN40
20.	G – Kosmonautų g. 9	55	DN50

Šis kvartalas buvo statomas nuosekliai. Iš pateikiamos 5.2 lentelės matyti, kad pirmas namas pradėtas statyti 1969 metais (Kosmonautų g. 12), o paskutiniai namai – 1975 metais. Jų energetinė klasė panaši dėl panašių projektų bei naudotų statybinių medžiagų ir technologijų. Po pastatų modernizacijų, jų energetinės klasės taip pat neišsiskyrė, vyrauja B ir C energetinio naudingumo klasės. Jos skiriasi dėl priimto modernizacijos projekto tipo.

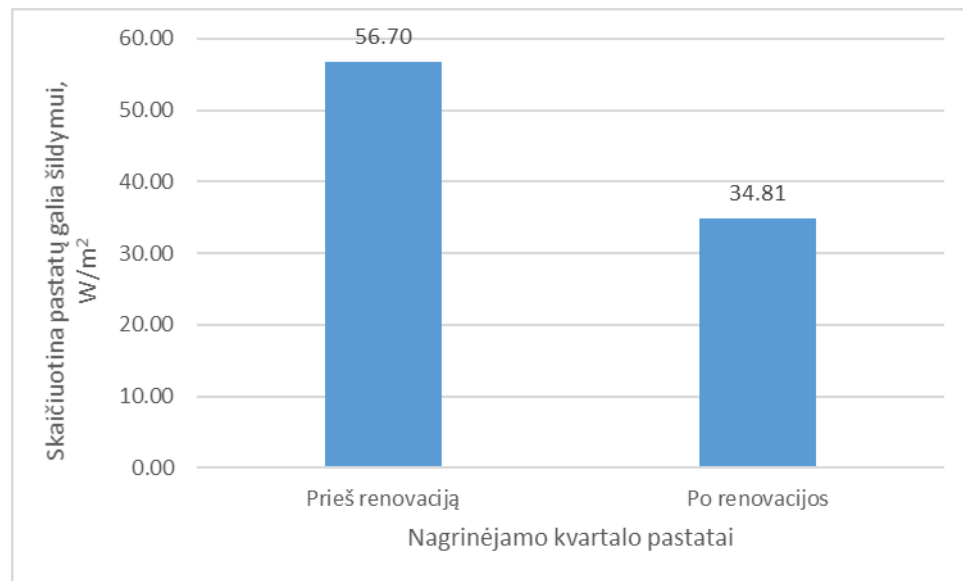
**5.2 lentelė.** Renovuotų namų duomenys

<b>Adresas</b>	<b>Statybos metai</b>	<b>Butų skaičius</b>	<b>Renovacijos pradžia</b>	<b>Renovacijos pabaiga</b>	<b>Pastato energinio naudingumo klasė prieš modernizavimą</b>	<b>Pastato energinio naudingumo klasė po modernizavimo</b>
Kosmonautų g. 3	1975	45	2014 08 06	2017 01 02	E	C
Kosmonautų g. 3A	1974	45	2017 12 05	2019 12 27	E	C
Kosmonautų g. 4	1975	45	2014 09 08	2016 01 27	D	C
Kosmonautų g. 5	1972	60	2017 04 19	2018 12 20	F	C
Kosmonautų g. 6	1971	60	2017 04 20	2019 03 21	E	B
Kosmonautų g. 7	1973	45	2019 01 03	vykdomas	E	C
Kosmonautų g. 8	1975	45	2017 04 19	2019 01 14	G	B
Kosmonautų g. 9	1973	45	2009 01 12	2009 12 18	E	C
Kosmonautų g. 10	1975	45	2015 03 27	2016 07 25	E	C
Kosmonautų g. 11	1973	75	2014 09 24	2016 07 22	E	C
Kosmonautų g. 12	1969	60	2017 04 20	2019 03 21	F	B
Kosmonautų g. 14	1971	40	2013 12 04	2015 07 24	E	C
Kosmonautų g. 18	1970	60	2014 09 10	2016 03 29	D	C
Kosmonautų g. 20	1970	60	2015 02 11	2016 12 13	E	C

**5.3 lentelė.** Gyvenamųjų namų energijos suvartojimo pokytis

Adresas	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Kosmonautų g. 1	20,125	126,528	140,454	119,321	110,922	104,603	137,967	120,368	134,988	189,862	143,000	187,003
Kosmonautų g. 3	251,275	206,907	234,611	216,493	219,413	221,670	197,426	124,987	120,803	128,055	131,361	201,738
Kosmonautų g. 3A	261,931	213,578	233,534	225,875	209,093	198,850	194,990	224,986	204,441	157,140	86,692	115,055
Kosmonautų g. 4	238,920	229,025	241,250	222,591	221,539	180,464	93,038	94,404	100,843	85,519	86,234	130,407
Kosmonautų g. 5	281,283	210,420	227,463	221,433	217,223	209,952	233,350	222,095	199,327	100,116	94,878	128,906
Kosmonautų g. 6	234,307	223,586	236,974	245,246	215,926	203,518	221,855	233,658	203,628	136,169	164,273	192,575
Kosmonautų g. 7	286,803	249,931	237,928	225,123	219,367	207,350	215,542	237,581	230,402	232,707	219,165	179,776
Kosmonautų g. 8	275,010	248,489	254,108	235,910	212,100	213,487	244,369	235,661	209,737	138,126	149,343	210,560
Kosmonautų g. 9	124,393	100,638	97,587	91,576	86,215	85,472	100,098	95,183	100,152	111,171	113,634	167,985
Kosmonautų g. 10	251,328	221,932	234,082	227,559	205,306	172,812	142,507	132,850	134,048	139,244	146,912	196,761
Kosmonautų g. 11	410,490	331,696	364,546	364,492	362,247	313,628	288,718	225,348	243,446	226,603	225,140	296,842
Kosmonautų g. 12	227,318	194,293	227,158	201,612	203,620	198,216	202,696	225,628	191,206	150,641	152,669	182,273
Kosmonautų g. 13	398,264	311,656	300,546	298,611	257,159	274,637	342,400	346,844	284,629	247,659	210,685	278,728
Kosmonautų g. 14	212,167	206,760	209,289	187,962	175,486	136,825	123,568	110,095	127,120	123,738	118,867	153,448
Kosmonautų g. 18	256,223	235,820	254,440	258,116	223,578	225,746	157,208	146,583	130,477	141,599	127,086	208,992
Kosmonautų g. 20	289,945	232,771	242,658	226,129	219,811	225,950	181,885	107,894	128,985	122,480	125,297	152,148

Lentelėse 5.1 ir 5.2 pateikti duomenys rodo energetinį efektyvumą bei šiluminės energijos poreikio sumažėjimą po pastatų renovacijos. Vidutiniškai pastato energinio naudingumo klasė prieš renovaciją buvo E, po modernizacijos vidutiniškai pasiekama pastato energinio naudingumo klasė – C. Labiausiai lentelėse išsiskiria gyvenamasis daugiabutis namas esantis Kosmonautų g. 8. Jame po modernizacijos naudingumo klasė nuo G pakilo iki B. Tai namui leidžia sutaupyti apie 100 MWh šiluminės energijos per metus, tai sudaro apie 40 % šiluminės energijos nuo sunaudojamos prieš pastato renovaciją. Tokiais pat puikiais duomenimis išsiskiria namai Kosmonautų g. 5 bei Kosmonautų g. 20, kurie po modernizacijos sutaupo po 100 MWh per metus. Likę daugiabučiai vidutiniškai sutaupo 50–70 MWh per metus nuo šiluminės energijos sunaudotos prieš modernizaciją. Tai sudaro 20–30 % šiluminės energijos, sunaudojamos prieš pastato renovaciją. Toliau (žr. 5.2 pav.) pateikiamos pastatų skaičiuotinių maksimalių galių šildymui prieš renovaciją ir po renovacijos palyginimas.



**5.2 pav.** Nagrinėjamo kvartalo pastatų skaičiuotina galia šildymui prieš renovaciją ir po renovacijos

## 6. Atrinkto kvartalo pritaikymas ŽCŠT

### 6.1. Renovuotų pastatų šilumos poreikių įvertinimas

Žematemperatūrinio šilumos tiekimo tinklo eksploatavimo galimybės esamame tinkle priklauso nuo esamų vamzdinių bei pastatų šilumos punktų esamų projektinių savybių. Kadangi visų renovuotų namų šilumos punktų modernizacijai atlikti buvo numatytos sąlygos pagal esamą aukštų temperatūrų termofikacinio vandens grafiką, todėl ir mazgų komponentai buvo projektuoti šiems parametrams. Atlikus šių gyvenamųjų namų individualių punktų projektinių tiekiamo bei grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrinius režimus, matome, jog vyrauja du variantai. Vienu tiekama temperatūra 70 °C, grįžtama – 50 °C, kitu – tiekama – 80 °C, grįžtama – 68 °C. Dar nerenovuotų prekybinio pastato ir vaikų lopšelio darželio senuose projektuose nurodyti režimai yra tiekama temperatūra – 95 °C ir grįžtama – 70 °C. Iš to galima spręsti, jog vieni projektuotojai griežčiau vadovaujasi esamu temperatūriniu grafiku, kiti lanksčiau vertina besikeičiančias gamtines sąlygas, pastatų šiluminius efektyvumus bei tikimybę, kad šilumos tiekimo įmonės, gal ir ne iš karto ir drastiškai, bet su laiku žemins tiekiamo termofikacinio vandens temperatūras.

Miestų centralizuoto šilumos tiekimo tinklas yra sudėtingas inžinerinis įrenginys ir jo statyba tęsiama daug metų (5–10 metus, o kartais ir ilgiau). Sudarant tokį projektą yra žinomos miestų, mikrorajonų ribos, būsimų pastatų aukštingumas, tačiau nežinomi jiems reikalingi šilumos valandiniai ir metiniai šilumos kiekiai. Tokiais atvejais projektiniai šiluminės energijos kiekiai apskaičiuojami taikant sustambintus šilumos poreikių rodiklius [14].

Renovuojant šilumines trasas, atsižvelgiama į galimą kvartalų plėtrą, o žinant istorinius pastatų šiluminės energijos sunaudojimo duomenis bei atlikus faktinius skaičiavimus, parenkami optimalūs vamzdiniai.

Remiantis keturių šalčiausių (lapkričio, gruodžio, sausio, vasario) 2021–2022 metų šildymo sezono mėnesių duomenimis, atliktas faktinių pastatų maksimalių galingumų šildymo tikslams skaičiavimas. Iš projektinių skaičiavimų numatyta, jog projektinė minimali lauko temperatūra Jonavos mieste yra –22 °C, kambario temperatūra – +18 °C. Vidutinės mėnesių temperatūros ir pastatų mėnesiniai energijos suvartojimo duomenys bei pastatų ploto kvadratūros pateikiamos 6.1 lentelėje. Žinant Jonavos miesto vartotojų šilumos sąnaudas šildymui, galima apskaičiuoti vartotojų realią maksimalią galią šildymo tikslams pagal (1) formulę, remiantis šilumos tinklų projektavimo vadovėliu [15]:

$$Q = N_{max} \cdot \frac{(t_{kamb} - t_{vid}^{apl})}{(t_{kamb} - t_{min}^{pr})} \cdot n_{d.sk.} \cdot 24; \quad (1)$$

Iš 1 formulės išreiškštas  $N_{max}$  – maksimali pastato šildymo galia.

$$N_{max} = \frac{Q(t_{kamb} - t_{min}^{pr})}{(t_{kamb} - t_{vid}^{apl}) \cdot n_{d.sk.} \cdot 24}; \quad (2)$$

čia  $N_{max}$  – maksimali galia šildymui, kW;

$Q$  – šilumos sąnaudos šildymui per nagrinėjamą laikotarpį, kWh;

$t_{min}^{pr}$  – minimali aplinkos oro temperatūra šildymo sezono metu (Jonavoje yra – 22 °C), °C;



$t_{kamb}$  – norminė kambario temperatūra šildymo sezono metu, +18 °C;  
 $t_{vid}^{apl}$  – vidutinė aplinkos oro temperatūra nagrinėjamu laikotarpiu, °C;  
 $n_{d.sk.}$  – dienų skaičius nagrinėjamu laikotarpiu;  
 24 – valandų skaičius paroje.

6.1 lentelė. Kvartalo pastatų faktiniai energijos suvartojimo kiekiai ir galia

Mėnuo, 2021 metai – 2022 metai		Lapkritis	Gruodis	Sausis	Vasaris	Suma	Galia	
Vidutinė mėn. temperatūra		4,2 °C	-3,1 °C	0 °C	1,4 °C		6	7
Stulpelio numeris		1	2	3	4	5	6	7
Sunaudotas energijos kiekis		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kW	W/m <sup>2</sup>
Adresas	Plotas, m <sup>2</sup>							
Kosmonautų g. 1	<b>854,51</b>	8503,000	11991,000	24135,000	18634,000	63263,000	50	59,0
Kosmonautų g. 3	<b>2335,41</b>	26173,570	33274,022	27626,022	22912,665	109986,279	88	37,5
Kosmonautų g. 3A	<b>2304,61</b>	13610,968	23973,267	20141,267	16736,370	74461,872	59	25,8
Kosmonautų g. 4	<b>2344,74</b>	15510,172	27855,345	23628,345	18338,827	85332,689	68	29,0
Kosmonautų g. 5	<b>2701,09</b>	16040,667	25544,955	21163,955	15993,089	78742,666	63	23,2
Kosmonautų g. 6	<b>2697,13</b>	22324,731	34442,355	35128,355	28605,482	120500,923	96	35,6
Kosmonautų g. 7	<b>2341,78</b>	15788,451	25805,166	22473,166	16205,021	80271,804	64	27,3
Kosmonautų g. 8	<b>2343,69</b>	23757,096	38480,466	33328,466	27745,357	123311,385	98	41,9
Kosmonautų g. 9	<b>2325,65</b>	15902,054	31937,122	26126,122	21486,917	95452,215	76	32,7
Kosmonautų g. 10	<b>2321,47</b>	23978,564	34647,166	32707,166	24246,860	115579,756	92	39,7
Kosmonautų g. 11	<b>4015,42</b>	35722,462	59161,911	50873,911	45262,565	191020,849	152	37,9
Kosmonautų g. 12	<b>2701,09</b>	21402,785	36641,112	28067,122	22618,133	108729,152	87	32,1
Kosmonautų g. 13	<b>2215,19</b>	28430,000	45329,000	41764,000	39881,000	155404,000	124	55,9
Kosmonautų g. 14	<b>1929,89</b>	16081,571	29005,678	23526,678	19742,419	88356,346	70	36,5
Kosmonautų g. 18	<b>2701,10</b>	25136,495	37075,411	31750,411	26022,662	119984,979	96	35,4
Kosmonautų g. 20	<b>2697,76</b>	16396,452	26868,533	24087,533	18694,288	86046,806	69	25,4

Lentelės 1–4 stulpeliuose pateikti kiekvieno pastato suvartotos šiluminės energijos kiekiai 2021 metų lapkričio – 2022 metų vasario mėnesiais. Penktame stulpelyje pateiktas bendras suvartotas šiluminės energijos kiekis skaičiuojamuoju laikotarpiu. Remiantis šiais duomenimis apskaičiuojama reali maksimali galia šildymui ir ji pateikta lentelės 6 stulpelyje. Turint šiuos duomenis, kiekvienam pastatui apskaičiuojama specifinė galia vienam šildomo ploto kvadratiniam metrui (7–as stulpelis). Viso kvartalo šio dydžio svertinis vidurkis yra 34,8 W/m<sup>2</sup>.



2 priedą) sudaroma apibendrinanti rezultatų 6.2 lentelė, kurios duomenų pagrindu buvo atlikti tolimesni ekonominiai skaičiavimai.

**6.2 lentelė.** Apskaičiuoti optimalūs vamzdžių skersmenys skirtingiems temperatūriniais režimams

Vamzdyno atkarpa	Esamas vamzdynas	Temperatūrinis režimas – 100/48	Temperatūrinis režimas – 70/40	Temperatūrinis režimas – 55/30	Temperatūrinis režimas – 50/25
B1 – C	DN100	DN100	DN100	DN125	DN125
C – D	DN100	DN80	DN100	DN100	DN100
D – F	DN80	DN65	DN80	DN80	DN80
F – G	DN65	DN50	DN65	DN65	DN65
G – K9	DN50	DN50	DN65	DN65	DN65
G – K7	DN40	DN32	DN32	DN40	DN40
B1 – A	DN100	DN65	DN65	DN80	DN80
A – K12	DN65	DN50	DN50	DN65	DN65
A – B	DN80	DN40	DN50	DN65	DN65
B – K18	DN32	DN32	DN40	DN50	DN50
B – K20	DN32	DN32	DN40	DN40	DN40
F – K13	DN32	DN40	DN50	DN50	DN50
C – K10	DN100	DN50	DN65	DN65	DN65
K10 – K8	DN50	DN40	DN50	DN65	DN65
K8 – K4	DN32	DN32	DN32	DN40	DN40
C – K14	DN50	DN32	DN40	DN40	DN40
D – E	DN80	DN50	DN65	DN65	DN65
E – K1	DN50	DN25	DN32	DN32	DN32
E – K3	DN50	DN32	DN40	DN50	DN50
D – K5	DN32	DN32	DN32	DN40	DN40

Gautų rezultatų bei faktinių esamų vamzdžių duomenų pagrindu galima daryti išvadą, jog esami vamzdžiai planinių remontų ir savalaikių vamzdžių atnaujinimo metu buvo parinkti tikintis temperatūrinio režimo žeminimo netolimoje perspektyvoje. Pastatams šildyti būtų tiekama pakankamai energijos esant 70/40 režimui, nes jam parenkamas vamzdynas yra artimas esamam. Vienintelė problema, su kuria galima susidurti, tai nepakankamas vamzdyno pralaidumas kelių daugiabučių namų įvaduose esant žemiausiai projektinei temperatūrai.

Analizuojant žematemperatūrinius režimus 55/30 ir 50/25 matyti, kad jiems programa parenka identiškų skersmenų vamzdžius visoms atkarpoms. Tuo remiantis galima teigti, kad pakeitus esamus vamzdynus į rekomenduojamų skersmenų 55/30 režimui, jis yra pakankamas paruošti karštą buitinį vandenį laikantis teisės aktų. Tokiu atveju ateityje liktų galimybė dar labiau žeminti termofikacinio vandens temperatūrą, radus papildomą būdą pašildyti buitinį karštą vandenį. Tokiam žeminimui jau nereikėtų papildomų finansinių išlaidų dėl tinkamų vamzdynų.

### 6.3. Šiluminių nuostolių į aplinką apskaičiavimas skirtingiems temperatūriniais režimams

Šilumos tiekimo tinklai, nesvarbu koku būdu yra pakloti, ar pereinamuose, ar nepereinamuose kanaluose, ar orine linija, ar pakloti į gruntą - bet koku atveju spinduliuoja šiluminę energiją į aplinką. Šie nuostoliai vadinami nuostoliais į aplinką. Remiantis atliktos analizės rezultatais ir žinant vamzdynų geometrines charakteristikas, apskaičiuojami šiluminės energijos nuostoliai į aplinką, naudojant Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos rekomenduojamas naudoti šilumos perdavimo vamzdynų nuostolių skaičiuokles (žr. 3 priedą). Šiose skaičiuoklėse naudojamas skaičiavimo algoritmas bei lygtys yra įteisintos Lietuvos respublikos ūkio ministro įsakymu „Dėl šilumos tiekimo vamzdynų nuostolių nustatymo metodikos patvirtinimo [18]“.

Visas analizuojamo kvartalo vamzdynas yra pakeistas į pramoniniu būdu izoliuotus vamzdžius su poliuretanine šilumos izoliacija ir atitinka LST EN 253 standartą. Šiame darbe analizuojamam atvejui vamzdynų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas –  $\lambda = 0,03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Vamzdžiai yra pakloti grunte ir užpilti smėliu. Grunto šilumos laidumo koeficientas –  $\lambda_{gr} = 1,75 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Šilumos nuostoliai apskaičiuojami nustatant vamzdyno atiduodamą šilumos srautą (W) nuo 1 metro ilgio cilindro paviršiaus, kuris skaitine reikšme yra lygus šilumos nuostoliams per valandą (Wh). Bendroju atveju jis apskaičiuojamas pagal (3) formulę:

$$q = \frac{t_f - t_a}{R}; \quad (3)$$

čia  $q$  – šilumos nuostolių srautas, W/m;

$t_f$  – šilumnešio temperatūra, °C;

$t_a$  – aplinkos temperatūra, °C;

$R$  – šiluminė varža, m·K/W.

Šiluminė varža susideda iš atskirų varžų. Jos priklauso nuo vamzdynų klojimo būdo. Vamzdyną klojant grunte ji apskaičiuojamas pagal (4) formulę:

$$R = R_v + R_s + R_{iz} + R_a + R_o + R_k + R_{gr}; \quad (4)$$

čia  $R_v$  – vamzdžio vidinio paviršiaus varža, m·K/W;

$R_s$  – vamzdžio sienutės varža, m·K/W;

$R_{iz}$  – vamzdžio izoliacijos varža, m·K/W;

$R_a$  – vamzdžio izoliacijos išorinio paviršiaus varža, m·K/W;

$R_o$  – kanalo vidinio paviršiaus varža, m·K/W;

$R_k$  – kanalo sienutės varža, m·K/W;

$R_{gr}$  – grunto varža, m·K/W.

Dėl labai mažų reikšmių, lyginant su kitomis varžomis, vamzdžio sienelės ir vamzdžio vidinio paviršiaus šiluminės varžos skaičiavimuose nėra vertinamos ir rezultatams įtakos neturi. Kitos varžos apskaičiuojamos pagal sekančias formules.

Grunto šiluminė varža apskaičiuojama pagal (5) formulę:

$$R_{gr} = \frac{1}{2\pi\lambda_{gr}} \ln \left( 2 \frac{h}{d_{iz}} + \sqrt{\frac{4h^2}{d_{iz}^2} - 1} \right); \quad (5)$$

čia  $\lambda_{gr}$  – grunto šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K);  
 $h$  – atstumas nuo grunto paviršiaus iki vamzdžio ašies, m;  
 $d_{iz}$  – izoliuoto vamzdžio skersmuo, m.

Tais atvejais, kai šilumos nuostolių skaičiavimuose aplinkos temperatūra yra laikoma vietovės oro temperatūra, turi būti įvertinta grunto paviršiaus varža. Ji vertinama fiktyviu vamzdyno įgilinimu pagal (6) formulę:

$$h_f = \frac{\lambda_{gr}}{\alpha_{gr}}; \quad (6)$$

čia  $h_f$  – fiktyvus vamzdyno įgilinimas, m;  
 $\alpha_{gr}$  – grunto šilumos atidavimo koeficientas, W/(m<sup>2</sup>·K).

Jeigu greta pakloti du vamzdynai, kuriais teka skirtingų parametrų šilumnešis, tai grunto varža apskaičiuojama kiekvienam vamzdynui atskirai pagal (7) formulę:

$$R_{gl} = \frac{\left( \frac{\lambda_{gr} \ln \frac{d_{iz2} + \ln \frac{h_2}{d_{iz2}}}{d_2} + \ln \frac{h_2}{d_{iz2}} \right) \left( \frac{\lambda_{gr} \ln \frac{d_{iz1} + \ln \frac{h_1}{d_{iz1}}}{d_1} + \ln \frac{h_1}{d_{iz1}} \right) + \ln \sqrt{\frac{s^2 + (h_1 + h_2)^2}{s^2 + (h_1 - h_2)^2}}}{2\pi\lambda_{gr} \left( \frac{\lambda_{gr} \ln \frac{d_{iz2} + \ln \frac{h_2}{d_{iz2}}}{d_2} + \ln \frac{h_2}{d_{iz2}} - \frac{t_f e^{-t_a}}{t_f a - t_a} \ln \sqrt{\frac{s^2 + (h_1 + h_2)^2}{s^2 + (h_1 - h_2)^2}} \right)}; \quad (7)$$

čia  $\lambda_{iz}$  – izoliacijos šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K);  
 $d_{iz1}$  – izoliacijos skersmuo, m;  
 $d_{iz2}$  – papildomos izoliacijos skersmuo, m;  
 $d_2$  – vamzdžio skersmuo, m;  
 $h_1$  – atstumas nuo grunto paviršiaus iki pirmo vamzdžio ašies, m;  
 $h_2$  – atstumas nuo grunto paviršiaus iki antro vamzdžio ašies, m;  
 $s$  – atstumas tarp vamzdžių centrų, m;  
 $t_{fe}$  – fiktyvi ekvivalentinė temperatūra, °C;  
 $t_{fa}$  – fiktyvi temperatūra į aplinką, °C.

Kai vamzdynai pakloti grunte, šilumos srautui patekti iš vamzdynų į aplinką trukdo izoliacijos, grunto ir jo paviršiaus šiluminės varžos. Šilumos nuostolių srautas skaičiuojamas pagal (8) formulę:

$$q = \frac{2\pi(t_f - t_a)}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\lambda_k} \ln \frac{d_{k+1}}{d_k} + \frac{\ln}{\lambda_{gr}} \left( 2 \frac{h}{d_{iz}} + \sqrt{\frac{4h^2}{d_{iz}^2} - 1} \right)}; \quad (8)$$

čia indeksas  $k$  – šiluminės varžos eilės numeris.

Esant daugiau negu vienam vamzdynui, dėl tarpusavio šiluminės sąveikos keičiasi grunto šiluminė varža, todėl pagal (7) formulę apskaičiuojamos bendros šiluminės varžos kiekvienam vamzdžiui, o po to, jas ir atitinkamas temperatūras įrašius (3) formulę, surandami nuostoliai.

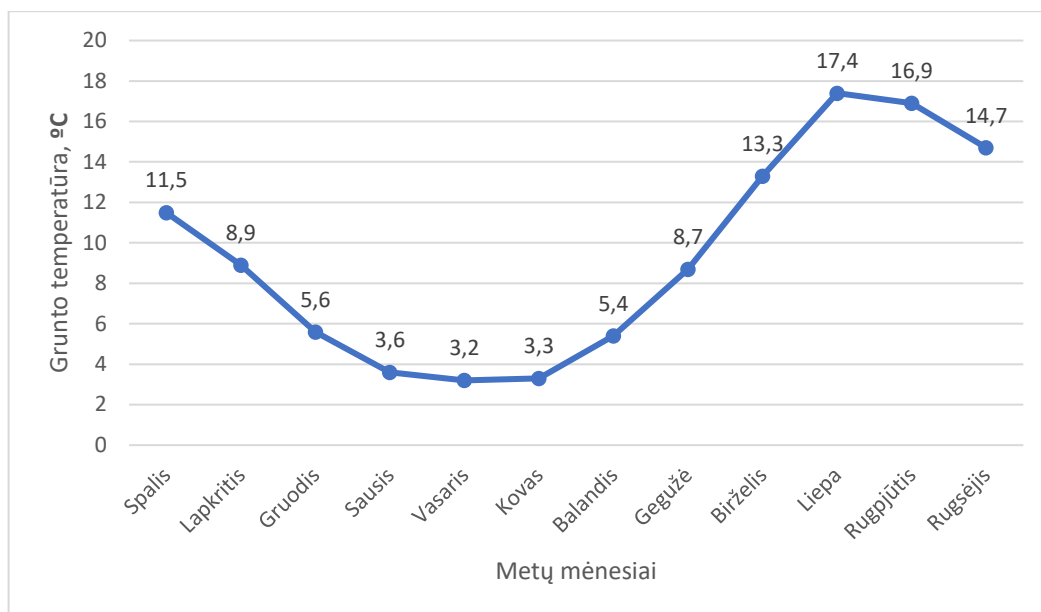
Pagal pateiktą skaičiavimo metodiką, Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos šilumos perdavimo vamzdinių nuostolių skaičiuoklėmis [19] atlikti tolimesni skaičiavimai.

Į skaičiuoklę suvedami visi skaičiuojami veikiantys vamzdynai, jų ilgiai bei skersmenys. Taip pat tiekama bei gražinama termofikacinio vandens temperatūra per laikotarpį valandomis. Parenkamas grunto tipas, vamzdinių paklojimo būdas bei vamzdžio specifikacija. Skaičiavimuose naudojama vidutinė lauko oro temperatūra bei vidutinė grunto temperatūra 1,2 m gylyje. Duomenys surinkti iš mėnesinių Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos pažymų apie hidrometeorologines sąlygas ir pateikiami 6.3 lentelėje.

**6.3 lentelė.** Vidutinės lauko oro bei grunto 1,2 metro gylyje temperatūros

Metai	Mėnuo	Vidutinė lauko oro temperatūra, °C	Vidutinė grunto temperatūra 1,2 m gylyje, °C
2021	Spalis	8,1	11,5
2021	Lapkritis	4,2	8,9
2021	Gruodis	-3,1	5,6
2022	Sausis	0	3,6
2022	Vasaris	1,4	3,2
2022	Kovas	1,8	3,3
2021	Balandis	6,1	5,4
2021	Gegužė	11,4	8,7
2021	Birželis	19,5	13,3
2021	Liepa	22,5	17,4
2021	Rugpjūtis	16,4	16,9
2021	Rugsėjis	16,4	14,7

6.2 paveikslėlyje matomas grunto temperatūros kitimo grafikas per kalendorinius metus. Pastebima, kad grunto temperatūros kitimas nesutampa su aplinkos oro kitimu metų bėgyje. Žemės gruntas pradeda šilti tik praėjus 2–3 mėnesiams po šildymo sezono pabaigos t. y. birželio – liepos mėnesiais. Tokiu pačiu principu, tik atvirkščias procesas vyksta ir krįtant oro temperatūrai, kai grunto sukaupta šiluma išspinduliuojama tik spalio – lapkričio mėnesiais. Tai lemia ir šiluminės energijos nuostolius tiekimo vamzdynuose. Pastebėta tendencija, baigus šildymo sezoną balandžio mėnesio antroje pusėje, grįžtamo vandens temperatūra pradeda kilti tik vasaros viduryje. Taip pat išlieka gana aukšta prasidėjus šildymo sezonui iki vėlyvo rudens, kuomet gruntas atvėsta. Tai parodo, kad šiluminės energijos nuostoliai į gruntą priklauso ne tiek nuo oro temperatūros, bet nuo grunto temperatūros.



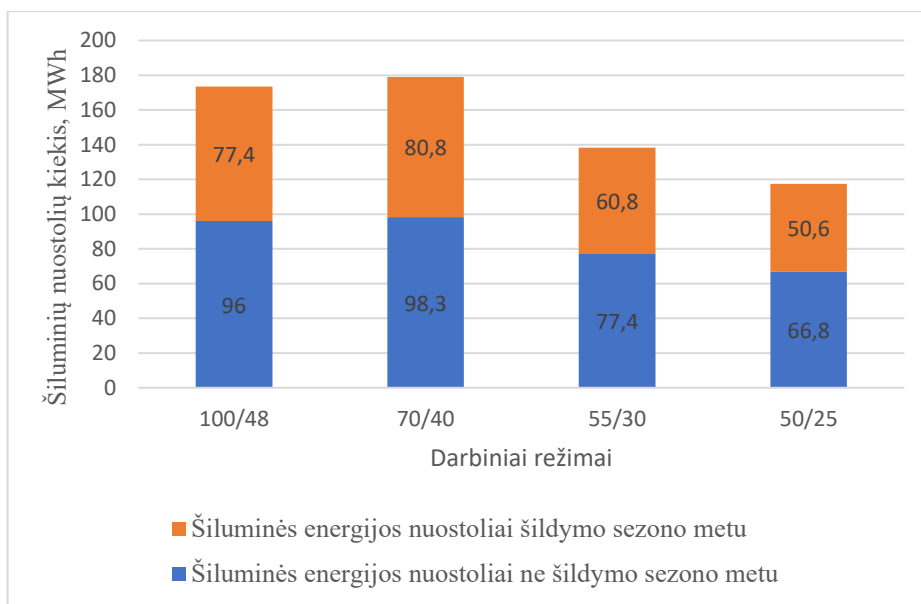
**6.2 pav.** Grunto temperatūra 1,2 m gylyje atskirais metų mėnesiais

Gauti nuostolių skaičiavimo rezultatai pateikiami 6.4 lentelėje.

**6.4 lentelė.** Šiluminės energijos nuostoliai į gruntą per metus

Nuostoliai į gruntą, MWh per metus			
Temperatūrinis režimas, °C	Šildymo sezono metu	Ne šildymo sezono metu	Iš viso
100/48	96,0	77,4	173,4
70/40	98,3	80,8	179,1
55/30	77,4	60,8	138,2
50/25	66,8	50,6	117,4

Atliekant skaičiavimus buvo daroma prielaida, kad pažemintos temperatūros režimai dirba ištisus metus nekintančia temperatūra, šiluminės energijos poreikio patenkinimą reguliuojant debetu. O dabartinis temperatūrinis režimas buvo skaičiuotas atsižvelgiant į temperatūrinį grafiką ir vidutinę mėnesio lauko temperatūrą. Analizuojamu laikotarpiu nebuvo žemos lauko temperatūros, todėl temperatūriniai režimai 100/48 ir 70/40 mažai kuo skyrėsi vienas nuo kito. Vasaros metu, dėl žemesnės grįžtamos temperatūros, vadovaujantis temperatūriniu grafiku, yra netgi sutaupoma. Lyginant pastovius tiekimo režimus, matyti, kad kiekvienas sekantis etapas, žeminant temperatūrą, sutaupytų apie 20 % šiluminės energijos į gruntą, neatsižvelgiant, ar tai šildymo, ar ne šildymo sezonas. Tai iliustruoja 6.3 pav.



**6.3 pav.** Šiluminės energijos nuostoliai į gruntą per metus, tiekiant šilumą skirtingais temperatūriniais grafikais tam tikslui tinkamai parinktų matmenų vamzdžiais

#### 6.4. Karšto buitinio vandens gamybos problematika

Žeminant termofikacinio vandens temperatūrą (pereinant prie 4 kartos šildymo sistemų) kyla problemos, ruošiant buitinį karštą vandenį. Žmogui praustis ar naudoti karštą vandenį buitinėms reikmėms t. y. indų plovimui, skalbimui rankomis, daugiausia komforto suteikianti yra žmogaus temperatūrai artima vandens temperatūra. Bet pastatuose vis tiek yra įrengiami vandens maišytuvai, prijungiant šaltą vandenį, kurio temperatūra 10 °C –15 °C bei karštą vandenį, kurio temperatūra tarp 50 °C – 60 °C. Tokia aukšta karšto buitinio vandens temperatūra reikalinga Legionella bakterijų dauginimosi prevencijai.

Legionella – tai bakterijos esančios vandenyje, o jų pavojingumas žmogui priklauso nuo bakterijų koncentracijos vandenyje. Koncentracija priklauso nuo galimybės daugintis, o pastaroji priklauso nuo vandens temperatūros. Bandymais nustatytas Legionella bakterijų elgesys prie skirtingų vandens temperatūrų [20] pateiktas 6.5 lentelėje.

**6.5 lentelė.** Legionella bakterijų elgesys priklausomai nuo vandens temperatūros ir laiko [20]

Eil. Nr.	Rizikos veiksnys		Rizikos laipsnis (+ mirimas; – augimas)	Temperatūros buvimo laikas	Rizikos laipsnis (+ mirimas; – augimas)	Temperatūros buvimo laikas	Rizikos laipsnis (+ mirimas; – augimas)
	Temperatūra, °C	Temperatūros buvimo laikas					
1	< 20	Neribojamas	0				
2	20–25	Neribojamas	0				
3	25–45	< 2 paros	0	> 2 paros < 1 savaitė	–	> 1 savaitė	---
4	45–50	Neribojamas	--				
5	50–55	Neribojamas	0				
6	55–60	> 1 val.	+	> 2 val.	++	> 3 val.	+++
7	60–65	> 3 min.	+	> 5 min.	++	> 10 min.	+++
8	65–70	> 20 s.	+	> 40 s.	++	> 1 min.	+++



Legionelos rizikos įvertinimo simbolių, pateiktų 6.5 lentelėje, reikšmės;

- neutrali reikšmė <50 cfu/l (absoliuti);
- + 10 kartų mažiau;
- ++ 100 kartų mažiau;
- +++ 1000 kartų mažiau;
- – <10<sup>3</sup> cfu/l;
- -- <10<sup>4</sup> cfu/l;
- --- <10<sup>5</sup> cfu/l.

Kaip matyti iš lentelėje pateiktų duomenų, šilumos tinklų gaminamo karšto vandens temperatūrų diapazone bakterijos nesidaugina, bet ir nežūva. Karšto vandens sistemų įrengimo taisyklėse yra reglamentuotos karšto vandens, tiekiamo buitiniams ir higieniniams reikmėms tenkinti, privalomos temperatūros.

Karšto vandens, tiekiamo buitiniams ir higieniniams reikmėms tenkinti, kokybė turi atitikti higienos normas ir reikalavimus. Karšto vandens temperatūra karšto vandens naudojimo vietose turi būti ne žemesnė kaip 50 °C ir ne aukštesnė kaip 60 °C, išskyrus legioneliozės prevencijos atvejus, kaip nustatyta higienos normoje. Vaikų ikimokyklinio, priešmokyklinio ugdymo ir vaikų socialinės globos įstaigose, vaikų žaidimų patalpose karšto vandens temperatūra praustuvų ir dušų vandens ėmimo čiaupuose turi atitikti higienos normų reikalavimus, t. y. turi būti ne žemesnė kaip 37 °C ir ne aukštesnė kaip 42 °C. Maitinimo įstaigose ir kitose vietose, kuriose karšto vandens temperatūra reikalinga aukštesnė, turi būti įrengti vietiniai vandens šildytuvai [21].

Kaip matyti, vaikų ugdymo įstaigose nurodoma tiekti vandenį temperatūros, kurioje bakterijos greitai dauginasi ir tai gali lemti neigiamus veiksnius. Siekiant to išvengti šiose objektuose įrengiamos kitokios karšto vandens tiekimo sistemos nei daugiabučiuose namuose. Pagrindinis skirtumas, kad patalpose, kuriuose yra vaikai, prieš maišytuvus yra įrengiamas papildomas maišymo vožtuvas, kuris redukuoja vandens temperatūrą į karšto vandens vamzdį iki leidžiamos taisyklėse. Taip nelieka tikimybės nusidenginti ir praktiškai panaikinama legionelos bakterijų susikaupimo tikimybė.

Skirtingose šalyse skiriasi ir rekomendacijos Legionella prevencijai. „Šveicarijos reglamente nustatyta, kad iš tūrinės talpos išeinančio vandens temperatūra turi būti ne mažesnė nei 60 °C, cirkuliacinių vamzdžių – 55 °C, o iš krano bėgtų bent 50 °C. Taip pat, jei vanduo, kuris sistemoje išlieka nuo 25 °C iki 50 °C temperatūroje, trumpiau nei 24 valandas, yra saugus vartoti. Danijos standarte rašoma, kad padidėjus bakterijų koncentracijai turėtų būti galimybė pakelti vandens temperatūrą iki 60 °C. Kadangi ši temperatūra didina kalcifikacijos tikimybę, dėl šios priežasties temperatūra yra palaikoma mažesnė – 55 °C. Vokietijoje vadovaujamas „3 litrų taisykle“. Teigiama, kad mažose sistemose, kurių laikymo bakas mažesnis nei 400 litrų ir kuriuose tūris tarp šildytuvo ir tolimiausio taško yra mažesnis nei 3 litrai, papildomų vandens apdorojimo metodų nereikia. Pakanka palaikyti 50 °C temperatūrą [22]“.

Lietuvoje esančiuose daugiabučių namų šiluminiuose mazguose praktiškai visur naudojami momentinio pakaitinimo plokšteliniai šilumokaičiai. Todėl minėtų šalių taisyklės Lietuvai netinkamos. Reikia žinoti, kad vanduo turi būti pakankamos temperatūros, kad bakterijos nesidaugintų ir vanduo negali užsistovėti vamzdnyuose, kad pravėšęs netaptų patogia terpe daugintis bakterijoms [20].

Tyrimais nėra nustatyta, kad daugėjantis *Legionella* bakterinio susirgimo atvejų skaičius yra žeminamų temperatūrų šilumos tiekimo tinkluose priežastis, bet į tai reikia atkreipti dėmesį. Europos ligų prevencijos ir kontrolės centre (ECDC) pranešama, kad 2018 m., palyginti su ankstesniais metais, užregistruotų legioneliozės atvejų padaugėjo 23 proc. Taip pat Šveicarijoje padaugėjo susirgimų, apie kuriuos pranešta Federaliniam visuomenės sveikatos biurui, nuo 265 (3,35 atvejo 100 000 gyventojų) 2010 m. iki 581 (6,77 atvejo 100 000 gyventojų) 2019 m. Atvejų, apie kuriuos pranešta, padidėjimo priežastis lieka nežinoma, nes legioneliozės inkubacinis laikotarpis yra 2–10 dienų po užsikrėtimo, todėl sunku nustatyti užkrėtimo priežastį ir aplinkybes [20].

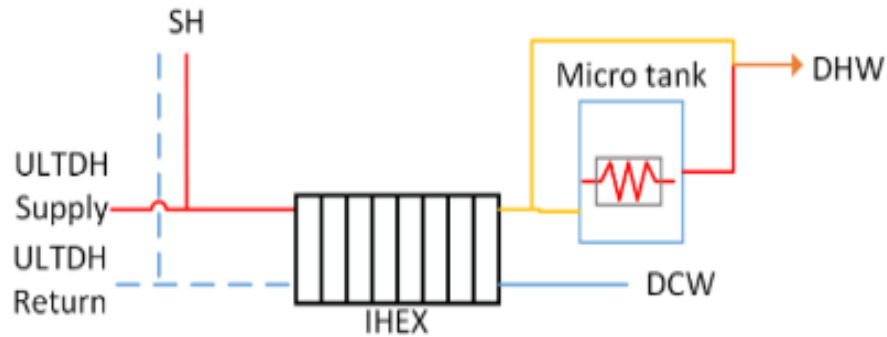
Ketvirtos kartos šilumos tiekimo tinklų temperatūra labai patogi *Legionella* bakterijoms daugintis. „Visų *Legionella* bakterijų prevencijos taisyklių bendri principai yra vengti kritinių taškų (vietų, karšto vandens sistemoje, kur vanduo gali užsistovėti legionelių augimo temperatūros intervale) ir kontroliuoti vandens temperatūrą sistemoje (pakankamai aukštas karštam vandeniui arba žemas šaltam vandeniui) [20]“.

*Legionella* bakterijas galima sterilizuoti karšto vandens apdorojimu, fotokatalize, ultravioletine šviesa, filtravimu arba cheminiu karšto vandens apdorojimu. Terminiškai apdorojant karštą vandenį reikia, kad jo temperatūra būtų maždaug 55 °C, o cirkuliacijos kontūro temperatūra būtų ne mažesnė kaip 50 °C. Cheminis apdorojimas gali būti pagrįstas cheminiais biocidais, pavyzdžiui, chloru arba mažo kiekio hipochlorito dezinfekavimo priemone [23].

Lietuvoje, gyvenamuosiuose namuose *Legionella* bakterijoms iš karšto buitinio vandens eliminuoti taikomas terminis būdas. Šiuo metu daugiausia mokslinių tyrimų atliekama cheminiam karšto vandens apdorojimui tirti. Bandymai vykdomi su skirtingomis medžiagomis, kurios turi savų privalumų ir trūkumų.

Naudojant chlorą, kurio vidutinė koncentracija yra 4–6 mg/l, po 3 val. naudojant 25 °C temperatūros vandenį, galima stebėti *Legionella* bakterijų skaičiaus sumažėjimą. Tačiau chloras yra cheminė medžiaga, sukelianti vamzdžių koroziją. Siekiant išvengti korozijos, reikalingos apsauginės dangos. Chloro dioksidas yra kita oksiduojanti medžiaga, plačiai naudojama geriamajam vandeniui ir kitoms vandens sistemoms apdoroti. Jis naikina bakterijas sutrikdydamas jų ląstelinius procesus. Chloro dioksidas daugeliu atveju yra veiksmingesnis už laisvąjį chlorą bei geriamojo vandens ruošime galima išvengti blogo kvapo. Tačiau chloro dioksido neigiama savybė yra jo greitas skilimas. Monochloraminas gali būti gaminamas saugiai ir patikimai, ir tai yra geriausias sprendimas siekiant pašalinti *Legionella* bakterijų sukeltą riziką. Pranešama, kad Danijos įmonės pagaminta nauja druskos pagrindu sukurta dezinfekavimo sistema, šešis mėnesius bandyta vienos legionelės karšto vandens sistemoje, yra labai veiksminga ir pašalina legionelės riziką be šalutinio poveikio [23].

Siekiant padidinti karšto buitinio vandens temperatūrą iki saugios vartojimui temperatūros, reikia naudoti papildomą energijos kiekį. Paprasčiausias būdas tokiam tikslui yra naudoti elektros energiją. Senuose daugiabučiuose namuose, daugiabučių namų kvartaluose bus susiduriama su papildoma elektros instaliacijos problema. Įvadinės elektros energijos instaliacijos yra senos, nerenovuojamos. Elektros energijos galia namui bei kvartalui buvo skaičiuota senai ir net šiandien naudojamų buitinių elektrinių prietaisų kiekis jau viršija projektinę elektros galią. Neatsižvelgiant į tai, danai suprojektavo labai paprastą karšto vandens pašildymo schemą.



**6.4 pav.** Karšto buitinio vandens pašildymo schema su akumuliacine talpa [24]

Schemoje už plokštelinio šilumokaičio sumontuotas elektrinis šildytuvas su nedidele akumuliacine talpa bei jos apėjimo linija tam, kad išvengti per didelės pradinės galios, reikalingos karšto vandens ruošimui. Sistemos elektrinio šildytuvo bei talpos parametrai skirsis konkrečiu atveju dėl pastato karšto vandens poreikio [24].

### 6.5. Trečio vamzdžio reikalingumas

Šiluminės energijos nuostolių mažinimui galima pritaikyti trečio vamzdžio technologiją. Du tiekimo vamzdžius ir vieną grįžtamąjį galima panaudoti dviem skirtingais atvejais. Pirmuoju atveju, kuomet tiekimo vamzdžių skersmenys yra skirtingi, yra naudojami žiemos – vasaros srautams optimizuoti ir mažinti šiluminės energijos nuostolius į aplinką bei vengti stratifikacijos reiškinių. Antruoju atveju trečiasis vamzdis naudojamas karštam buitiam vandeniui ruošti. Panaši sistema buvo naudota Jonavos mieste, bet jos buvo atsisakyta dėl šiluminių nuostolių bei sudėtingesnio karšto vandens tiekimo vartotojams užtikrinimo, kuomet trūkus kvartaliniam vamzdeliniam šilumokaičiui, karšto vandens tiekimas sutrikdavo apie 15 daugiabučių namų. Todėl šiuo metu kiekvieno namo šiluminiame mazge buvo įrengti karšto vandens plokšteliniai šilumokaičiai, t. y., karšto buitinio vandens tiekimas buvo decentralizuotas. Dėl padarytų investicijų grįžti prie ankstesnės technologijos būtų neracionalu, nors tai turėtų tam tikrų privalumų.

Vamzdžių išdėstymo metodu, kuomet atskiriami tiekimo ir grįžtamojo vandens vamzdžiai, t. y. buitinio karšto vandens vamzdžiai ir patalpų šildymo vamzdžiai dedami į tą patį izoliacinį sluoksnį, o grįžtamojo vandens vamzdžiai išdėstomi atskirai. Šis inžinerinis sprendimas leidžia sumažinti riziką dėl bendros sistemos sustabdymo prakiurus vienam vamzdžiui [25].

Dėl skirtingų termofikacinio vandens tiekimo debitų šildymo ir ne šildymo sezonais pradedami diegti šiluminės energijos tiekimo modeliai su trimis vamzdžiais, kuomet termofikacinio vandens tiekimui pagal poreikį naudojamas didesnio arba mažesnio skersmens vamzdis, o grįžtamajam vandeniui naudojamas vienas vamzdis nepriklausomai nuo pasirinkto režimo. Siekiant išnaudoti trečio vamzdžio potencialą yra įrengiami kvartaliniai šilumnešio pamaišymo mazgai. Juose reguliuojamųjų vožtuvų pagalba yra maišomi tiekimo ir grįžtamosios linijų srautai tam, kad pasiekti reikiamą vartotojui tiekti vandens temperatūrą. Valdymo vožtuvai įrengiami srautų keitimui pagal poreikį. Taip pat kiekvieną

tiekiamąjį vamzdyną aptarnauja cirkuliacinis siurblys, parinktas pagal maksimalius tiekiamus srautus. Švedijoje Halmstado miesto viename iš kvartalų įdiegtame trijų vamzdžių pilotiniame projekte tikimasi sumažinti grįžtamą temperatūrą, tuo pačiu ir šiluminius nuostolius į aplinką. „Tiekiamą temperatūrą yra 65 °C. Grįžtama temperatūra tikimasi bus 32 °C žematemperatūriniame tinkle ir 28 °C ketvirtos kartos tinkle su trimis vamzdžiais. Apie 50 % grįžtamojo vandens yra sumaišoma su tiekiamu vandeniu norint pasiekti pageidaujamą temperatūrą [26]“.

Šie praktiniai skaičiavimai patvirtinti ir laboratorinių modeliavimo metu. „Atliktų bandymų metu gauti rezultatai parodė, kad tiekiant 50 °C temperatūros termofikacinį vandenį, panaudojant trečią vamzdį recirkuliacijai, vidutinė grįžtamo vandens temperatūra bus 17–21 °C [27]“.



**6.5 pav.** Trijų vamzdžių šilumnešio tiekimo sistema [27]

Iš trečio vamzdžio diegimo analizės galima daryti išvada, kad tai yra vienas iš būdų ženkliai sumažinti grįžtamojo vandens temperatūrą (žr. 6.5 pav.). Tai sumažintų šiluminius nuostolius į gruntą tiek nuo tiekiamo, tiek ir nuo grįžtamo termofikacinio vandens vamzdynų, našiau dirbtų kondensacinis ekonomizeris, taip pat atsirastų galimybė tiekti į tinklą šiluminę energiją iš žematemperatūrinių šaltinių.

## 7. ŽCŠT įdiegimo techninis – ekonominis įvertinimas: investicijų atsiperkamumas

Ekonominiai skaičiavimai šilumos ūkyje yra svarbūs, nes leidžia įvertinti diegiamų priemonių efektyvumą, kai planuojamos investicijos į priemones CO<sub>2</sub> emisijų mažinimui, atliekinės šiluminės energijos vartojimą, saulės šiluminės energijos naudojimą. Ekonominiai skaičiavimai svarbūs ne tik šilumos gamybos bei tiekimo įmonei, bet ir galutiniam vartotojui. Dėl finansinių kaštų įtraukimo į šilumos kainą (technologijų atnaujinimams) galutiniam vartotojui, visi projektai turi būti tiksliai apskaičiuoti, įvertinta jų finansinė nauda ilgalaikėje perspektyvoje bei nauda mažinant žalą ekosistemai.

Tolimesniais ekonominiais skaičiavimais analizuojamas investicijų pagrindimas, jeigu būtų diegiamas žematemperatūrinis šilumos tiekimas vartotojams skirtingais temperatūriniais režimais.

Kadangi šiluminės energijos nuostoliai į aplinką vyksta bet kurioje tinklo vietoje nuo katilinės kolektoriaus iki galutinio vartotojo, priimama, kad šis nuostolis yra neparduodama vartotojui energija, apmokestinama galutinio vartotojo mokamu tarifu. Remiantis UAB „Jonavos šilumos tinklai“ 2022 metų kovo mėnesio duomenimis, šilumos, patiektos iki gyvenamųjų namų ir kitų pastatų šilumos įvadu, kaina balandžio mėnesiui yra 7,24 ct/kWh, t. y. 72,4 Eur/MWh. Remiantis 6.4 lentele apskaičiuojama, kiek finansinių nuostolių būtų patirta, dirbant skirtingais temperatūriniais režimais. Gauti rezultatai pateikiami 7.1 lentelėje.

7.1 lentelė. Šiluminės energijos nuostoliai į gruntą finansine išraiška

Temperatūrinis režimas, °C	Nuostoliai į aplinką per kalendorinius metus, MWh	Finansiniai nuostoliai į aplinką, Eur/metus
100/48	173,4	12554,16
70/40	179,1	12966,84
55/30	138,2	10005,68
50/25	117,4	8499,76

7.1 lentelėje priimta, kad pirmoje eilutėje įvardinta esama situacija, antroje eilutėje – nuostoliai į aplinką skaičiuojami nuo kitokio, atnaujinto tinklo, kuriame vamzdynų skersmenys didesni, nei pirmuoju atveju (turėtų būti pakloti didesnio skersmens vamzdžiai dėl mažesnio  $\Delta t = (70-40) = 30$  °C, lyginant su pirmuoju atveju  $\Delta t = (100-48) = 52$  °C. O esant didesniems vamzdynų skersmenims, turėsime didesnius paviršių plotus, per kuriuos prarandame šilumą.

Tačiau pereinant prie žemesnių temperatūrų teigiamas efektas būtų juntamas. Įdiegus 55/30 režimą, per metus dėl šilumos nuostolių sumažėjimo būtų sutaupoma 2548,48 Eur, lyginant su esamu režimu. O režimas 50/25 sumažintų nuostolius į aplinką dar daugiau – iki 4054,4 Eur/metus. Tai yra gana žymi suma, lyginant, kad tai tik mažo kvartalo sutaupymai. Darydami prielaidą, kad netolimoje ateityje bus renovuoti visi miesto daugiabučiai ir bus pasiektas panašus energijos taupymo efektas kaip ir analizuojamo kvartalo atveju, metiniai sutaupymai pradėjus dirbti 50/25 režimu siektų 80 000 Eur/metus.

Norint pasiekti tokius ekonominius rodiklius, nepakanka sumažinti iš katilinės tiekiamo termofikacinio vandens temperatūrą. Tam reikėtų žymiai daugiau investicijų – reikėtų pakloti optimalius šilumos tiekimo vamzdžius, modernizuoti pastatų individualius šilumos punktus, išspręsti karšto buitinio vandens

gamybos klausimą, įvertinti cirkuliacijos siurblių elektros energijos padidėjusias sąnaudas bei spartesnį jų dėvėjimąsi ir t. t. Kaip jau minėta, šiame darbe buvo vertinamos tik investicijos CŠT vamzdynų atnaujinimui prie įvairių temperatūrinių režimų.

Kaip matyti iš 6.2 lentelėje susistemintų vamzdynų parinkimo skaičiavimo duomenų, tiek režimui 55/30, tiek 50/25 būtų parenkami tokie patys vamzdžiai. Todėl šių skaičiavimų metu lyginami esami vamzdynų faktiniai duomenys su bendru žematemperatūrinio režimo duomenimis. Iš 20 skirtingų vamzdyno atšakų net 6 atitinka reikiamus parametrus pažemintai temperatūrai. Tai sudaro 250 metrų šiluminės trasos arba 31 % kvartalo lauko tinklų. Iš likusių 14 atšakų, net 6 atšakos yra paklotos neoptimaliai, per didelio skersmens. Tai sudaro 284 metrus šiluminės trasos ir rodo, kad atliekant trasos remonto–atnaujinimo darbus buvo neoptimaliai panaudotos finansinės lėšos. Kadangi dauguma vamzdynų sąlyginių skersmenų skiriasi tik per vieną standarto žingsnį, priimtina, kad jie yra optimalūs ir jų keitimas į mažesnio skersmens būtų netikslingas ir finansiškai nuostolingas.

Šiluminės trasos keitimo darbai turi būti atlikti likusioms 8 atskiroms atkarpoms. Jos sudaro 272 metrus šiluminės trasos, tai yra 34 % nuo visų kvartalo tinklų arba 49 % nuo rekomenduojamų keisti. Iš to matyti, kad reikia perkloti 32 metrus šiluminės trasos DN125 vamzdyno, 102 metrus DN65 vamzdyno, 58 metrus DN50 vamzdyno, 80 metrų DN40 vamzdyno. Taigi, iš viso 272 metrai centralizuoto šilumos tiekimo trasos, tai yra 544 metrai vamzdžių.

Vamzdynų klojimo kaina susideda ne tik vamzdžio kainos, bet ir jų fasoninių dalių, montuotojų darbo užmokesčio, projektavimo darbų įkainio, žemės kasimo darbų, virinimo darbų įkainių. Miestams atsinaujinant, gražėjant, atsirandant vis modernesniems landšafto kūrimo sprendimams, vieną didžiausią vamzdynų klojimo mieste įkainio dalį sudaro gerbūvio atstatymo darbai. Nevertinant kiekvienos atšakos darbų sudėtingumo bei esamo gerbūvio rinkoje yra priimta taikyti būsimų sąnaudų koeficientą, remiantis vamzdžių ir jam reikalingų fasoninių dalių kainomis. Šiuo metu rinkoje dėl brangstančios darbo jėgos, medžiagų, priimta taikyti 1:5 koeficientą. Pagrindinę vamzdyno kainą sudarys vamzdžių kaina ir iš anksto pramoniniu būdu izoliuotų alkūnių kaina. Jas ir apskaičiuosiu.

**7.2 lentelė.** Keičiamų vamzdžių kaina analizuojamame kvartale

<b>Detalė</b>	<b>Vienetai</b>	<b>Vieneto kaina eurais be PVM</b>	<b>Bendra suma eurais be PVM</b>
Vamzdis DN40, L–12 m	13,4	200	2680
Alkūnė DN40, L–1 m	20	62	1240
Vamzdis DN50, L–12 m	9,7	220	2134
Alkūnė DN50, L–1 m	10	65	650
Vamzdis DN65, L–12 m	17	260	4420
Alkūnė DN65, L–1 m	18	80	1440
Vamzdis DN125, L–12 m	5,4	475	2565
Alkūnė DN125, L–1 m	2	130	260
<b>Iš viso, eurais be PVM</b>			<b>15389</b>

Atlikus pagrindinių vamzdynų sudedančių dalių skaičiuojamą finansinę analizę matyti, kad vien pagrindinės medžiagos kainuos 15 389 eurus. Tuomet įvertinant koeficientą 1:5 gaunama, kad visi reikiami darbai „iki rakto“ būtų atlikti už 76 945 eurus. Dabar galima įvertinti, kad tokie pakeitimai pereinant prie temperatūrinio režimo 55/30 atsipirks per 30 metų, o pereinant prie 50/25 atsipirkimas skaičiuojamas po 19 metų. Tai atrodo ilgas laiko tarpas, bet reikia atsižvelgti į daugiau aspektų. Žeminant temperatūrą, galima į tinklą tiekti papildomų alternatyvių šilumos gamybos šaltinių energiją. Keičiant senos statybos šilumos tiekimo tinklus, reikia iškart atsižvelgti į ateities perspektyvas ir parinkti reikiamo skersmens vamzdžius. Taip būtų taupomi papildomi vamzdžių perklojimo kaštai. Taip pat reikėtų naudotis Europos Sąjungos teikiamomis paramomis ir jų pagalba naujinti vamzdynus.

Šis atsipirkimo laikas nėra tikslus dėl papildomai diegiamų įrenginių šilumos punktuose karštam buitiniam vandeniui ruošti. Tiekiant termofikacinį vandenį režimu 50/25 ir norint nepažeisti nustatytų higienos normų reikia įrengti papildomus vandens šildytuvus, pvz., šilumos siurblius, elektrinius šildytuvus, saulės kolektorius ar pan. Tai išaugins elektros energijos sąnaudas. Elektros energijos sąnaudos didės ir dėl tinklo cirkuliacinių siurblių našesnio darbo mažėjant tiekiamo vandens temperatūrai ir didėjant tiekiamo vandens srautui. Tačiau į žematemperatūrinio tinklo diegimą turi būti žvelgiama su ilgalaikė perspektyva. Jeigu šiandien yra atsisakoma iškastinio kuro ir pereinama prie biomasės kūrenimo, ateityje ši tendencija keisis dėl augančių žaliavos kainų ir mažėjančios pasiūlos. Šiluminės energijos ateitis – tai atliekinė energija arba neriboti atsinaujinantys energijos ištekliai.

Nustatyta, kad žemesnės temperatūros yra būtinos geoterminės šilumos, pramoninės perteklinės šilumos ir šilumos siurblių šiluminės energijos gamybos atvejais, o to nereikalauja kogeneracinių jėgainių, naudojančių atliekas ar biomasę, atvejais. Mažesni šilumos paskirstymo nuostoliai sudaro nedidelę visų sumažėjusių sąnaudų dalį. Nustatyta, kad šiuo metu naudojama aukšta šilumos paskirstymo temperatūra yra svarbi kliūtis, trukdanti pereiti prie atsinaujinančios ir perdirbtos šilumos tiekimo energijos centralizuotos šilumos tiekimo sistemose. Žemesnės paskirstymo temperatūros palengvintų šį būtiną perėjimą, nes žemesnės paskirstymo temperatūros užtikrina didesnę šių atsinaujinančių ir perdirbtų šilumos šaltinių pelningumą [28].

Šilumos tiekime žemos temperatūros eksploatavimas lemia geresnę efektyvumą kogeneracijos, dūmų kondensacijos, šilumos siurblių, žemos temperatūros perteklinės šilumos, geoterminės gamybos, saulės šilumos ir šilumos kaupimo srityse. Šilumos skirstymo srityje žemos temperatūros eksploatavimas gerėja dėl mažesnių skirstymo nuostolių, mažesnio terminio vamzdžių plėtimosi, mažesnės nudegimo rizikos ir galimo kitų vamzdynų medžiagų, pvz. plastiko naudojimo [29].

Žemos termofikacinio vandens temperatūros turi didelės reikšmės vamzdynų ilgaamžiškumui bei avarinių situacijų tikimybei.

Šilumos tinklų sistemose su normaliomis darbinėmis sąlygomis svyravimai susideda iš kelių pilno poveikio ciklų (paleidimo ir stabdymo ciklai) ir daug mažesnių ciklų dėl temperatūrinių svyravimų paros bėgyje. Paprastai didžiausias maksimalių temperatūros ciklų skaičius įvyksta magistralinio vamzdyno padavimo vamzdyje ir grįžtamajame abonentų vamzdyno vamzdyje [30].

Temperatūros ciklų ir su tuo susijusių deformacijų ciklų skaičius lemia vamzdynų nuovargį. Palaikant maksimaliai artimą termofikacinio vandens temperatūrą, artimą vartotojo poreikiams visą parą, būtų sumažinamas vamzdynų temperatūrinio nuovargio ciklų skaičius iki minimumo.

Transėjose paklotiems vamzdžiams būtų galima priimti, kad mažas didelių ciklų skaičius turėtų duoti tokį patį gedimą, kaip ir didelis skaičius mažų ciklų, iš tikro duos didesnę gedimą. Todėl temperatūros svyravimai šilumos tinkluose turi būti kontroliuojami, vengiant nereikalingų jos svyravimų (kaip bet kokiai mechaninei sistemai) [30].

Europos Sąjungos standartai numato, kad iš anksto pramoniniu būdu izoliuoti vamzdžiai būtų eksploatuojami 30 metų be gedimų. Iš praktikos matyti, kad ši riba yra ne tik reali, bet ir viršijama, lyginant su tuo, ką galima pasiekti dirbant tinkamais režimais. „Bandytais nustatyta, kad vamzdynams dirbant pastoviu 120 °C režimu jų gyvavimo laikas yra 30 metų. Temperatūrą pamažinus iki 115 °C gyvavimo laikas prailginamas iki 50 metų, t. y. mažinant temperatūrą ilginamas gyvavimo laikas [31]“.



## Išvados

Atlikta Jonavos miesto CŠT sistemos esamos būklės analizė parodė, kad:

1. Jonavos rajono savivaldybės valdoma UAB „Jonavos šilumos tinklai“ – moderni, nuolat atsinaujinanti įmonė, savo veikloje taikanti pažangias technologijas. Modernizuotose katilinėse įrengti biokuro katilai, naudojami kondensaciniai ekonomizeriai. Bendrovės valdomose dvejose miesto katilinėse, išsidėsčiusiose skirtingose miesto vietose, veikia pakankamos galios katilai, kurie šiluminę energiją gamina, naudodami įvairias kuro rūšis. Tai leidžia užtikrinti nenutrūkstamą ir patikimą šiluminės energijos tiekimą nenumatytais atvejais.
2. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos vartotojų skaičius Jonavos mieste yra pastovus. Jis nežymiai kinta tik dėl individualių namų galimybės rinktis šildymo būdą.
3. Nuo 2008 metų Jonavos mieste stebimas šiluminės energijos poreikio mažėjimas. Tai didžiaja dalimi susiję su daugiabučių namų renovacija. 2022 metų kovo mėnesio duomenimis, iš Jonavos miesto esančių 274 daugiabučių 144 renovuoti, dar 36 šiuo metu renovuojami arba vyksta dokumentų paruošimo procesas. Įvykdžius šiuos projektus, bus modernizuota 65 % miesto daugiabučių. Atlikti darbai sumažino šiluminės energijos poreikį 25 procentais.
4. Šiuo metu Jonavos mieste iš 46,519 km šilumos tiekimo tinklų yra pakeista 22,806 km. Tai sumažino šiluminės energijos spinduliavimo į aplinką nuostolius. Nuo 2008 metų iki 2021 metų tiekimo nuostoliai sumažėjo nuo 20,4 % iki 15,3 %.

Atsižvelgiant į tai, kad tolesni bendrovės centralizuoto šilumos tiekimo sistemos tobulinimai nebūtų tikslingi dėl didelių sąnaudų, lyginant su siekiamu efektu, šiame darbe nagrinėjama galimybė mažinti egzistuojančius šilumos nuostolius tinkluose, diegiant žematemperatūrinį šilumos tiekimą miesto vartotojams. Tuo tikslu atlikta tokios modernizacijos galimybės analizė miesto kvartale, kuriame visi pastatai yra renovuoti, o šilumos tiekimo vamzdynai pakeisti naujais iš anksto izoliuotais vamzdžiais. Analizės metu gauti rezultatai leidžia daryti išvadas, kad:

1. Atlikus ekonominius skaičiavimus – įvertinus būtinas investicijas vamzdynų modernizavimui bei gaunamus šiluminės energijos sutaupymus, žematemperatūriniam šilumos tiekimui įdiegtos priemonės atsipirktų per 19–30 metų, priklausomai nuo planuojamo naudoti temperatūrinio režimo (vertinant tik investicijas šilumos tiekimo tinklo modernizavimui).
2. Didžiausi sutaupymai pereinant prie žematemperatūrinio tinklo būtų, jei visa infrastruktūra būtų keičiama palaipsniui ir nuosekliai, atsižvelgiant į vamzdynų būklę. Optimalus variantas – žematemperatūrinis šilumos tiekimas diegiamas naujai statomuose pastatuose ir jų kvartaluose.
3. Akivaizdu, žemesnės temperatūros yra labiau tinkamos geoterminės šilumos, pramoninės perteklinės šilumos ir šilumos siurblių šiluminės energijos gamybos atvejais.
4. Analizuojant žematemperatūrinį šilumos tiekimą, būtina atsižvelgti į kitus technologinius aspektus:
  - a. mažėjant šilumos energijos poreikiui didelio skersmens vamzdžiuose (ypač vasaros metu), atsiranda termofikacinio vandens tekėjimo greičio mažėjimo iššauktos problemos. Tai vandens srauto temperatūrinė stratifikacija ir dėl mažo tekėjimo greičio vamzdynų užsiteršimas nuosėdomis, mažinantis jų ilgaamžiškumą.
  - b. žeminant temperatūrą žemiau 50 °C, susiduriama su Legionella bakterijų pavojumi buitiniame karštame vandenyje, todėl būtina numatyti priemones šio pavojaus išvengti.

## Literatūra

1. ŠADUIKIS, Vilius. *Lietuvos energetika VI*. Vilnius: Trys žvaigždutės, 2017. ISBN 9786094310836.
2. JUODIS, E.S. Centralizuoto šilumos tiekimo Lietuvoje pradžia – 1939 metai. *Šiluminė technika*. 2016, 4 (69), 4–5. ISSN 1392–4346
3. RADZEVIČIŪTĖ, Edita. Kauno klinikose – unikalus atradimas [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2022–03–10]. Prieiga per: <https://kauno.diena.lt/naujienos/kaunas/miesto-pulsas/kauno-klinikose-unikalus-atradimas-816225>
4. CŠT sektoriaus apžvalga. *Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2022–03–10]. Prieiga per: <https://lsta.lt/silumos-ukis/cst-sektoriaus-apzvalga/>
5. Jonavos šilumos tinklai. *Uždaroji akcinė bendrovė „Jonavos šilumos tinklai“ 1997–2019 metai: faktai ir skaičiai* [interaktyvus]. [žiūrėta 2022–03–10]. Prieiga per: <https://www.jonavosst.lt/administracine-informacija/istorija>
6. Jonava. *Jonavoje tarėsi, kaip paspartinti renovaciją visoje šalyje* [interaktyvus]. 2021 [žiūrėta 2022–03–10]. Prieiga per: <https://www.jonava.lt/gyventojams/naujienos/29/jonavoje-taresi-kaip-paspartinti-renovacija-visoje-salyje:9933>
7. Statyba. *Metallų korozija: priežastys ir apsaugos būdai* [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2022–03–10]. Prieiga per: <https://sa.lt/metalu-korozija-priezastys-ir-apsaugos-budai/2/>
8. HINZ, Danis F., S. GRANER and C. BREITSAMTER. Stratification in hot water pipe – flows. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2017, Vol. 116, pp. 324–333 [žiūrėta 2022–03–10]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322865>
9. LUND, H., OSTERGAARD, P. A., NIELSEN, T.B., WERNER, S., et al. Perspectives on fourth and fifth generation district heating. *Energy* [interaktyvus]. 2021, Vol. 227 [žiūrėta 2022–02–14]. Prieiga per: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221007696>
10. LI, H., NORD, N. Transition to the 4th generation district heating – possibilities, bottlenecks, and challengers. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2018, Vol 149, pp. 483–498 [žiūrėta 2022–02–14]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218305095>
11. PEDŠIUS, N., DZENA JAVIČIENĖ, E. F., ir kiti. Žemos temperatūros centralizuotas šilumos tiekimas. *Šiluminė technika*. 2021, Nr. 3, NR. 83, pp. 13–18. ISSN 1392–4346.
12. LUND, H., OSTERGAARD, P. A., CHANG, M., WERNER, S., et al. The status of 4th generation district heating: Research and results. *Energy* [interaktyvus]. 2018, Vol. 164, pp. 147–159 [žiūrėta 2022–02–14]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218317420>
13. SORKAES, P., OSTERGAARD, P.A, THELLUFSEN, J.Z, et al. The benefits of 4<sup>th</sup> generation district heating in a 100 % renewable energy system. *Energy* [interaktyvus]. 2020, Vol. 213, pp. 119030 [žiūrėta 2022–04–03]. Prieiga per: Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054422032137X>
14. GEDGAUDAS, M., A. ŠLEŽAS, J. ŠVEDRAUSKAS ir E. TUOMAS. *Šilumos tiekimas: vadovėlis aukštųjų mokyklų šilumos, dujų tiekimo ir vėdinimo specialybės studentams*. Vilnius: Aušros spaustuvė. 1992.
15. БЕЛЯЙКИНА, И. В., ВИТАЛЬЕВ, В. П., ГРОМОВ, Н. К., и другие. *Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию*. Москва: Энергоатомиздат. 1988. ISBN 5–283–00114–8

16. МАНЮК, В. И., КАПЛИНСКИЙ, Я. И., ХИЖ, Э. Б., МАНЮК, А. И., ИЛЬИН, В. К. *Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей*. Москва: Стройиздат. 1982
17. Logstor StaTech 2.3.2 [programa]. 2.3.2 versija. Logstor RorA/S. [žiūrėta 2022–02–10]. Prieiga per: <https://logstor-statech.software.informer.com/2.3/>
18. LIETUVOS RESPUBLIKOS ŪKIO MINISTRAS. *Įsakymas dėl šilumos tiekimo vamzdynų nuostolių nustatymo metodikos patvirtinimo: 2001 m. rugpjūčio 23 d. Nr. 262* [interaktyvus]. [žiūrėta 2022–04–16]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.148363?jfwid=bkaxlyid>
19. VALSTYBINĖ ENERGETIKOS REGULIAVIMO TARNYBA. *Šilumos nuostolių skaičiuoklės*. 2016. 262 [interaktyvus]. [žiūrėta 2022–04–16]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/siluma/Puslapiai/silumos-nuostoliu-skaiciuokle.aspx>
20. SAVICKAS, Romanas ir Alfonsas SKRINSKA. Legionella pneumophila rizikos įvertinimo analizė karšto vandens tiekimo sistemoje su nuolatine cirkuliacija. *Energetika*. 2006, pp. 57–62 [žiūrėta 2022–04–03]. Prieiga per: [http://elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/Ener057\\_062.pdf](http://elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/Ener057_062.pdf)
21. SINKEVIČIUS, Mindaugas. Įsakymas dėl pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklių patvirtinimo. *Lietuvos respublikos energetikos ministras* [interaktyvus]. 2017 m. liepos 19 d. Nr. 1–196 [žiūrėta 2022–04–10]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/e678baa26cbd11e7aefae747e4b63286?jfwid=-hobqcd3xj>
22. TOFFANIN, R., V. CURTI, M. C. BARBATO. Impact of Legionella regulation on a 4th generation district heating substation energy use and cost: the case of a Swiss single-family household. *Energy* [interaktyvus]. 2021, 120473 [žiūrėta 2022–04–16]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221007222>
23. BENAKOPOULOS, T., M. TUNZI, R. SALENBIEN, D. VANHOUDT and S. SVEDSEN. Low return temperature from domestic hot – water system based on instantaneous heat exchanger with chemical – based disinfection solution. *Energy* [interaktyvus]. 2021, Vol. 215, part B, 119211 [žiūrėta 2022–04–12]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220323185>
24. XIAOCHEN, Yang and Svend SVENDSEN. Achieving low return temperature for domestic hot water preparation by ultra – low – temperature district heating. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2017, Vol. 116, pp. 426–437 [žiūrėta 2022–04–12]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021732297X>
25. XU, Q., WANG, K., ZOU, Z., ZHONG, L., et al. A new type of two – supply, one – return, triple pipe – structured heat loss model based on a low temperature district heating system. *Energy* [interaktyvus]. 2021, Vol. 218 [žiūrėta 2022–02–18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220326761>
26. STRANDELL, Rolf. LTDH 3-pipe solution (4GDH-3P) in a completely new residential area (Halmstad) [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2022–02–18]. Prieiga per: <https://www.lowtemp.eu/tests-on-groundwork-and-innovative-piping-fotstad/>
27. AVERFALK, H., WERNER, S. Novel low temperature heat distribution technology. *Energy* [interaktyvus]. 2018, Vol. 145 [žiūrėta 2022–02–20]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217322004>

28. AVERFALK, H., WERNER, S. Economic benefits of fourth generation district heating. *Energy* [interaktyvus]. 2020, Vol. 193 [žiūrėta 2022-02-25]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219324223>
29. AVERFALK, H., WERNER, S. Essential improvements in future district heating systems. *Energy procedia* [interaktyvus]. 2017, Vol. 116 [žiūrėta 2022-02-25]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322762>
30. RONDVOL, Peter. *Centralizuoto šilumos tiekimo žinynas*. Denmark: Elbo Grafiske Hus A/S, 1998. ISBN 87-90488-07-5
31. HOLM, T., GULLEV, L. Expected lifetime of pre-insulated pipes [interaktyvus]. 2001 [žiūrėta 2022-02-25]. Prieiga per: <https://www.yumpu.com/en/document/read/19125599/expected-lifetime-of-pre-insulated-pipes-dbdh>

## **Priedai**

1. Šiluminės energijos tiekimas, suvartojimas, nuostoliai 2008–2021 m.
2. Vamzdynų parinkimo skaičiavimas Logstor StaTech 2.3.2 programa.
3. Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos šilumos perdavimo vamzdynų nuostolių skaičiuoklė.

## 1 priedas. Šiluminės energijos tiekimas, suvartojimas, nuostoliai 2008–2021 m

Metai	Atleidimas į tinklus, MWh	Nuostoliai, MWh	Tiekimo nuostoliai	Naudingas šilumos atleidimas, MWh	Naudingas paskirstymas gyventojams	Kitiems	Pramonei	Šiluma savo reikmėms
2008	160266,68	32832,39	32702,3	126716,2	109906,84	16690,71	118,65	715,09
2008	100 %	20,5 %	20,4 %	79,1 %	68,6 %	10,4 %	0,1 %	0,4 %
2009	160065,411	30718,99	30685,14	128603,3	110652,69	17832,64	117,95	743,141
2009	100 %	19,2 %	19,2 %	80,3 %	69,1 %	11,1 %	0,1 %	0,5 %
2010	169073,219	33662,31	31270,19	134586,4	115635,38	18802,85	148,19	824,489
2010	100 %	19,9 %	18,5 %	79,6 %	68,4 %	11,1 %	0,1 %	0,5 %
2011	151789,03	30242,03	28440	120832	104075,15	16629,57	127,28	715
2011	100 %	19,9 %	18,7 %	79,6 %	68,6 %	11,0 %	0,1 %	0,5 %
2012	154223,54	30480,96	29070,36	123007,6	105806,1	17201,48	0	735
2012	100 %	19,8 %	18,8 %	79,8 %	68,6 %	11,2 %	0,0 %	0,5 %
2013	148294,35	29696,58	28812,88	118000,8	101233,56	16767,21	0	597
2013	100 %	20,0 %	19,4 %	79,6 %	68,3 %	11,3 %	0,0 %	0,4 %
2014	136106,2	25911,45	25056,81	109602,3	94967,53	14634,8	0	592,42
2014	100 %	19,0 %	18,4 %	80,5 %	69,8 %	10,8 %	0,0 %	0,4 %
2015	131760,17	23179,3	22496,69	107979,5	93452,76	14526,71	0	601,4
2015	100 %	17,6 %	17,1 %	82,0 %	70,9 %	11,0 %	0,0 %	0,5 %
2016	141142,84	27503,53	26822,6	113069,3	96075,41	16993,9	0	570
2016	100 %	19,5 %	19,0 %	80,1 %	68,1 %	12,0 %	0,0 %	0,4 %
2017	140549,74	26525	25633,61	114024,7	96834,08	17190,66	0	500
2017	100 %	18,9 %	18,2 %	81,1 %	68,9 %	12,2 %	0,0 %	0,4 %
2018	133829,89	20707,68	20707,52	112543,4	94876,91	17666,45	0	578,85
2018	100 %	15,5 %	15,5 %	84,1 %	70,9 %	13,2 %	0,0 %	0,4 %
2019	127332,94	20739,83	20739,83	105935,1	90535,9	15399,21	0	658
2019	100 %	16,3 %	16,3 %	83,2 %	71,1 %	12,1 %	0,0 %	0,5 %
2020	121563,99	18607,41	18607,41	102266,9	88239,55	14027,39	0	689,642
2020	100 %	15,3 %	15,3 %	84,1 %	72,6 %	11,5 %	0,0 %	0,6 %
2021	142698,6	21853,84	21853,84	120107,8	100534,35	19573,42	0	736,99
2021	100 %	15,3 %	15,3 %	84,2 %	70,5 %	13,7 %	0,0 %	0,5 %

## 2 priedas. Vamzdynų parinkimo skaičiavimas Logstor StaTech 2.3.2 programa

### Logstor StaTech 2.3.2

Date: 2022-04-10  
Project name: Logstor StaTech  
Project number: Version 2.3.2

## Pressure Head Loss per pipe

### Operating parameters

Flow temperature	100 °C
Return temperature	48 °C
Density at flow temperature	975,7 Kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity	4,08 E-7 m <sup>2</sup> /s
Roughness value, St. 37.0/P235GH and Steel Flex	0,1 mm
Roughness value, LR-Pex and Cu-Flex	0,01 mm

### Pipe sections

Pipe line	Section length [m]	Energy transfer [kW]	Criterion [kPa]
B1-C	32	1004	100,0
C-D	51	676	100,0
D-F	49	416	100,0
F-G	57	292	100,0
G-K9	55	228	100,0
G-K7	25	64	100,0

### Results

Pipe line	Dimension	Int.diam[mm]	Velocity[m/s]	Material
B1-C	DN100 / 114.3 x 3.6	107,1	0,5	St. 37.0/P235GH
C-D	DN80 / 88.9 x 3.2	82,5	0,6	St. 37.0/P235GH
D-F	DN65 / 76.1 x 2.9	70,3	0,5	St. 37.0/P235GH
F-G	DN50 / 60.3 x 2.9	54,5	0,6	St. 37.0/P235GH
G-K9	DN50 / 60.3 x 2.9	54,5	0,5	St. 37.0/P235GH
G-K7	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,3	St. 37.0/P235GH

## 2 priedas (tęsinys). Vamzdynų parinkimo skaičiavimas Logstor StaTech 2.3.2 programa

### Logstor StaTech 2.3.2

Date: 2022-04-10

Project name: Logstor StaTech

Project number: Version 2.3.2

## Pressure Head Loss per pipe

### Operating parameters

Flow temperature	100 °C
Return temperature	48 °C
Density at flow temperature	975,7 Kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity	4,08 E-7 m <sup>2</sup> /s
Roughness value, St. 37.0/P235GH and Steel Flex	0,1 mm
Roughness value, LR-Pex and Cu-Flex	0,01 mm

### Pipe sections

Pipe line	Section length [m]	Energy transfer [kW]	Criterion [kPa]
B1-A	9	348	100,0
A-K12	41	183	100,0
A-B	83	165	100,0
B-K18	36	96	100,0
B-K20	23	69	100,0
F-K13	22	124	100,0

### Results

Pipe line	Dimension	Int.diam[mm]	Velocity[m/s]	Material
B1-A	DN65 / 76.1 x 2.9	70,3	0,4	St. 37.0/P235GH
A-K12	DN50 / 60.3 x 2.9	54,5	0,4	St. 37.0/P235GH
A-B	DN40 / 48.3 x 2.6	43,1	0,5	St. 37.0/P235GH
B-K18	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,4	St. 37.0/P235GH
B-K20	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,3	St. 37.0/P235GH
F-K13	DN40 / 48.3 x 2.6	43,1	0,4	St. 37.0/P235GH



## 2 priedas (tęsinys). Vamzdynų parinkimo skaičiavimas Logstor StaTech 2.3.2 programa

### Logstor StaTech 2.3.2

Date: 2022-04-10

Project name: Logstor StaTech

Project number: Version 2.3.2

## Pressure Head Loss per pipe

### Operating parameters

Flow temperature	100 °C
Return temperature	48 °C
Density at flow temperature	975,7 Kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity	4,08 E-7 m <sup>2</sup> /s
Roughness value, St. 37.0/P235GH and Steel Flex	0,1 mm
Roughness value, LR-Pex and Cu-Flex	0,01 mm

### Pipe sections

Pipe line	Section length [m]	Energy transfer [kW]	Criterion [kPa]
C-K10	25	258	100,0
K10-K8	47	166	100,0
K8-K4	47	68	100,0
C-K14	21	70	100,0

### Results

Pipe line	Dimension	Int.diam[mm]	Velocity[m/s]	Material
C-K10	DN50 / 60.3 x 2.9	54,5	0,5	St. 37.0/P235GH
K10-K8	DN40 / 48.3 x 2.6	43,1	0,5	St. 37.0/P235GH
K8-K4	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,3	St. 37.0/P235GH
C-K14	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,3	St. 37.0/P235GH

## 2 priedas (tęsinys). Vamzdynų parinkimo skaičiavimas Logstor StaTech 2.3.2 programa

### Logstor StaTech 2.3.2

Date: 2022-04-10

Project name: Logstor StaTech

Project number: Version 2.3.2

## Pressure Head Loss per pipe

### Operating parameters

Flow temperature	100 °C
Return temperature	48 °C
Density at flow temperature	975,7 Kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity	4,08 E-7 m <sup>2</sup> /s
Roughness value, St. 37.0/P235GH and Steel Flex	0,1 mm
Roughness value, LR-Pex and Cu-Flex	0,01 mm

### Pipe sections

Pipe line	Section length [m]	Energy transfer [kW]	Criterion [kPa]
D-E	118	197	100,0
E-K1	28	50	100,0
E-K3	27	88	100,0
D-K5	10	63	100,0

### Results

Pipe line	Dimension	Int.diam[mm]	Velocity[m/s]	Material
D-E	DN50 / 60.3 x 2.9	54,5	0,4	St. 37.0/P235GH
E-K1	DN25 / 33.7 x 2.6	28,5	0,4	St. 37.0/P235GH
E-K3	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,4	St. 37.0/P235GH
D-K5	DN32 / 42.4 x 2.6	37,2	0,3	St. 37.0/P235GH

### 3 priedas. Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos šilumos perdavimo vamzdinių nuostolių skaičiuoklė

#### VIDUTINĖS TEMPERATŪROS IR TINKLŲ DARBO LAIKAS

##### ŠILDYMO SEZONAS (ŽIEMA)

Metai	Mėnuo	Termofikacinio vandens tinklai			Karšto vandens tinklai			T <sub>s.v.</sub> °C	T <sub>grunto</sub> °C	Lauko T <sub>oro</sub> °C
		T <sub>pad.</sub> °C	T <sub>grįžt.</sub> °C	Darbo laikas, h	T <sub>pad.</sub> °C	T <sub>grįžt.</sub> °C	Darbo laikas, h			
2021	Spalis	70,0	34,0	544	55,0	45,0		10,0	11,5	8,1
2021	Lapkritis	70,0	34,0	720	55,0	45,0		5,0	8,9	4,2
2021	Gruodis	76,0	38,0	744	55,0	45,0		5,0	5,6	-3,1
2022	Sausis	70,0	35,0	744	55,0	45,0		5,0	3,6	0,0
2022	Vasaris	70,0	34,0	672	55,0	45,0		5,0	3,2	1,4
2022	Kovas	70,0	35,0	744	55,0	45,0		5,0	3,3	1,8
2021	Balandis	70,0	34,0	304	55,0	45,0		5,0	5,4	6,1
<b>Vidurkis:</b>		<b>70,86</b>	<b>34,86</b>	<b>4472</b>	<b>55,00</b>	<b>45,00</b>		<b>5,71</b>	<b>5,93</b>	<b>2,64</b>

**Pastaba.** Šildymo sezono lentelėje karšto vandens tinklų darbo laikas spalio ir balandžio mėn. neturi viršyti termofikacinio vandens tinklų darbo laiko.

##### NEŠILDYMO SEZONAS (VASARA)

Metai	Mėnuo	Termofikacinio vandens tinklai			Karšto vandens tinklai			T <sub>s.v.</sub> °C	T <sub>grunto</sub> °C	Lauko T <sub>oro</sub> °C
		T <sub>pad.</sub> °C	T <sub>grįžt.</sub> °C	Darbo laikas, h	T <sub>pad.</sub> °C	T <sub>grįžt.</sub> °C	Darbo laikas, h			
2021	Balandis	70,0	34,0	416	55,0	45,0		5,0	5,4	6,1
2021	Gegužė	70,0	34,0	744	55,0	45,0		10,0	8,7	11,4
2021	Birželis	70,0	34,0	720	55,0	45,0		10,0	13,3	19,5
2021	Liepa	70,0	34,0	744	55,0	45,0		10,0	17,4	22,5
2021	Rugpjūtis	70,0	34,0	744	55,0	45,0		10,0	16,9	16,4
2021	Rugsėjis	70,0	34,0	720	55,0	45,0		10,0	14,7	16,4
2021	Spalis	70,0	34,0	200	55,0	45,0		10,0	11,5	8,1
<b>Vidurkis:</b>		<b>70,00</b>	<b>34,00</b>	<b>4288</b>	<b>55,00</b>	<b>45,00</b>		<b>9,29</b>	<b>12,55</b>	<b>14,34</b>

### 3 priedas (tęsinys). Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos šilumos perdavimo vamzdynų nuostolių skaičiuoklė

#### ŠILUMOS TIEKIMO TINKLO DARBO SĄLYGOS

	Reikšmė	Vnt.	Tipinė reikšmė
Grunto tipo numeris (įprastas gruntas)	2		
Pasirinkto grunto tipo šilumos laidumo koeficientas	1,75	W/(m·K);	1,75
Bekanaliniu būdu iki 2000 metų paklotų vamzdynų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas	0,033	W/(m·K);	0,033
Bekanaliniu būdu po 2000 metų paklotų vamzdynų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas	0,027	W/(m·K);	0,030
Ore paklotų vamzdynų iki 2000 metų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas	0,05	W/(m·K);	0,04-0,06
Ore paklotų vamzdynų po 2000 metų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas	0,031	W/(m·K);	0,027
Kitaip, nei bekanaliniu būdu, iki 2000 metų paklotų vamzdynų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas	0,05	W/(m·K);	0,04-0,06
Kitaip, nei bekanaliniu būdu, po 2000 metų paklotų vamzdynų izoliacijos šilumos laidumo koeficientas	0,04	W/(m·K);	0,04
Norminiai vandens nuostoliai bekanaliniu būdu paklotiems vamzdynams	0,001	m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> h)	0,001
Kitaip paklotiems vamzdynams norminiai vandens nuostoliai (nepraeinamam kanale, orinėse trasose, techniniuose koridoriuose ir kolektoriuose)	0,002	m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> h)	0,002
Aplinkos oro greitis (skaičiuojant nuostolius ore paklotiems vamzdynams)	4	m/s	4
Aplinkos oro temperatūra patalpose, kuriose praversti vamzdynai, šildymo sezono metu	20	°C	5
Aplinkos oro temperatūra patalpose nešildymo sezono metu	30	°C	5