



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
ŠILUMOS IR ATOMO ENERGETIKOS KATEDRA**

**Deivido Vaičio**

**FAKTORIŲ, ĮTAKOJANČIŲ GRĮŽTAMO  
TERMOFIKACINIO VANDENS TEMPERATŪRĄ, ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. Juozas Gudzinskas

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**  
**ŠILUMOS IR ATOMO ENERGETIKOS KATEDRA**

**FAKTORIŲ, ĮTAKOJANČIŲ GRĮŽTAMO  
TERMOFIKACINIO VANDENS TEMPERATŪRĄ, ANALIZĖ.**

Baigiamasis magistro projektas

Termoinžinerija (kodas 621E30001)

**Vadovas**

(parašas) Doc. Juozas Gudzinskas  
(data)

**Recenzentas**

(parašas) Prof. Gintautas Miliauskas  
(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Deividas Vaičys  
(data)

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**Mechanikos inžinerijos ir dizaino**

(Fakultetas)

**Deividas Vaičys**

(Studento vardas, pavardė)

**TERMOINŽINERIJA, (kodas 621E30001)**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

**„FAKTORIŲ, ĮTAKOJANČIŲ GRĮŽTAMO TERMOFIKACINIO VANDENS  
TEMPERATŪRĄ, ANALIZĖ“**

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 16 m. gegužės 24 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Deivido Vaičio**, baigiamasis projektas tema „**Faktorių, įtakančių grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą, analizė**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

# MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO KALBOS TAISYKLINGUMO VERTINIMAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Deividas Vaičys „Faktorių, įtakančių grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą, analizė“

Klaidų tipai	Klaidų skaičius, psl.	Pavyzdžiai
Rašybos klaidos		
Skyrybos klaidos*		
Kalbos kultūros klaidos		
Formalieji dalykai** (korektūros, kompiuteriu renkamo teksto klaidos)		
Bendras klaidų skaičius		
Raštingumo lygis:		

\*Viena skyrybos klaida skaičiuojama kaip 0,5 klaidos.

\*\*Neįeina į bendrą klaidų skaičių, tačiau jei tokių pažeidimų daug, darbas nevertinamas kaip aukšto raštingumo.

Vertintojo vardas, pavardė

## PASTABOS:

1) Lentelėse nurodomas bendras klaidų skaičius. Pateikiama pavyzdžių.

2) Raštingumas aukštas – iki 8 klaidų, vidutinis – 8–15 klaidų, žemas – daugiau nei 16 klaidų.

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

**Tvirtinu:**

Šilumos ir atomo energetikos  
katedros vedėjas

.....  
*(parašas, data)*

Doc. E. Puida  
.....  
*(vardas, pavardė)*

**MAGISTRANTŪROS UNIVERSITETINIŲ STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO**  
**UŽDUOTIS**  
**Studijų programa TERMOINŽINERIJA**

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo arba taikomojo pobūdžio darbas (projektas). Jam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas parodo, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, turi pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, geba savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Taip pat jis parodo, kad yra kūrybingas, geba taikyti fundamentines mokslo žinias, išmano socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansines galimybes, turi informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžių, geba tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema **Faktorių, įtakančių grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą, analizė**  
**Analysis of factors that influence DH return water temperature**  
Patvirtinta 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr.V25-11-7
2. Darbo tikslas: **Atlikti karšto buitinio vandens ruošimo sistemų analizę ir pateikti pasiūlymus grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros mažinimui, remiantis Lietuvos bei užsienio praktika, siekiant pagerinti katilinėse sumontuotų kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumą.**
3. Darbo struktūra
  1. Įvadas
  2. Literatūros apžvalga.
  3. Esamos situacijos apžvalga
    - 3.1. Kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumo priklausomybė nuo grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros
    - 3.2. Legionelos ligos problematika šalyje bei užsienyje
  4. Galimybių mažinti grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrą analizė
    - 4.1. Techninės galimybės mažinti grąžinamo termofikacinio vandens temperatūrą
    - 4.2. Teisinė bazė užsienyje bei Lietuvoje, nusakanti karšto buitinio vandens tiekimo parametrus
  5. Ekonominė dalis
  6. Išvados.
4. Reikalavimai ir sąlygos: **rengiant baigiamąjį darbą prisilaikyti Lietuvos Respublikos norminių aktų reikalavimų bei magistro baigiamojo darbo apiforminimo reikalavimų.**
5. Užbaigto darbo pateikimo terminas: 2016 m. gegužės mėn. 24 d
6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis, išduota studentui Deividui Vaičiui

Užduotį gavau                      Deividas Vaičys .....                      .....2016.02.01  
*(studento vardas, pavardė)*                      *(parašas)*                      *(data)*

Vadovas doc. J. Gudžinskas .....                      .....2016.02.01  
*(pareigos, vardas, pavardė)*                      *(parašas)*                      *(data)*

Vaičys, Deividas. Faktorių, įtakančių grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą, analizė. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. Juozas Gudzinskas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Termoinžinerija

Reikšminiai žodžiai: *Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos tiekimas, grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra, kondensacinis ekonomizeris.*

Kaunas, 2016. XX p.

## SANTRAUKA

*Šiame darbe nagrinėjama galimybė mažinti grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą, naudojant žema temperatūrinį centralizuotą šilumos tiekimą arba keičiant ruošiamo karšto buitinio vandens parametrus.*

*Šiame darbe išanalizuotas žema temperatūrinis centralizuotas šilumos tiekimas, realus jo veikimo mechanizmas energetiškai efektyviems bei senesnės statybos pastatams, taipogi apibūdintos problemos susijusios su tokio šilumos tiekimo naudojimu bei pateikti šių problemų sprendimo būdai.*

*Siekiant sumažinti grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrą viename iš Lietuvos daugiabučių šilumos punkte buvo atliekami tiekiamo, grįžtamo bei cirkuliacinio vandens temperatūros matavimai keičiant cirkuliacinio siurblio „greitį“ nuo mažiausio iki didžiausio.*

*Šiame darbe aptartos įvairios žema temperatūrinio centralizuoto šilumos tiekimo panaudojimo galimybės, siekiant kiek įmanoma labiau sumažinti grįžtamo šilumnešio temperatūrą ir to pasekoje pagerinti kondensacinių ekonomizerių darbo efektyvumą tose šilumos generavimo vietose, kuriose yra naudojamas biokuras.*

Vaičys, Deividas. Analysis of factors that influence DH return water temperature. *Master's final project* supervisor assoc. doc. Juozas Gudzinskas. The Faculty of Mechanical engineering and design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: *Thermo-engineering*

Key words: *Low temperature district heating, return district heating water temperature, condensing economizer.*

Kaunas, 2016. XX p.

## **SUMMARY**

*This thesis analyzes a possibility to reduce return district heating water temperature, by using low temperature district heating or changing the parameters of substation unit controllers.*

*Low temperature district heating and it's principle of operation for the energy-efficient and older construction buildings analyzed in this work. In addition, the problems with this kind of district heating defined and solutions presented.*

*In order to reduce returning DH water temperature in one of Lithuania's substation units, the measurements of the water supply, return and circulation temperatures were made, changing the speed of circulation pump, from the minimum to maximum.*

*Different supply possibilities of a low temperature district heating, trying to minimize temperature of a heat carrier presented in this work. The result of heat carrier temperature minimizing is increased effectiveness of an condensing economizers in the heat generation places where biofuel is used.*

# Turinys

ĮVADAS .....	13
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	14
1.1. Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos tiekimas .....	14
1.2. Energetiškai efektyvūs pastatai.....	16
1.2.1. Mažai energijos naudojantys pastatai.....	16
1.2.2. Pasyvieji pastatai.....	17
1.3. Esami senesnės statybos pastatai .....	17
1.4. Iškilusios problemos naudojant ŽCŠT .....	19
1.4.1. Legionella pneumophila karšto buitinio vandens sistemose .....	19
1.4.2. Korozija.....	20
1.4.3. Nuosėdos.....	20
2. ESAMOS SITUACIJOS APŽVALGA .....	22
2.1. Realios grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros atskiruose miestuose .....	22
2.2. Kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumo priklausomybė nuo grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros .....	23
2.3. Legioneliozės ligos problematika Lietuvoje .....	26
2.4. Legionella bakterijų atsiradimo atvejai karšto buitinio vandens sistemoje.....	28
2.4.1. Legionella bakterijų dauginimosi rizika.....	28
2.4.2. Legioneliozės profilaktika ir kontrolė vandens sistemose .....	29
2.4.3. Dezinfekcijos būdai.....	33
2.5. Teisinė bazė užsienyje bei Lietuvoje, nusakanti KBV tiekimo parametrus.....	35
2.5.1. Karšto buitinio vandens kokybė ir temperatūra Lietuvoje .....	35
2.5.2. Karšto buitinio vandens kokybė ir temperatūra užsienyje .....	35
3. GALIMYBIŲ MAŽINTI GRĮŽTANČIO TERMOFIKACINIO VANDENS TEMPERATŪRĄ ANALIZĖ .....	42
3.1. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimas naudojant ŽCŠT .....	42
3.1.1. Individualūs namai su mažo tūrio buitinio vandens ruošimo sistemomis.....	42
3.1.2. Buitinis karštas vanduo daugiaaukščiuose pastatuose .....	43
3.1.3. Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos punktas su integruotu šilumos siurbliu ...	45
3.1.4. Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos punktas su integruotu elektriniu KBV pašildytuvu.....	46
3.2. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimas senesnės statybos pastatuose ..	47
3.2.1. Lietuvoje esančio DGN šilumos punkto darbo analizė.....	47
3.2.2. Atliktų stebėjimų rezultatai .....	49
3.2.3. Pasiūlymai ir rekomendacijos .....	50



4. EKONOMINĖ DALIS.....	53
4.1. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimo ekonominis pagrindimas, naudojant ŽCŠT .....	53
4.2. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimo ekonominis pagrindimas, keičiant ruošiamo karšto butinio vandens parametrus.....	56
DARBO IŠVADOS .....	60
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	62

## PAVEIKSLĖLIŲ SARAŠAS

1.1. pav. Žema temperatūrinio centralizuoto šildymo pavyzdys .....	14
1.2. pav. Tipinė šilumos punkto schema su vienos pakopos karšto buitinio vandens ruošimo šilumokaičiu .....	18
2.1. pav. Vidutinė oro temperatūra Lietuvoje 1961–1990, 2014 ir 2015 m.[4].....	22
2.2. pav. Grįžtamos termofikacinio vandens temperatūros atskiruose Lietuvos miestuose ....	23
2.3. pav. Bendra kondensacinio ekonomaizerio schema .....	24
2.4. pav. Kondensacinio ekonomaizerio darbo efektyvumo priklausomybė nuo grįžtančio vandens temperatūros bei kuro drėgnumo .....	25
2.5. pav. Susirgimai legionelioze Lietuvoje 2002-2012 m. ....	26
2.6. pav. Legionella bakterijų dauginimosi priklausomybė nuo vandens temperatūros .....	29
2.7. pav. Bakterijų sumažėjimo iki 90 % priklausomybė nuo laiko ir temperatūros .....	33
2.8. pav. Didelė karšto buitinio vandens ruošimo sistema Vokietijoje.....	38
2.9. pav. Pagrindiniai užsikrėtimo Legionella bakterijomis šaltiniai Prancūzijoje.....	39
2.10. pav. Karšto buitinio vandens reguliavimo sistema Prancūzijoje .....	40
3.1. pav. Bandomasis ŽCŠ pavyzdys Lystrup'o mieste.....	42
3.2. pav. KBV sistemų palyginimas daugiaauksčiuose pastatuose; kairėje – tradicinė sistema su vertikaliais vamzdžių stovais; dešinėje - kolektorinė sistema.....	44
3.3. pav. ŽCŠT sistema su kombinuotu šilumos siurbliu karštam vandeniui ruošti.....	45
3.4. pav. Teorinis reikalingas energijos kiekis % pašildyti KBV nuo 37 °C iki pasirinktos temperatūros (kairėje) ir elektrinio šildytuvo schema (dešinėje).....	46
3.5. pav. Matavimų, atliktų DGN šiluminiame punkte, rezultatai .....	48
3.6. pav. Termofikacinio vandens ir karšto vandens temperatūros šilumokaitėje nakties metu (pateikti matuotų temperatūrų vidurkiai) .....	49
3.7. pav. Tiekiamo ir grįžtamo termofikacinio vandens bei karšto, cirkuliacinio ir šalto geriamo vandens temperatūros šilumos punkte stebėjimo metu.....	51
4.1. pav. KE darbo efektyvumas Utenoje naudojant ŽCŠT.....	54
4.2. pav. KE darbo efektyvumas Radviliškyje naudojant ŽCŠT .....	54
4.3. pav. KE darbo efektyvumas Mažeikiuose naudojant ŽCŠT.....	55
4.4. pav. Šilumos poreikių grafikas trijuose Lietuvos miestuose 2014 m. išskiriant energijos kiekį pagamintą naudojant KE su ŽCŠT .....	56
4.5. pav. KE darbo efektyvumas Utenoje pakeitus ruošiamo KBV parametrus.....	57
4.6. pav. KE darbo efektyvumas Radviliškyje pakeitus ruošiamo KBV parametrus .....	57
4.7. pav. KE darbo efektyvumas Mažeikiuose pakeitus ruošiamo KBV parametrus .....	58
4.8. pav. Šilumos poreikių grafikas trijuose Lietuvos miestuose 2014 m. išskiriant energijos kiekį pagamintą naudojant KE.....	59

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1. Lentelė. Pastatų šilumos energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus.....	16
1.2. Lentelė. Sąlygos hidrokarbonatų nuosėdų atsiradimu .....	21
2.1. Lentelė. Legioneliozės atvejai Kauno apskrityje 2012 m. ....	27
2.2. Lentelė. Legionella bakterijų dauginimosi rizikos laipsnis, priklausomai nuo vandens laikymo sąlygų (temperatūros ir laiko)[8] .....	28
2.3. Lentelė. Reikalavimai karšto buitinio vandens ruošimo sistemoms kai kuriose Europos šalyse.....	36
3.1. Lentelė. Preliminarūs kai kurių Lietuvos DGN KBV sistemų tūriai [7] .....	50
4.1. Lentelė. Visų trijų miestų sutaupyta energijos bei lėšų suvestinė.....	59

## **SUTRUMPINIMŲ SĄRAŠAS**

CŠT – Centralizuotas šilumos tiekimas

ŽCŠT – Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos tiekimas

KBV – Karštas buitinis vanduo

ŠBV – Šaltas buitinis vanduo

TPŠ – Tiekiamas patalpų šilumnešis

GPŠ – Grįžtamas patalpų šilumnešis

KE – Kondensacinis ekonomizeris

AEI – Atsinaujinantys energijos ištekliai

DGN – Daugiabučiai gyvenamieji namai

ŠP – Šilumos punktas

## IVADAS

Visame pasaulyje didėja dėmesys energijos efektyvumo didinimui bei energijos taupymui. Europos sąjungos energetikos politika teikia prioritetą energijos taupymui bei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui. Viena pagrindinių energijos suvartojimo zonų yra pastatuose, juose suvartojama apie 40 % visos pagaminamos energijos. Danijos vyriausybė nusprendė, kad energijos suvartojimas naujuose pastatuose turi būti sumažintas laipsniškai kas 25 % 2010, 2015 ir 2020 m. Augant žemos energijos potencialo pastatų skaičiui, kyla klausimas: „Koks šilumos tiekimo būdas yra ekonomiškiausias bei aplinkosauginiu požiūriu pats patraukliausias?“. Miestų vietovėse su įrengta centralizuoto šilumos tiekimo sistema būtų protinga prijungti energetiškai efektyvius pastatus. Kwartaluose, kuriuose daug ar iš vien energetiškai efektyvūs pastatai, centralizuotas šilumos tiekimas tampa dideliu privalumu.

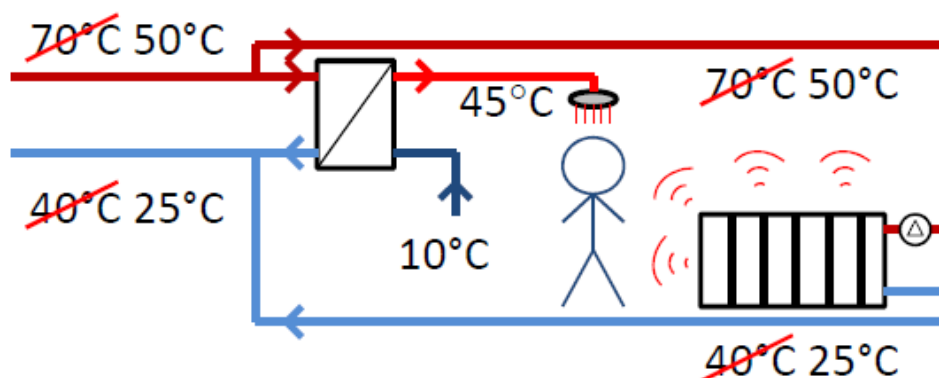
Kadangi, visoje Europoje yra agituojama į biokuro plėtrą, svarbiu aspektu tampa kondensacinių ekonomaizerių efektyvumo gerinimas. Kaip žinia didžiąja dalimi KE darbo efektyvumas priklauso nuo grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros.

Tad šiame darbe panagrinėsime galimybes kaip būtų galima sumažinti grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą naudojant jau esančias eksploatuojamas sistemas bei įdiegiant naujoves, kurios didžiąja dalimi išbandytos Skandinavijos šalyse. Darbe nagrinėjami dviejų tipų pastatai, nauji energetiškai efektyvūs pastatai su sumažintu šilumos poreikiu bei senesnės statybos pastatai, kurių šilumos poreikis didesnis.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos tiekimas

Kaip žinia pastaruosiu metu siekiama pereiti prie žema temperatūrinio centralizuoto šilumos tiekimo, ta kryptimi atliekami moksliniai tyrimai ir studijos, ypač Skandinavijos šalyse kur centralizuotas šilumos tiekimas užima didžiąją šilumos generavimo dalį. Siekiant sumažinti CO<sub>2</sub> išmetimą ir padidinti šilumos tiekimo saugumą, 2011 m. Danijos vyriausybė nusprendė nenaudoti iškastinio kuro pastatų šildymo ir elektros tiekimo sektoriuose iki 2035 m. bei iki 2050 m. tapti visiškai nepriklausomiems nuo iškastinio kuro. Energijos taupymo pastatuose direktyva reikalauja, kad visi nauji pastatai, nuo 2018 m., būtų statomi kaip energetiškai efektyvūs pastatai. Danijos nacionalinis šildymo planas teigia, jog tai bus pasiekta daugiausia dėl centralizuoto šildymo plitimo paremtu atsinaujinančiais energijos šaltiniais. Atsižvelgiant į AEI efektyvumą bei kainą, teigiama, jog tai yra pats optimaliausias variantas CŠT, todėl centralizuoto šildymo tiekiamo bei grįžtamo vandens temperatūros turi būti kuo mažesnės. Šiame plane taip pat reikalaujama sumažinti šilumos nuostolius nuo CŠT tinklų, ir tiekti žemesnio potencialo šilumą kaip yra daroma su energetiškai efektyviais ar jau egzistuojančiais renovuotais pastatais, kuriems tiekti šilumą tradiciniu temperatūriniu grafiku būtų neekonomiška. Siekiant atspindėti šiuos poreikius, žema temperatūrinio centralizuoto šildymo, su tiekiamo/grįžtamo vandens temperatūra (50/25 °C), pavyzdys atvaizduotas 1 pav.



1.1. pav. Žema temperatūrinio centralizuoto šildymo pavyzdys

Žema temperatūrinės centralizuoto šildymo sistemos privalumai:

- Centralizuoto šilumos tiekimo sistema yra pakankamai lanksti ir tinka visų rūšių energijos šaltiniams.
- Atsinaujinantys energijos šaltiniai gali būti naudojami tiesiogiai arba kartu su didelės apimties akumuliacinėmis talpomis. Iš to išplaukia, kad centralizuotas šildymas gali užimti svarbią dalį ateities energijos tiekimo sistemoje pilnai paremtoje atsinaujinančiais energijos šaltiniais.
- Didelis potencialas panaudoti atliekinę šilumą iš kogeneracinių jėgainių.
- Centralizuotas šildymas apima didelę dalį įvairių šalių šilumos tiekime ir tai yra visiems puikiai žinoma technologija.
- Centralizuotas šildymas yra patikimas ir juo lengva naudotis vartotojams.

Naujai įdiegtos žemos tiekimo ir grįžimo temperatūros bei naujai suprojektuoti mažesnio skersmens vamzdynai su aukštos klasės izoliacija leidžia ketvirtadaliu sumažinti šilumos nuostolius nuo tinklo lyginant su tradiciniu vamzdynu projektavimu ir šildymo grafiku 110/50 °C. Vis dėlto sumažinta tiekimo temperatūra ir dėmesys skirtas energijos vartojimo efektyvumui duoda keletą naujų aspektų, kuriuos būtina išnagrinėti atsižvelgiant į dvi pagrindines centralizuoto šildymo užduotis, t. y. karštas buitinis vanduo ir patalpų šildymas.

Nagrinėjant patalpų šildymą, turime atskirti energetiškai efektyvius ir jau egzistuojančius didesnio šilumos poreikio reikalaujančius pastatus. Energetiškai efektyviems pastatams sumažėjusi tiekimo temperatūra nesukelia didesnių problemų, nes mažas šilumos poreikis leidžia patalpų šildymo sistemą projektuoti su žemomis tiekimo/grįžimo temperatūromis 50/25 °C. Vis dėlto energetiškai efektyvūs pastatai sudaro ir ateinančių metų sudarys mažą dalį visų pastatų, kai tuo tarpu 85–90 % pastatų yra senesnės statybos su žymiai didesniu energijos poreikiu, apšildomi radiatoriais su 90 °C ar dar didesne tiekimo temperatūra. Centralizuoto šilumos tiekimo temperatūrą sumažinus iki 50 °C ir nekeičiant šiluminio tinklo gautume aukštą grįžtamą temperatūrą ir nepageidaujamą srauto kiekį vamzdyne.

## 1.2. Energetiškai efektyvūs pastatai

Paskutiniuoju metu vis dažniau išgirstame tokias sąvokas kaip „mažai energijos naudojantis pastatas“, „pasyvusis pastatas“ ir pan. Pastatų skirstymas pagal energijos sąnaudas atsirado kaip palaipsnio perėjimo prie labai efektyvių namų statybos proceso išraiška. Nėra vieningo apibrėžimo, kas yra „pasyvusis pastatas“ ar „mažai energijos naudojantis pastatas“ – skirtingose šalyse šie pastatai apibūdinami skirtingai.

Lentelėje pateikiamas skirtingų pastatų tipų pagal jų energijos vartojimo lygį palyginimas.[1]

1.1. Lentelė. Pastatų šilumos energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus

Pastato tipas	Bendras metinis šilumos poreikis, kWh/m <sup>2</sup>	Energijos poreikis karštam vandeniui paruošti, kWh/m <sup>2</sup>	Šilumos nuostoliai per atitvaras, kWh/m <sup>2</sup>	Šilumos nuostoliai dėl vėdinimo, kWh/m <sup>2</sup>
Pasyvieji pastatai	30	15	10	5
Mažai energijos naudojantys pastatai	85	15	35	35
Tradiciniai pastatai	145	15	80	50
Senesni pastatai	225	15	160	50

### 1.2.1. Mažai energijos naudojantys pastatai

Mažai energijos naudojančių pastatų bendras metinis šilumos poreikis neviršija 85 kWh/m<sup>2</sup>.

Projektuojant, statant ir naudojant mažai energijos naudojančius pastatus svarbu:

1. Kompaktiška pastato forma (sumažinamas paviršius, per kuriuos netenkama šilumos, plotas).
2. Gerai apšiltintos ir sandarios atitvaros.
3. Šiluminių tiltelių sumažinimas rūpestingai sudūrus konstrukcijas.
4. Pasyvusis (tiesioginis) saulės energijos naudojimas pro langus.
5. Laikinas langų apšiltinimas naktį, naudojant langines, žaliuzes, storas užuolaidas.
7. Vėdinimo sistema su šilumogrąža.
8. Paprastai reguliuojama šildymo sistema.



Laikantis šių principų, panašiomis į Lietuvos klimato sąlygomis galima sutaupyti 1/3–2/3 patalpų šildymui reikalingos energijos.[1]

### **1.2.2. Pasyvieji pastatai**

Pasyviojo pastato apšildomoms patalpoms šildyti sunaudojama iki 15 kWh/m<sup>2</sup> energijos per metus. Įvertinus ir karšto vandens paruošimą, sunaudojama ne daugiau nei 50 kWh/m<sup>2</sup> šilumos energijos per metus. Bendras energijos suvartojimas – energijos sąnaudos patalpoms šildyti, karštam vandeniui paruošti ir buitiniams elektros prietaisams – pasyviuosiuose pastatuose neviršija 120 kWh/m<sup>2</sup> per metus. Pasyviojo pastato šilumos nuostoliai per atitvaras – sienas, langus, duris, stogą ir kt. – yra labai maži. Komfortas pastato viduje užtikrinamas ir vasarą, ir žiemą: nuolat į vidų tiekiamas išvalytas (naudojami filtrai) ir pašildytas ar atvėsintas lauko oras, masyvios sienos ir tinkami langai pastate pagerina garso izoliaciją. Būtina naudoti A ir aukštesnės klasės elektros prietaisus. Laikantis pasyviojo namo standarto, reikia projektuoti pastatus su sandariomis ir itin gerai apšiltintomis atitvaromis.[1]

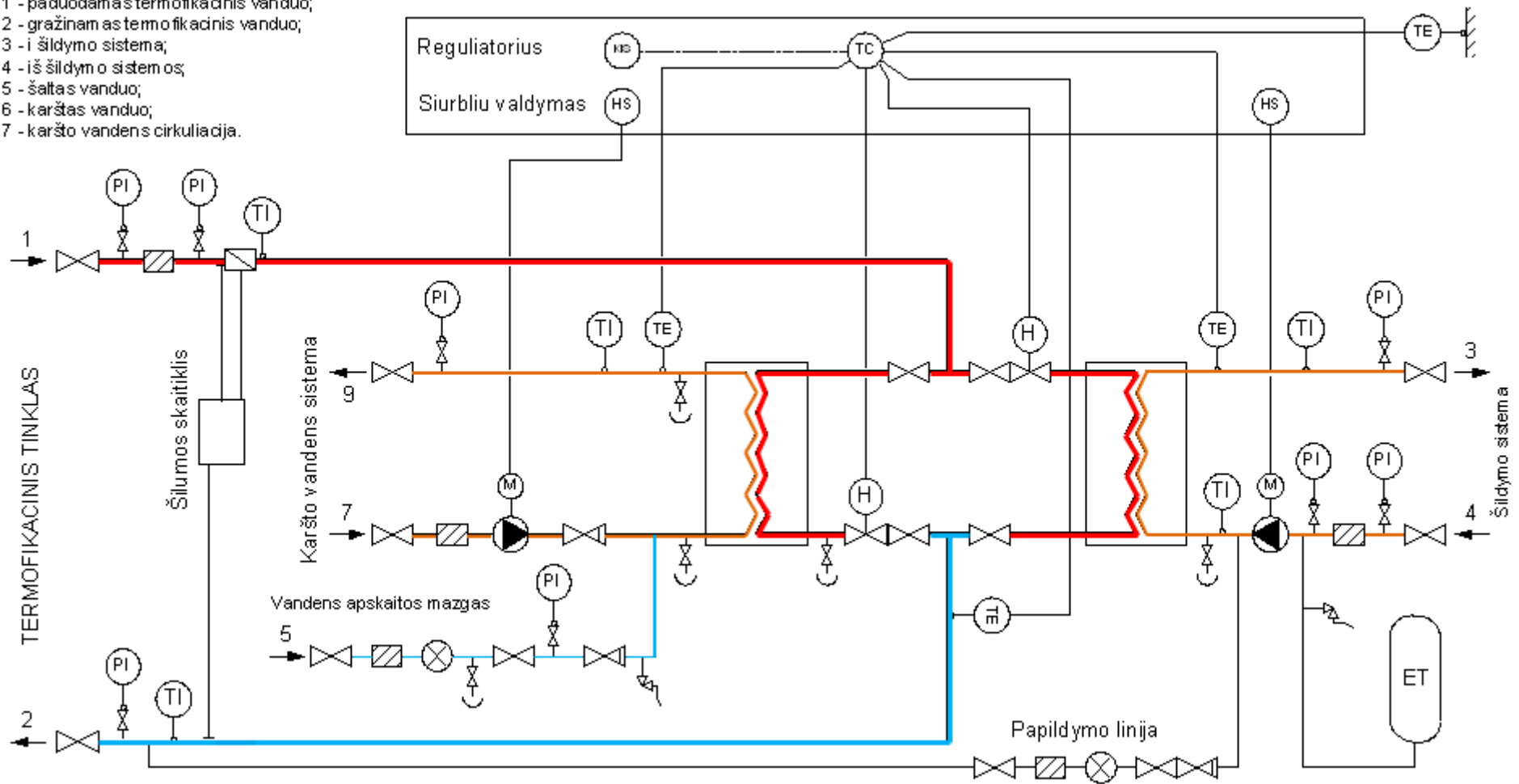
Kaip jau buvo minėta anksčiau energetiškai efektyviems pastatams sumažėjusi tiekimo temperatūra nesukelia didesnių problemų, nes mažas šilumos poreikis leidžia patalpų šildymo sistemą projektuoti su žemomis tiekimo/grįžimo temperatūromis 50/25 °C. Taip pat tiekiant šilumą tokiu temperatūriniu grafiku KBV gali būti paruoštas iki 45 °C.

### **1.3. Esami senesnės statybos pastatai**

Kaip matyti iš 1.1. lentelėje pateiktų duomenų, metinis šilumos poreikis senesnės statybos pastatams yra 5–7 kartus didesnis nei energetiškai efektyviems pastatams. Taigi dirbant su žema temperatūriniu grafiku 50/25 °C senesnės statybos pastatų šilumos poreikiai nebūtų užtikrinami. Vis dėlto ŽCŠT galima naudoti nešildymo sezono metu, kai centralizuotai tiekiamą šilumą naudojama karštam buitiniam vandeniui ruošti. Tik tokiu atveju reiktų pertvarkyti atskirų pastatų šilumos punktus. Apie pertvarkymo techninę specifiką bus kalbama tolimesniuose skyriuose. Taip pat esant dabatinei situacijai Lietuvoje, kai senesnės statybos pastatai dominuoja, protinga būtų energetiškai efektyvius pastatus statyti bei senesnės statybos pastatus renovuoti atskirais kvartalais. Tokiems kvartalams centralizuota šiluma galėtų būti tiekiamą žema temperatūriniu grafiku visus metus. 1.2. pav. pateikta tipinė Lietuvoje esančio daugiabučio nepriklausomo tipo šildymo sistema.

Kadangi centralizuoto šildymo tiekimo temperatūra siekia vos 50 °C iškyla rizika Legionella bakterijų atsiradimui bei dauginimuisi karšto buitinio vandens sistemoje.

- 1 - paduodamas termofikacinis vanduo;
- 2 - gražinamas termofikacinis vanduo;
- 3 - į šildymo sistema;
- 4 - iš šildymo sistemos;
- 5 - šaltas vanduo;
- 6 - karštas vanduo;
- 7 - karšto vandens cirkuliacija.



1.2. pav. Tipinė šilumos punkto schema su vienos pakopos karšto buitinio vandens ruošimo šilumokaičiu

## 1.4. Iškilusios problemos naudojant ŽCŠT

Kaip jau buvo minėta anksčiau, naudojant žema temperatūrinį centralizuotą šilumos tiekimą, karštą buitinį vandenį galima pašildyti iki 45 °C, tačiau visu aštrumu iškyla karšto vandens bakteriologinio užterštumo Legionella bakterijomis klausimas.

### 1.4.1. Legionella pneumophila karšto buitinio vandens sistemose

Buitinio karšto vandens bakterijų augimo rizika daugiausiai susijusi su Legionella bakterijomis. Legionella bakterija turi maždaug apie 50 suklasifikuotų rūšių, iš kurių 18 gali sukelti rimtus susirgimus. Šiems tipams priklauso: L. pneumophila, L. bozemani, L. micdadei ir kitos. Infekcija yra perduodama įkvepiant aerozolio paveiktą, užterštą vandenį į plaučius, bakterijos buvimas vandens sistemose sukelia riziką visur, kur tiktai yra aerozolį gaminančios priemonės. Puikios sąlygos infekcijos perdavimui susidaro gyvenamųjų pastatų, komercinių pastatų ir viešųjų pastatų, kaip pvz. viešbučių, ligoninių, sanatorijų ir pan., vandens rezervuaruose ir vandens instaliacijose. Tipiniais pavyzdžiais galėtų būti dušai, sukūrinės vonios, drėkintuvai ir dekoratyviniai fontanai, kur vandens-oro aerozoliai yra idealus bakterijos "transportavimo" į plaučius būdas.

Susirgimas pasireiškia 2 aiškiais formomis: rimtesnio pobūdžio infekcija, kuri sukelia plaučių uždegimą ir Pontiac'o karštligė, kuri yra švelnesnio pobūdžio susirgimas. Pacientams, sergantiems Legionnaires liga, paprastai būdingas karščiavimas, drebulys ir kosulys, kuris gali būti sausas arba gali sukelti seilių išsiskyrimą. Kai kuriems pacientams būdingi raumenų skausmai, galvos skausmai, nuovargis, apetito stoka ir kartais viduriavimas.

Legionella bakterijos yra dažniausiai randamos natūralioje ir dirbtinėje vandens aplinkoje. Bakterija lengvai dauginasi, kai temperatūra svyruoja tarp 22 - 45 °C, o jų augimo optimali temperatūra yra 35 ±1 °C. Ląstelių regeneracijos laikas, esant šiai temperatūrai, yra 6-8 valandos. Bakterijų dauginimasis bioplėvelėse ir mikrobuose gali dar vykti ir prie 57 °C. Bakterijų augimas galimas, kai pH siekia tarp 6,8–7. Nuoviros, nuosėdos, bioplėvės ir amebų atsiradimas taip pat yra palankios sąlygos bakterijų dauginimuisi.[2]

Mirštamumas užsikrėtus Legionella pneumophila bakterijomis labai svyruoja, tačiau kiekvienais metais užfiksuotas mirčių skaičius svyruoja nuo 6 iki 15 proc. Ligos stiprumas priklauso nuo pacientų lydinčių ligų bei teisingai ir laiku skiriamo specifinio gydymo.

Labai svarbu paminėti, kad bakterijos auga ne pačios savaime vandenyje, bet bioplėvelėse, kurios visada padengia paviršius, kontaktuojančius su vandeniu. Šiuo atveju reikalinga pasterizacijos temperatūra gali siekti iki 70 °C. Esant tokiai aukštai temperatūrai,

atsiranda labai didelė nudegimo rizika, į kurią būtina atsižvelgti lygiai taip pat, kaip ir į nuovirų susidarymą ir koroziją.

#### **1.4.2. Korozija**

Taip pat kalbant apie karšto buitinio vandens sistemos higieną reiktų nepamiršti korozijos bei nuosėdų atsiradimo galimybes. KBV sistemų veikimo trukmei turi įtakos šių procesų vystymosi greitis ir chemikalų, ištirpusių vandenyje, koncentracijos dydis, koloidų ir suspensijų egzistavimas, vandens srauto greitis ir jo temperatūra.

Korozijos reiškinys dažniausiai atsiranda sistemose, susidedančiose iš cinkuotų plieno vamzdžių, kurie paprastai buvo naudojami gyvenamuosiuose namuose 8–ajame bei 9–ajame dešimtmėčiuose. Keičiant šią medžiagą kitomis (variu, plastmase), gana efektyviai sumažėja korozijos atsiradimo rizika. Žinoma, mes turime nepamiršti, kad yra jau egzistuojančios sistemos ir faktas, kad plienas yra vis dar naudojamas naujose buitinio karšto vandens sistemose (pvz. paskirstant horizontalius vamzdynus).

Pirmasis faktorius, nuo kurio priklauso korozijos greitis, yra apsauginių sudedamųjų dalių bei koroziją sukeliančių ingredientų santykis.

Antrasis faktorius yra vandens temperatūra, kuri veikia atsirandančių dėl cinko korozijos produktų sudėtį ir struktūros pasikeitimus bei atitinkamai šių produktų apsaugines savybes. Tuo tarpu šaltame vandenyje korozijos produktai sukuria sandarų ir apsauginį sluoksnį, kuris gerai prisitvirtina prie pagrindo, jie tampa grūdėti ir laisvai sujungti su metalu, kai temperatūra siekia 40 – 80 °C. Maksimalios sąlygos cinko korozijai atsirasti susidaro prie 65 °C temperatūros - korozijos greitis šioje aplinkoje, 10 kartų didesnis, negu prie 55 °C.

Kitas nepalankus faktorius yra temperatūros svyravimai. Šis reiškinys sukuria cinko – geležies išsidėstymo polių apsisvertimą, o tai žymiai pagreitina koroziją.[3]

#### **1.4.3. Nuosėdos**

Kaip fizikinių – cheminių pokyčių rezultatas ir veikiant vandens kaitinimo procesui, atsiranda nuosėdos, kurios sukelia klaidingas funkcijas buitinio karšto vandens sistemose (vamzdynų "apaugimas", padidėjęs vamzdžių paviršiaus šiurkštumas) ir daro įtaką sistemos hidraulikai.

Kenksmingi chemikalai, esantys vandenyje, sukelia nuosėdų plėtimąsi (paprastai vadinamos nuoviros). Žinoma, pagrindinė nuovirų sudedamoji dalis buitiniame karštame vandenyje yra kalcio hidrokarbonatas kalcito arba/ir aragonito kristalų pavidalu.

Gerai tirpstančio hidrokarbonato išlaikymo vandenyje sąlyga yra anglies dioksido buvimas sistemoje. Šis minimalus anglies dioksido kiekis išlaiko deguonies balansą. Deja, kaitinimas sąlygoja CO<sub>2</sub> panaikinimą, o tai nukreipia pusiausvyrą į sunkiai tirpstančio kalcio karbonato pusę.

Didelis vandens kietumas ir aukšta temperatūra padidina kalcio hidrokarbonato irimo greitį, o tai gali būti kalcio nuosėdų nusėdimo proceso greitėjimo priežastimi.

Taigi tinkamos vandens kokybės ir temperatūros tikrinimas garantuoja, kad sistema veikia tinkamai. Sistemų, kuriomis tiekiamas labai kietas vanduo, vartotojui tai reiškia griežtą įsipareigojimą dėl tinkamos temperatūros palaikymo. Priešingu atveju sistema gali tapti visiškai "apaugusi" netgi po kelerių metų eksploatacijos

1.2. Lentelė. Sąlygos hidrokarbonatų nuosėdų atsiradimu

Vandens karbonatinis kietum.(°n)	Nuosėdų atsiradimo laikotarpio pradžia(valandos)				
	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
10	120	24	5	nedelsiant	
15	120	24	2		
16	120	24	1		
17	120	24	1		

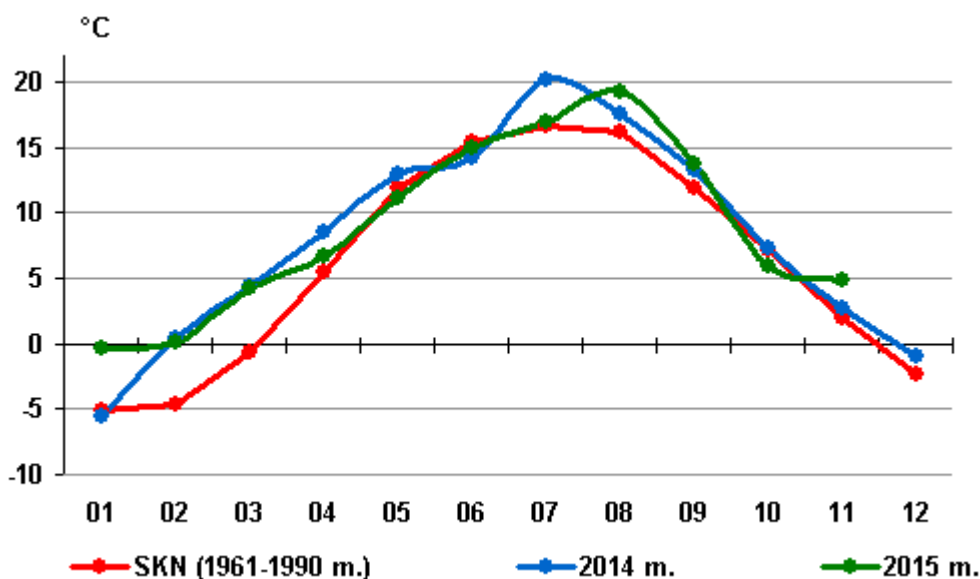
Remiantis pateiktais duomenimis, galima teigti, kad kuo aukštesnė temperatūra, tuo ilgesnis šildymo laikotarpis ir didesnis hidrokarbonato koncentracijos laikotarpis reiškia greitesnį nuosėdų atsiradimą. Pateiktoje lentelėj galima matyti, kad kritinė temperatūra, sukianti nuovirų atsiradimą, priklauso nuo karbonatų kietumo. Taigi, temperatūra jau yra kritinė, kai  $T_{krit} = 50 \text{ °C}$ , kietumui esant didesniam negu 15 °n, kur sąlygos nuosėdoms atsirasti susidaro jau po vienos valandos. Esant tai pačiai temperatūrai  $T_{krit} = 50 \text{ °C}$  ir kietumui žemesniam, negu 7 °n, sąlygos atsirasti nuosėdoms susidaro tik po 24 valandų.[3]

## 2. ESAMOS SITUACIJOS APŽVALGA

### 2.1. Realios grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros atskiruose miestuose

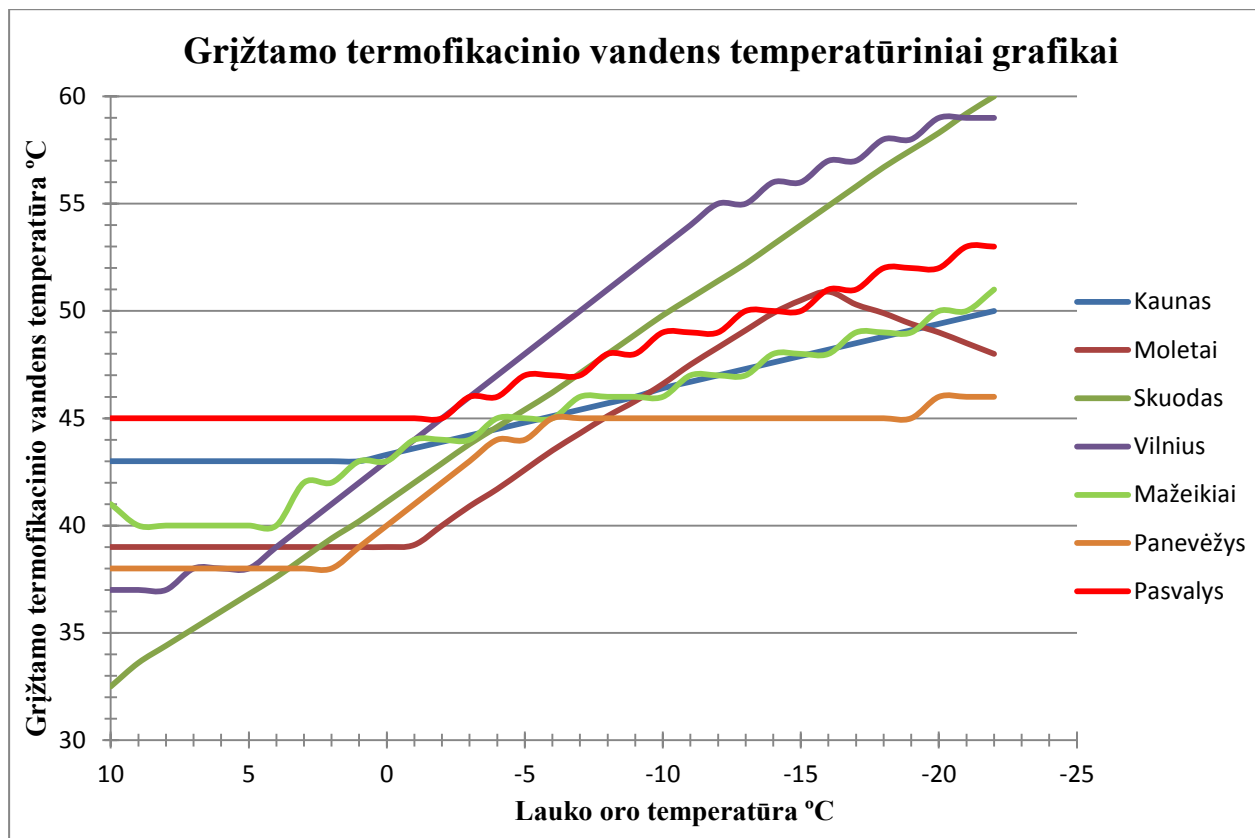
Kaip žinia grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrai katilinėje įtaką turi keli faktoriai (tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra  $T_1$ , tinklų izoliacijos kokybė, pramonės arba prekybos įmonių bei organizacijų šilumos vartojimo sistemų darbas ir t.t). Svarbią vietą užima DGN su karšto vandens ruošimo sistemomis. Nagrinėjant Lietuvoje esančias karšto buitinio vandens ruošimo sistemas reiktų paminėti, jog grįžtamo termofikacinio vandens  $T_2$  temperatūrą galima keisti keliais būdais, pvz., keičiant pageidaujamą gauti karšto buitinio vandens temperatūrą bei keičiant cirkuliacinio siurblio greitį.

Remiantis [4] duomenimis vidutinė metinė lauko oro temperatūra Lietuvoje 2014 m. buvo  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



2.1. pav. Vidutinė oro temperatūra Lietuvoje 1961–1990, 2014 ir 2015 m.[4]

Išnagrinėjus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrinius grafikus 2.2. pav. matyti, jog grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra atskiruose Lietuvos miestuose yra skirtinga. Reiktų paminėti, jog atskirų miestų šilumos tinklai pateikia preliminarinius grafikus ir pateikti duomenys skiriasi nuo realių reikšmių. Kaip pavyzdžiui Skuodo miesto atveju nėra realu, kad į katilinę grįžta  $32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  termofikacinis vanduo dėl KBV ruošimo.



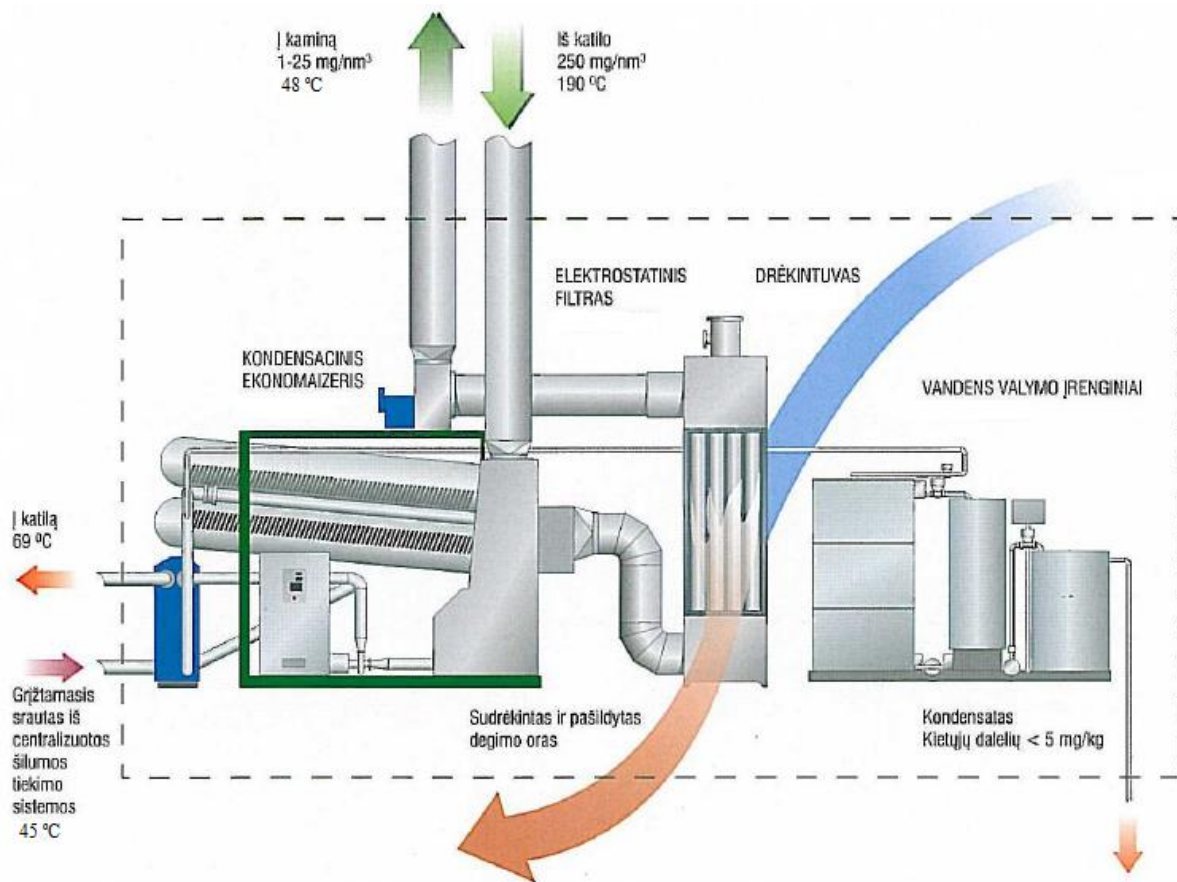
2.2. pav. Grįžtamos termofikacinio vandens temperatūros atskiruose Lietuvos miestuose

## 2.2. Kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumo priklausomybė nuo grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros

Ekonomaizeris, tai nerūdijančio plieno korpusinis-vamzdelinis šilumokaitis, kurio pagalba galima nemokamai pagaminti papildomos šilumos bei išvalyti kietąsias daleles iš dūmų.

Pagal ekonomaizeriuose utilizuojamos šiluminės energijos pobūdį ekonomaizeriai skirstomi į kondensacinius ir nekondensacinius. Panaudojant nerūdijančio plieno ekonomaizerius, galima iš esmės padidinti šilumos gamybą, sudeginant tiek pat kuro katilė. Tradiciniu būdu skaičiuojant katilo efektyvumą, katilo naudingumo koeficientas visada mažesnis už 100 %, tačiau esant kondensaciniam ekonomaizeriui, naudingumo koeficientas viršija 100 %. Dėl to dujas naudojančio katilo naudingumo koeficientas gali siekti, pvz. 105–107 %, o drėgną biokurą naudojančio katilo – 110 ar net 120 %. Taigi, biokuro kondensaciniame ekonomaizeryje gaunamas papildomas net 20–25 % šilumos kiekis dėl gilaus dūmų ataušinimo ir dūmuose esančių vandens garų kondensacijos. Tokie ekonomaizerio darbo rodikliai gaunami dėl to, kad biokuro katiluose deginama nedžiovinta

mediena ir didelė dalis degimo šilumos sunaudojama kuro drėgmei išgarinti. Kondensaciniame ekonomizaizeryje, priešingai nei katile, ta šiluma yra susigrąžinama ir panaudojama.[5]



2.3. pav. Bendra kondensacinio ekonomizaizerio schema

Kondensaciniame ekonomizaizeryje susidaręs kondensatas yra surenkamas kondensato surinkimo talpykloje ir nuolat akumuliuojamas. Taip susikuria kondensato perteklius, kurį reikia pašalinti. Šalinimas nėra galimas dėl kondensato užterštumo. Dūmuose esančios kietosios dalelės patenka į kondensatą, taip kartu su kitais veiksniais veikdamos vandens kokybę bei užterštumą. Tam, kad pašalintume perteklinį kondensatą, reikia jį neutralizuoti ir išvalyti. Perteklinis kondensatas toliau dozuojamas į kondensato valymo sistemą, kur pirmiausiai yra neutralizuojamas jo pH lygmuo, pasiekiant reikalingą išmetamo į kanalizaciją kondensato pH = 6,5–6,8. Tam į kondensatą dozuojami šarmo ir rūgšties tirpalai. Po neutralizacijos kondensatą reikia paruošti filtravimui. Kad smulkiosios dalelės kondensate koaguluotų į didesnes, reikia koagulianto reagento. Sukoaguluotas daleles flokuliuojame naudodami flokulianto reagentą. Po šio cheminio ir mechaninio kondensato apdorojimo naudojami mechaniniai filtrai. Tik tuomet kondensatas yra tinkamas nutekėti į kanalizaciją.

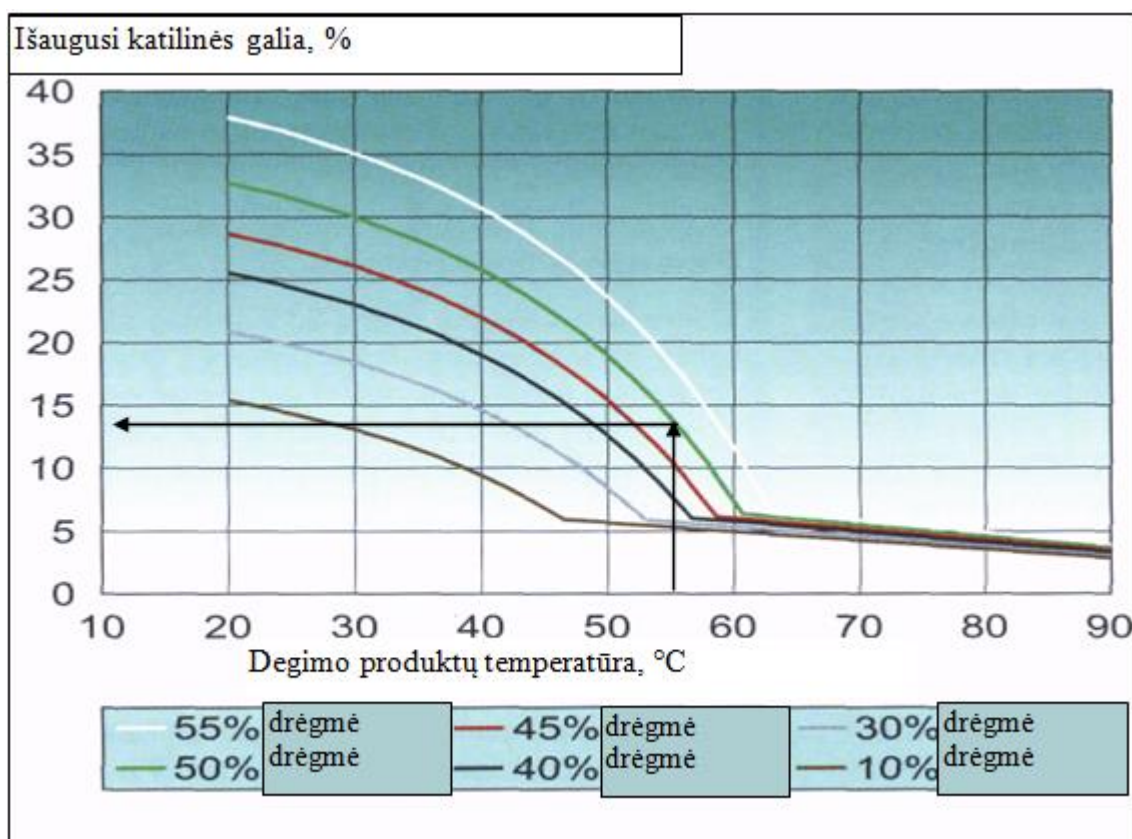


Likęs kondensatas yra recirkuliuojamas sistemoje norint palaikyti kondensacinės sistemos nepertraukiamą veikimą ir padidinti šilumos perdavimo efektyvumą. [5]

Ekonomaizerio efektyvumas pagrįste priklauso nuo deginamo biokuro drėgmės ir grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros, kuri priklauso nuo šildomų pastatų charakteristikų, tinkamo jų sureguliuavimo bei tinklo izoliacijos kokybės.

Kaip galima pastebėti iš 2.4. pav. kuo mažesnė ataušintų dūmų temperatūra ir didesnis kuro drėgnumas tuo didesni papildomos šilumos kiekį galima pagaminti naudojant KE. Yra laikoma, kad grįžtamas termofikacinis vanduo ataušina dūmus beveik iki savo temperatūros + 2-3 °C. Kaip nurodyta pavyzdyje esant 55 °C ataušintų dūmų temperatūrai ir 50 % biokuro drėgnumui, naudojant KE galima papildomai pagaminti 14 % šilumos nuo katilo galios.

Laikant, kad ataušintų dūmų temperatūra ir kuro drėgnumas tokie pat kaip pavaizduoti 2.4. pav., o biokuro katilo galia siekia 20 MW, galima teigti, jog kondensacinis ekonomaizeris gali pagaminti dar 2,8 MW šilumos be jokių kuro sąnaudų.



2.4. pav. Kondensacinio ekonomaizerio darbo efektyvumo priklausomybė nuo grįžtančio vandens temperatūros bei kuro drėgnumo

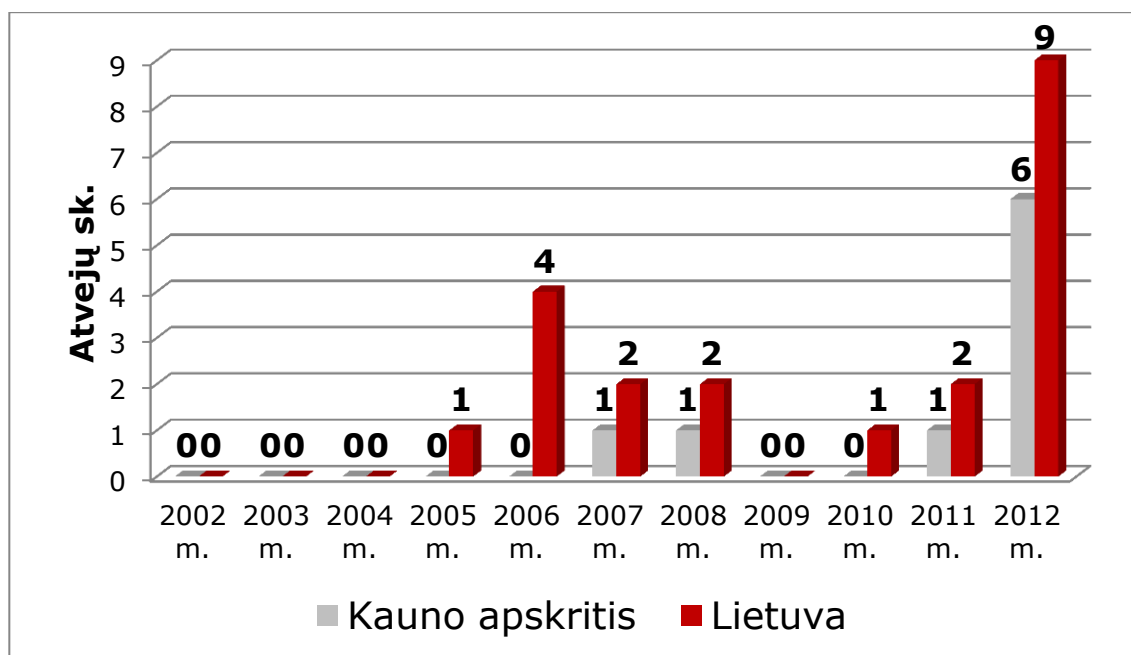
### 2.3. Legioneliozės ligos problematika Lietuvoje

Legionelės bakterijos plačiai paplitusios aplinkoje – vandens telkiniuose (upių, ežerų vandenyje), dumble, dirvoje, gamybinės ir visuomeninės paskirties objektų karšto ir šalto vandens sistemose. Legionelių dauginimuisi reikalingos maistinės medžiagos, kurios gaunamos iš vandens sistemose aptinkamų organizmų (dumbliai; amebos ir kt.) bei nuosėdos, nuoviros, rūdys ir dumblas (biofilmas).

Legionelės intensyviai dauginasi lėtai tekančiame ir stovinčiame vandenyje – vamzdžiuose, kuriais silpnai ar visai neteka vanduo (pvz. neapgyvendinti viešbučių kambariai). Dauginimuisi padeda, kai vandens sistemose nusėdęs dumblas, rūdys – apnašomis pasidengę, purvini bei korozijos apimti ar kiauri vamzdžiai, dušai ir čiaupai.

Bakterijos karšto ir šalto vandens sistemose atsiranda esant palankiausiai vandens temperatūrai – 20–45 °C. Legionelės nesidaugina žemesnėje nei 20 °C ir aukštesnėje, nei 60 °C temperatūros vandens sistemoje.[6]

Susirgimo atvejų legionelioze Lietuvoje pasitaiko ganėtinai mažai lyginant su kitomis Europos šalimis. Per 10 metų laikotarpį (2002-2012 metai) buvo užfiksuotas 21 legioneliozės atvejis. Vis dėlto reiktų atkreipti dėmesį, jog net 43 % visų aptiktų užsikrėtimų įvyko Kauno apskrityje. 2012 m. iš visų 9 užfiksuotų atvejų 6 įvyko Kauno mieste.



2.5. pav. Susirgimai legionelioze Lietuvoje 2002-2012 m.

Pagal [6] duomenis (2.1 lentelė) galima teigti, jog net trys užfiksuoti atvejai įvyko dėl prastai prižiūrimų karšto buitinio vandens sistemų, už kurių priežiūrą yra atsakingi daugiabučių namų pirmininkai. Užsikrėtimo vietose atlikus karšto vandens tyrimus paaiškėjo, kad vandens temperatūra po nuleidimo atitinkamai siekė 42 °C, 50,4 °C ir 41,7 °C. Tarp visų užsikrėtusiųjų 2012 m. Kaune buvo tik viena moteris, o bendras užsikrėtusiųjų amžiaus vidurkis siekė 56 metus. Taipogi reiktų paminėti, jog beveik visi užfiksuoti atvejai buvo aptikti seniausiam Kauno mikrorajone – Dainavoje.

Taigi, siekiant Lietuvoje šilumą tiekti žema temperatūriniu grafiku reikia užtikrinti, jog terminė dezinfekcija būtų vykdoma be išimčių, įstatymiškai nustatytu laikotarpiu, kiekviename iš pastatų. Taipogi reikia užtikrinti, jog vykdant dezinfekciją visi karšto vandens vartotojai nuleistų vandenį.

2.1. Lentelė. Legioneliozės atvejai Kauno apskrityje 2012 m.

	Lytis ir amžius, metais	Tyrimų išvados	
		Karštas buitinis vanduo	Pastaba
1	Vyr., 67		Užsikrėtė užsienyje (Italija)
2	Vyr., 39	Nustatyta <i>L. pneumophila</i> karštam vandenyje (36,4 °C – tik atsukus čiaupą, 42,0 °C – nuleidus vandenį)	
3	Vyr., 44	Legionelių neaptikta	Dujinė vandens šildymo kolonėlė
4	Mot., 74	Nustatyta <i>L. pneumophila</i> karštam vandenyje (50,4 °C – nuleidus vandenį)	
5	Vyr., 67	Nustatyta <i>L. pneumophila</i> karštam vandenyje (27,3 °C – tik atsukus čiaupą, 41,7 °C – nuleidus vandenį)	
6	Vyr., 44		Užsikrėtė užsienyje (Isp., Pranc.)

## 2.4. Legionella bakterijų atsiradimo atvejai karšto buitinio vandens sistemoje

### 2.4.1. Legionella bakterijų dauginimosi rizika

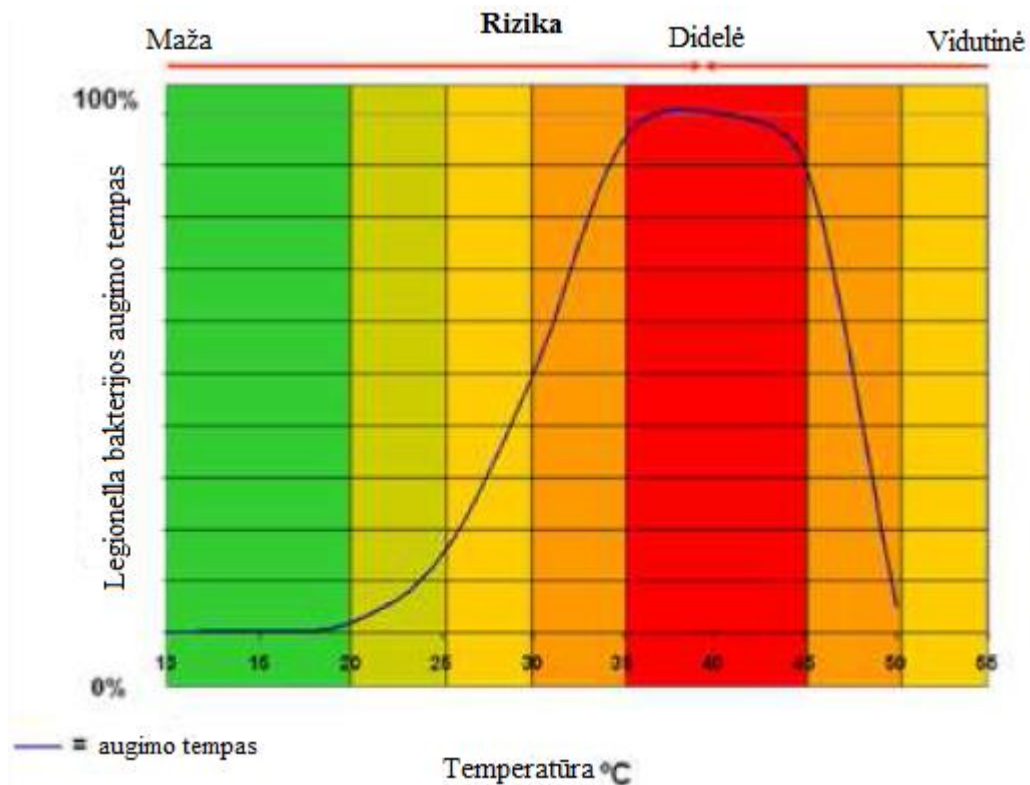
Legionella bakterijų dauginimosi priklausomybė nuo temperatūros bei vandens nusistovėjimo laiko sistemoje pateikta 2.2. lentelėje. Aiškumo dėlei reikėtų pasakyti, kad nechloruotame šaltame geriamam vandenyje Legionella bakterijų koncentracija maža – apie 1/2500 litrų vandens tūryje. Ir tik atsiradus 50/ml koncentracijai, reikėtų susirūpinti karšto buitinio vandens sistemos būkle. [7]

2.2. Lentelė. Legionella bakterijų dauginimosi rizikos laipsnis, priklausomai nuo vandens laikymo sąlygų (temperatūros ir laiko)[8]

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 h	++	> 3 h	+++
7.	60–65	> 3 min.	+	> 5 min	++	> 10 min	+++
8.	65–70	> 20 s.	+	> 40 s	++	> 1 min	+++

Remiantis [8] matome, kad karšto vandens temperatūrai esant 25–45 °C iki dviejų dienų, rizikos laipsnis dėl Legionellos bakterijų dauginimosi prilygintas nuliui. Taigi, nakties metu 6–ioms valandos sumažinus karšto buitinio vandens temperatūrą iki 40 °C, ir cirkuliacinio vandens temperatūrai nukritus iki 30–35 °C, jokio rizikos laipsnio nėra, nes per likusią paros dalį karšto vandens tūris sistemoje pasikeis 6–8 kartų dėl karšto vandens vartojimo.

Bakterijų koncentracija vandenyje mažėja, kai temperatūra viršija 46 °C. Žemiau pateikta schema atvaizduoja bakterijų empirinę priklausomybę nuo jų sugebėjimo daugintis įvairiose temperatūrose.



2.6. pav. Legionella bakterijų dauginimosi priklausomybė nuo vandens temperatūros

Prieiname išvados, kad periodiškas temperatūros kilimas (nekontroliuojant pasterizacijos laiko) sumažina bakterijų koncentraciją, tačiau visiškai jų neišnaikina. Analogiškas reiškinys gali susidaryti karšto vandens sistemoje, arba jos dalyse, kurios retai naudojamos.

#### 2.4.2. Legioneliozės profilaktika ir kontrolė vandens sistemose

Legionierių ligos profilaktikos esmė – Legionella bakterijų rezervuaro paieškos ir jo kenksmingumo pašalinimas terminiu ar cheminiu būdais. Legioneliozės ligos priežastimi viešbučiuose ir kitose apgyvendinimo įstaigose dažniausiai yra Legionella bakterijomis užkrėstos karšto ir šalto vandens sistemos, kuriose šalto vandens temperatūra aukštesnė kaip 20 °C, taip pat purškimo sistemos (pvz., gėlių laistymo sistemos, dekoratyviniai fontanai).[9]

#### **2.4.2.1. Rizikos veiksnių nustatymas ir įvertinimas**

Reikia įvertinti visą pastato vandens sistemą, jos tipą, vandens sistemos elementus, kuriuose gali susidaryti aerozoliai, vandens naudojimo dažnumą, pvz. viešbutis gali turėti kelis retai naudojamus kambarius, kurie, vėl pradėjus juos naudoti, gali užkrėsti visą sistemą. Įvertinant legionierių ligos rizikos veiksnius, būtina atkreipti dėmesį į galimas geriamojo vandens užteršimo vietas prieš vandeniui patenkant į sistemas, įrangą, vandentiekio avarijas, oro tiekimo į pastatus įrangos išdėstymą (ji neturi būti arti aušinimo bokštų) ir kt.

Objektuose, kur yra potencialių legionierių ligos rizikos veiksnių, rekomenduojama paskirti asmenį, atsakingą už legionierių ligos kontrolę. Šis asmuo privalo turėti objekto savininko, administracijos įgaliojimus vykdyti (organizuoti) legionierių ligos profilaktikos priemones ir pildyti atliekamų darbų registracijos dokumentus. Rizikos veiksnių įvertinimo dokumentai turi būti peržiūrimi reguliariai kas 2-ėjus metus ir pakeitus vandens sistemas.[10]

#### **2.4.2.2. Užsikrėtimo legionelioze rizikos prevencija ir kontrolė**

Jeigu objekte nustatyta ir įvertinta ekspozicijos rizika, reikia parengti legionelių ligos profilaktikos ir kontrolės schemą (planą). Schemoje būtina numatyti priemones, kurios reikalingos siekiant įvertinti, ar kontrolės sistema veikia efektyviai, bei priemones, kurių bus imtasi, jei bus nustatytas kontrolės sistemos neefektyvumas. Schemoje pateikiamas pastato ir vandens sistemos išdėstymas, nurodomos laikinai nenaudojamo pastato dalys, schemos efektyvumo vertinimo dažnumas, numatomos priemonės, stabdančios Legionella bakterijų dauginimąsi:

- palaikyti karšto vandens temperatūrą 50 – 60 °C;
- neleisti vandeniui užsistovėti;
- vengti vandens sistemoje naudoti medžiagas, kuriose gali kauptis ar susidaryti bakterijų mitybos medžiagos;
- tinkamai valyti vandens sistemas, kad nesusidarytų nuosėdos ir kt.;
- naudoti tinkamas vandens dezinfekcijos procedūras (nukenksminimo programas) ir užtikrinti jų saugumą. Visos procedūros turi būti detalios aprašytos;
- schemoje numatomi įvairių parametrų (temperatūros, biocidų lygio ir kt.), užtikrinančių efektyvią apsaugą nuo Legionella bakterijų, patikrinimai, kontroliniai tyrimai dėl Legionella bakterijų skaičiaus nustatymo vandenyje.[10]

#### **2.4.2.3. Temperatūros vaidmuo legioneliozės prevencijoje**

Tinkamos temperatūros palaikymas vandens sistemoje yra vienas iš pagrindinių legioneliozės prevencijos būdų. Vandens temperatūra vandens sistemose turi būti sistemingai matuojama ir registruojama. Esminiai šio kontrolės metodo elementai:

- recirkuliacinėse karšto vandens sistemose ištekancio vandens iš vandens kaitintuvo temperatūra turi būti ne mažesnė nei 60 °C, grįžtančio vandens temperatūra turi būti ne mažesnė nei 50 °C;
- karšto vandens maksimali temperatūra, atsukus čiaupą, pasiekama po vienos minutės, o šalto – po dviejų minučių;
- karšto vandens temperatūra, atsukus čiaupą, po vienos minutės turi būti ne mažesnė nei 50 °C (išskyrus, kai yra įrengti termostatiniai vožtuvai);
- šalto vandens temperatūra čiaupuose neturi siekti 25 °C (jei įmanoma 20 °C);
- vandens sistemose, kur čiaupuose negali būti palaikoma 50 °C karšto vandens temperatūra, turi būti naudojamos alternatyvios legioneliozės profilaktikos priemonės (biocidų naudojimas ir kt.);
- šalto vandens sistemos vamzdžiai turi būti tinkamai izoliuoti bei tarp šalto ir karšto vandens vamzdžių turi būti palaikomas tinkamas atstumas.[10]

#### **2.4.2.4. Vandens sistemos mėginių paėmimas ištyrimui dėl Legionella bakterijų**

Prieš pasirenkant mėginių ėmimo vietas, reikia išnagrinėti vandens sistemų išdėstymą ir numatyti galimus infekcijos šaltinius. Mėginių paėmimo vietas gali skirtis priklausomai, koku tikslu imami tyrimai, t. y. nustacius legionelių ligos atvejį ar atliekant kontrolinius tyrimus.

Mėginių paėmimo vietų pavyzdžiai. Boilerinėje imami karšto vandens, ištekancio iš vandens kaitintuvo, taip pat grįžtančio vandens į kaitintuvus, mėginiai. Jei įmanoma, vandens mėginiai imami ir iš išsiplėtimo indų, vandens minkštinimo įrenginio ir kt. Vandens mėginius reikia paimti iš viešbučio ar kitos apgyvendinimo įstaigos kambario, kur buvo apsistojęs susirgęs asmuo, laisvalaikio leidimo komplekse, kur yra baseinas, sukūrinės vonios ir kiti galimi legioneliozės infekcijos šaltiniai, svečių kambariuose iš skirtingų aukštų, mėginius reikia paimti iš atitinkamų pastato taškų, kur buvo užsistovėjęs vanduo, pvz. buvo uždarytas vienas viešbučio aukštas ir kt. Pagal temperatūros matavimų parametrus skirtingose vandens sistemos vietose galima nuspręsti iš kurių vandens sistemos vietų tikslinga paimti vandens

mėginius, pvz., mėginiai iš šilčiausio taško šalto vandens sistemoje ir šalčiausio taško karšto vandens sistemoje.

Vandens mėginiai (dažniausiai 1 litras) imami į sterilius indus. Jeigu vanduo chloruotas, inde turi būti chlorą neutralizuojančios medžiagos. Paėmus vandens mėginį, kalibruotu termometru matuojama tekančio vandens temperatūra vandens srovės viduryje (išsamesnė informacija toliau).[10]

#### **2.4.2.5. Karšto vandens mėginių paėmimas**

Pirmas mėginys imamas tuojau pat atsukus čiaupą nenuleidus vandens. Mėginys parodo čiaupo užterštumą. Nuleidus vandenį 60 sekundžių pamatuojama tekančio vandens temperatūra.

Antras mėginys imamas nuleidus vandenį bei dezinfekavus čiaupą. Čiaupas atsukamas vienai minutei, tada nuvalomas išorinis ir vidinis čiaupo paviršius bei dezinfekuojamas 1 proc. natrio hipochloritu ar 70 proc. etanoliumi ir paliekamas mažiausiai vienai minutei. Po dezinfekcijos čiaupas praplaunamas vandens srove, siekiant pašalinti dezinfekuojančios medžiagos likučius. Praplovus čiaupą paimamas vandens mėginys. Mėginys parodo vandens sistemos užterštumą.

Nuo vidinių dušo galvučių, rankenų paviršių, dušo žarnos vidinio paviršiaus ploviniai sukamaisiais judesiais imami steriliais tamponais, kurie įdedami į mėgintuvėlius su 0,5 – 1 ml to paties vandentiekio ar steriliu vandeniu. Ploviniai imami ir nuo maišytuvo aeratoriaus sietelių.[10]

#### **2.4.2.6. Šalto vandens mėginių paėmimas**

Pirmas mėginys imamas tuojau pat atsukus čiaupą, nenuleidus vandens.

Nuleidus vandenį 2 minutes, pamatuojama tekančio vandens temperatūra ir paimamas antras mėginys (paimamas taip pat kaip ir karšto vandens antras mėginys).

Paimamas mėginys ir iš tualetų bakelio.[10]



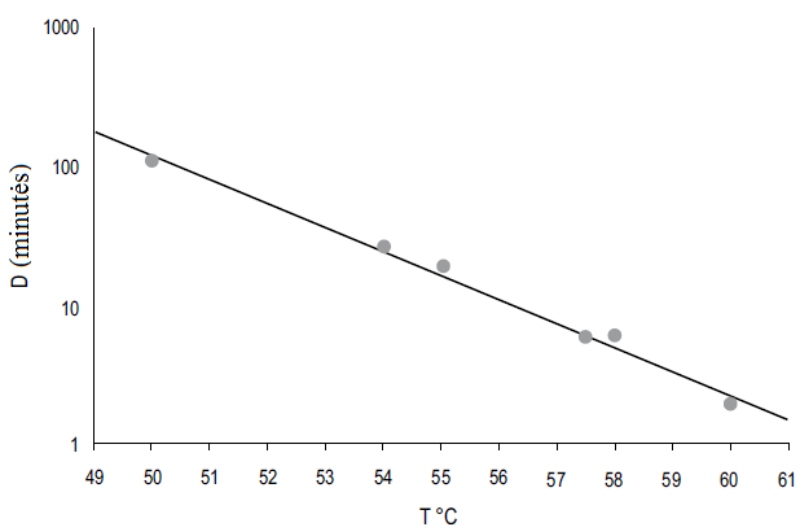
### 2.4.3. Dezinfekcijos būdai

Nustačius legionierių ligos atvejus apgyvendinimo įstaigose, kuo skubiau turi būti taikomos Legionella bakterijų nukenksminimo procedūros. SPA baseinai, aušinimo bokštai ir kita įranga, esant galimybei, išjungiami, kol bus paimti aplinkos tyrimai ir atlikta nukenksminimo procedūra. Legionella bakterijos vandens sistemoje nukenksminamos terminiu būdu ir / ar dezinfekuojuotais biocidais.[10]

#### 2.4.3.1. Karšto vandens sistemų dezinfekcija

Terminė dezinfekcija. Vadovaujantis nacionaliniais teisės aktais (HN 118:2011 ir HN 23:2003) karšto vandens sistemoje turi būti sudarytos techninės prielaidos vandens temperatūrą padidinti iki 66 °C laipsnių, o vartotojų čiaupuose – iki 60 °C. Tokia temperatūra turi būti išlaikoma ne mažiau kaip 25 min. Užsienio teisės aktuose rekomenduojama sudaryti technines prielaidas vandens šildytuve pakelti vandens temperatūrą iki 70 – 80 °C, kad vartotojų čiaupuose cirkuliuojančio vandens temperatūra mažiausiai 1 val. būtų ne mažesnė nei 65 °C (ar bent nenukristų mažiau už 60 °C). Atliekant terminę dezinfekciją, mažiausiai 5 min. turi būti atsukami vandens sistemos čiaupai.

Atlikus vandens tiekimo sistemos nukenksminimą, turi būti organizuojamas vandens mikrobiologinis tyrimas Legionella bakterijoms nustatyti. Jeigu rezultatai nepatenkinami, procedūra turi būti atlikta pakartotinai. Terminė dezinfekcija turi būti atliekama nesukeliant rizikos karšto vandens vartotojams – kai patalpose nėra vartotojų arba iš anksto apie tai juos informavus.



2.7. pav. Bakterijų sumažėjimo iki 90 % priklausomybė nuo laiko ir temperatūros

Pastovus 50 – 60 °C cirkuliuojančio karšto vandens temperatūros palaikymas sistemoje. Karšto vandens temperatūra jo išleidimo čiaupuose neturi būti mažesnė nei 50 °C. Tai dažniausiai vartojamas legionierių ligos kontrolės būdas. 60 °C temperatūroje per 2 minutes inaktyvuojama 90 % *L. pneumophila* populiacijos. Esant mažesnei nei 50 °C temperatūrai sudaromos palankios sąlygos vandens sistemoje kolonizuotis *L. pneumophila* bakterijoms.[10]

#### **2.4.3.2. Cheminiai dezinfekcijos būdai. Chloravimas**

- Trumpalaikė karšto vandens sistemos dezinfekcija chloru (smūginė dezinfekcija chloru). Sistema užpildoma chloro mišiniu (50 mg aktyviojo chloro litrai vandens) ir dezinfekuojama 4 valandas. Sistemą užpildančio geriamojo vandens temperatūra neturi būti didesnė kaip 30 °C. Baigus dezinfekciją, sistema plaunama vandeniu, kol laisvojo chloro koncentracija jame neviršija 1 mg/l. Trumpalaikę karšto vandens sistemos dezinfekciją chloru turi atlikti atsakingos institucijos, turinčios licenciją šiai veiklai.
- Nuolatinė vandens cheminė dezinfekcija. Į vandens sistemą įmontuojama dozavimo sistema, kuri į vandenį įterpia mažus biocido kiekius ir užtikrina nuolatinę dezinfekciją. Atliekant nuolatinę dezinfekciją chloru dažniausiai naudojamas kalcio hipochloritas ar natrio hipochloritas.

Dezinfekcijai gali būti naudojamos ir kitos leistinos cheminės medžiagos: chloro dioksidas, monochloraminas ir kt.

**Vario ir sidabro jonizacijos metodas.** Vanduo prateka pro specialų valymo elementą, kuriame yra elektrodai. Silpna nuolatinė elektros srovė juos aktyvuoja. Tokiu būdu susiformuoja vario (Cu<sup>++</sup>) ir sidabro (Ag<sup>+</sup>) jonai, kurie pasižymi baktericidiniu poveikiu.

**Dezinfekcija ultravioletinis spinduliais.** Veikiant UV spinduliams, bakterijų DNR susidaro timino dimerai ir bakterijos inaktyvuojamos. Metodo privalumai: UV įranga santykinai lengvai įmontuojama, neveikiamos vandens organoleptinės savybės. Metodo trūkumai: dezinfekcija UV spinduliais turi būti kombinuojama su kitais *Legionella* bakterijų dezinfekcijos būdais, kadangi taikant šį metodą nėra išliekamojo poveikio ir bakterijos gali išlikti gyvybingos užsistovėjusiose vandens sistemos dalyse ir kt.

**Šalto vandens sistemų dezinfekcija.** Šalto vandens sistemose pagrindinė *Legionella* bakterijų nukenksminimo priemonė – oksiduojantys biocidai (chloras, monochloraminas, chloro dioksidas ir kt.).[10]

## **2.5. Teisinė bazė užsienyje bei Lietuvoje, nusakanti KBV tiekimo parametrus**

Paruošti buitinį karštą vandenį yra vienas pagrindinių centralizuoto šildymo uždavinių. Buitinio karšto vandens sistemos gali būti padalintos į dvi grupes: Paruoštas karštas vanduo tiekiamas centralizuotai arba ruošiamas pastatuose įrengtais vietiniais šildytuvais.

### **2.5.1. Karšto buitinio vandens kokybė ir temperatūra Lietuvoje**

Karšto vandens, tiekiamo buitiniams ir higieniniams reikmėms tenkinti, kokybė turi atitikti higienos normos „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ (1 priedo 1 p.) reikalavimus, keliamus šaltam geriamajam vandeniui. Karšto vandens temperatūra karšto vandens naudojimo vietose turi būti ne žemesnė kaip 50 °C ir ne aukštesnė kaip 60 °C. Cirkuliacinio karšto vandens temperatūra neregamentuojama. Vaikų ikimokyklinėse įstaigose karšto vandens temperatūra praustuvų ir dušų vandens ėmimo čiaupuose turi būti ne aukštesnė kaip 37 °C. Maitinimo įstaigose ir kitose vietose, kuriose karšto vandens temperatūra reikalinga aukštesnė, nei nurodyta „Pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės“ 9 punkte, turi būti įrengti vietiniai vandens šildytuvai [11]. KBV ruošiamas momentiniais šilumokaičiais kaip pavaizduota 1.2 pav.

### **2.5.2. Karšto buitinio vandens kokybė ir temperatūra užsienyje**

Taip pat reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kad daugelyje šalių reikalavimai karšto buitinio vandens temperatūrai yra kitokie, nei kad galioja mūsų šalyje. Siekiant išvengti Legionella bakterijų užterštumo karštame buitiniame vandenyje, įvairios šalys yra priėmusios normatyvinius dokumentus, nusakančius priemonės, kuriomis būtų galima išvengti užterštumo rizikos. Šių dokumentų apžvalga, remiantis [2] pateikta 2.3 lentelėje:

Matome, kad tiek Vokietijos, tiek Prancūzijos reikalavimai yra labai panašūs bei techniškai aiškiausiai išdėstyti – sistemos suskirstytos į mažas ir dideles. Jeigu karšto vandens tūris karšto vandens ruošimo sistemoje yra mažesnis nei 400 litrų, ir vamzdyne, jungiančiame šildytuvą ir toliausiai nutolusį čiaupą, vandens tūris neviršija 3 litrų, tokia sistema vertinama kaip potencialiai nepavojinga Legionella bakterijų atsiradimui. Reiktų paminėti, jog KBV užsienio šalyse didžiaja dalimi ruošiamas akumuliacinėse talpose, todėl Legionella bakterijų atsiradimo rizika yra didesnė nei Lietuvoje, kur KBV ruošiamas momentiniais šilumokaičiais.

2.3. Lentelė. Reikalavimai karšto buitinio vandens ruošimo sistemoms kai kuriose Europos šalyse

Eil. nr.	Šalis	Norminiai aktai	Norminių aktų komentarai ir pastabos
1	ES	Geriamo vandens direktyva (98/83/EG)  EN 806-2	ES direktyvos labai bendros, jos nurodo, kad „vanduo turi būti saugus vartoti“. „Karšto vandens temperatūra vamzdyne negali būti mažesnė kaip 50 °C“.
2	Danija		50 °C karšto vandens temperatūra čiaupo vietoje tenkina reikalavimus.
3	Prancūzija		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Karšto vandens temperatūra niekada negali viršyti 50 °C temperatūrą čiaupo vietoje (siekiant apsaugoti nuo nudegimų).</li> <li>2. Skirstomojo tinklo kolektoriuje temperatūra turi viršyti 50 °C;</li> <li>3. Jeigu vanduo laikomas sistemoje daugiau kaip 24 valandas, jis turi būti užkaitinamas virš 60 °C, kai sistemos tūris didesnis negu 400 litrų arba kai vandens tūris vamzdynuose iki toliausiai nutolusio čiaupo yra didesnis negu 3 litrai;</li> </ol>
4	Vokietija	W551 (naujiems pastatams); W552 (seniems pastatams).	<p>Karšto buitinio vandens sistemos skirstomos į mažas ir dideles sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mažos sistemos turi mažą rizikos laipsnį ir joms neskiriamas didelis dėmesys. Tokios sistemos paprastai yra vieno ar dviejų butų pastatuose, kur instaliuotų sistemų karšto vandens tūris yra mažesnis nei 400 litrų vandens ir vamzdyno tarp šildytuvo ir čiaupo tūris mažesnis nei 3 litrai.</li> <li>- Didelės sistemos (&gt;400 litrų ir &gt;3 litrus atitinkamai) turi būti suprojektuotos taip, kad vieną kartą per parą būtų užkaitinamos iki 60 °C.</li> </ul>
5	Belgija		<p>Bendri reikalavimai –šalto vandens temperatūra turi būti &lt;20 °C, karšto vandens &gt;60 °C.</p> <p>Visos sistemos (ypač visuomeniniuose pastatuose) turi turėti atliktą Legionellos rizikos analizę.</p>
6	Jungtinė karalystė		<p>Akumuliacinėse talpose karšto vandens temperatūra turi viršyti 60 °C, šalto vandens temperatūra turi būti &lt;20 °C.</p> <p>Individualiems namams reikalavimų praktiškai nėra.</p>

Prancūzijos reikalavimai potencialiai pavojingai sistemai aiškiausi – jeigu vanduo sistemoje užsistovi (saugomas arba laikomas) 24 valandas, tuomet sistema turi būti vieną kartą per parą užkaitinama iki 60 °C, jeigu karšto vandens tūris karšto vandens ruošimo sistemoje yra didesnis nei 400 litrai, ir vamzdyne, jungiančiame šildytuvą ir toliausiai nutolusį čiaupą, vandens tūris viršija 3 litrus.

### **2.5.2.1. W 551 kodo taikymas Vokietijoje**

Šio kodo praktinis taikymas buvo skirtas sumažinti Legionella bakterijų augimą geriamojo vandens šildymo sistemoje ir vamzdyne. Šis kodas praktiškai buvo pradėtas vykdyti kartu su Viešosios sveikatos federalinio biuro rekomendacijomis kaip mažinti Legionella bakterijų užsikrėtimo riziką (Bundesgesundheitsbl 30 Nr, Liepos 7 d., 1987).[12]

#### **W 551 naujiems įrenginiams**

Šis kodas praktiškai taikomas naujiems (planuojamiems, statomiems ar eksploatuojamiems) geriamojo vandens sistemų ir vamzdynų įrenginiams. Karšto buitinio vandens sistemos skirstomos į du tipus:

- mažos sistemos, kurios turi mažą rizikos laipsnį ir joms neskiriamas didelis dėmesys. Tokios sistemos paprastai yra vieno ar dviejų butų pastatuose, kur instaliuotų sistemų karšto vandens tūris yra mažesnis nei 400 litrų vandens ir vamzdyno tarp šildytuvo ir čiaupo tūris mažesnis nei 3 litrai.
- didelės sistemos, kaip gyvenamieji pastatai, pensionai, ligoninės, viešbučiai, sporto ar pramonės objektai, kurių instaliuotų sistemų karšto vandens tūris yra didesnis nei 400 litrų vandens, o vamzdyno tarp šildytuvo ir čiaupo tūris didesnis nei 3 litrai.[12]

#### **Reikalavimai geriamojo vandens šildytuvams**

Vamzdynuose, kurių tūris didesnis nei 3 L dažniausia naudojami vietiniai cirkuliaciniai geriamojo vandens šilumokaičiai. Kiekvienas akumuliacinis geriamojo vandens šildytuvas, įrenginio valymui bei priežiūrai turi turėti pakankamo dydžio (rankos dydžio) skylę. Šalto vandens įėjimas turi būti suprojektuotas taip, kad didelio maišymosi zonoje būtų išvengta nukrypimo proceso.[12]

#### **Mažos sistemos**

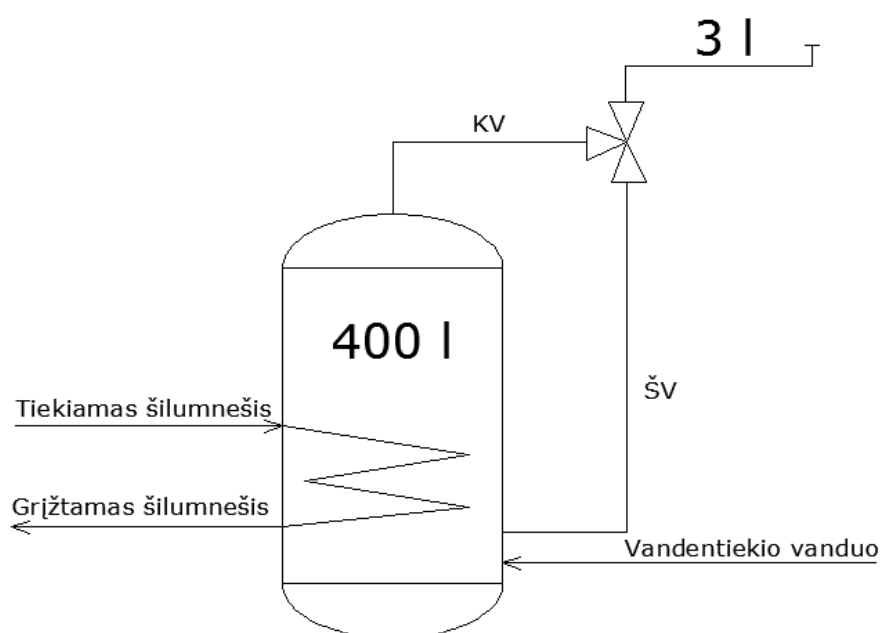
Mažose sistemose naudojami akumuliaciniai arba centriniai cirkuliaciniai geriamojo vandens šildytuvai. Jie taikomi:

- Vienos šeimos namuose
- Dviejų šeimų namuose
- Sistemose, kuriose karšto buitinio vandens tūris neviršija 400 l, o vandens vamzdyne nuo šilumokaičio iki toliausiai nutolusio čiaupo nesusidaro 3 l tūris.[12]

## Didelės sistemos

Didelėmis sistemomis vadinamos visos kitos instaliuotos karšto buitinio vandens ruošimo sistemos, kurioms neatitinka mažų sistemų apibrėžimas.

Akumuliaciniai geriamojo vandens šildytuvai, kurių ruošiamo karšto vandens tūris didesnis nei 400 L turi užtikrinti, kad vanduo visoje sistemoje būtų pašildytas homogeniniu būdu. Geriamojo vandens sistemos turi būti suprojektuotos taip, kad kartą per parą visas vandens tūris galėtų būti pašildomas iki 60 °C. Eksploatacijos laikotarpiu turi būti įmanoma išlaikyti 60 °C temperatūrą ties geriamojo vandens šildytuvo, karšto vandens ištekėjimo anga.[12]



2.8. pav. Didelė karšto buitinio vandens ruošimo sistema Vokietijoje

## Cirkuliacinės bei savaiminio reguliavimo lygiagrečios šildymo sistemos

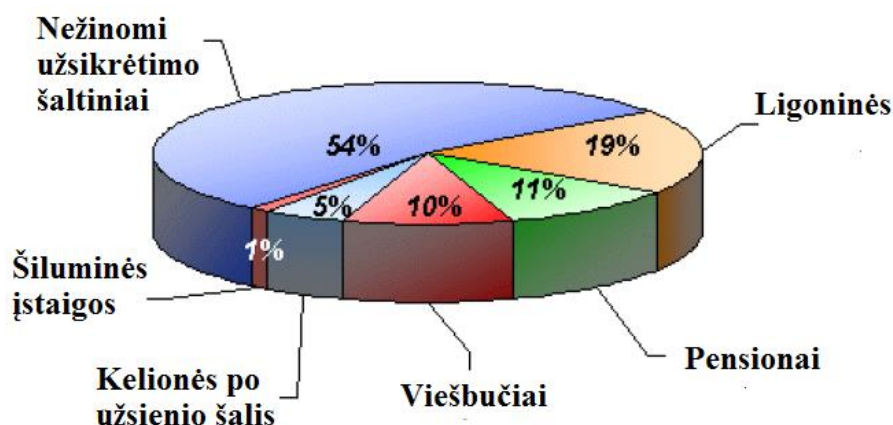
Didelėse sistemose turi būti įdiegtos cirkuliacinės arba lygiagrečios šildymo sistemos. Cirkuliaciniu linijų ir siurblių arba savaiminio reguliavimo lygiagrečios sistemos turi būti apskaičiuotos taip, kad karšto vandens temperatūra, karšto vandens sistemoje nenukristų žemiau 5 K geriamojo vandens šildytuvo ištekėjimo temperatūros. Labai svarbus veiksnys, kad cirkuliacinių siurblių laikmatis turi būti nustatomas taip, kad cirkuliacija nedingtų ilgesniam nei 8 valandų laikotarpiui.[12]

## **Eksploatacija**

Mažoms sistemoms rekomenduojama šildytuvo regulatoriaus temperatūrą nustatyti 60 °C. Dėl mažos Legionella bakterijos atsiradimo rizikos eksploatacijos temperatūra gali būti ir mažesnė nei 60 °C. Didelėms sistemoms 60 °C temperatūra turi būti palaikoma ties geriamojo vandens šildytuvo vandens išėjimu. Prieš vandens vartojimą visas vandens tūris turi būti pašildomas virš 60 °C bent kartą per dieną.[12]

### **2.5.2.2. Legionella bakterijos prevencijos būdai Prancūzijoje**

1999 m. ir 2000 m. Prancūzijoje užfiksuoti atitinkamai 440 ir 582 apsikrėtimų Legionella bakterijomis atvejai. Daugiau nei puse įvykusių užsikrėtimų nėra aiškūs, tačiau didelę jų dalį sudarė: lignoninės, viešbučiai bei stovyklavietės. Tais metais užfiksuoti net 136 mirtimi pasibaigę užsikrėtimo atvejai, tad Prancūzijos vyriausybė ėmėsi kardinalių priemonių Legionella bakterijų užsikrėtimo rizikai mažinti.



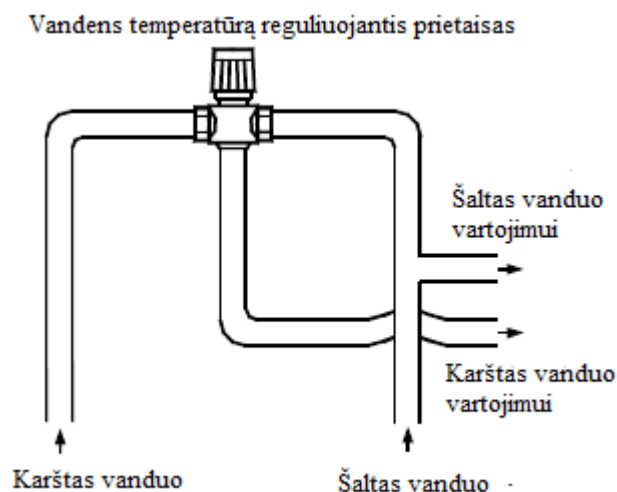
2.9. pav. Pagrindiniai užsikrėtimo Legionella bakterijomis šaltiniai Prancūzijoje

### **Ankstesni karšto buitinio vandens reguliavimo būdai Prancūzijoje**

1. Karšto vandens temperatūra niekada negali viršyti 60 °C čiaupo vietoje (siekiant apsaugoti nuo nudegimų).
2. Kitą vertus, virtuvėse ir viešųjų įstaigų prausyklose vanduo galėtų būti tiekiamas 90 °C temperatūros, jei yra saugų vartojimą užtikrinanti įranga.[12]

## Nauji karšto buitinio vandens reguliavimo būdai Prancūzijoje

1. Kambariuose, kuriuose naudojamas karštas buitinis vanduo temperatūra niekada negali viršyti 50 °C čiaupo vietoje (siekiant apsaugoti nuo nudegimų).
2. Skirstomojo tinklo kolektoriuje temperatūra turi viršyti 50 °C.
3. Jei karštas buitinis vanduo tiekiamas iš vandens rezervuaro, kuriame prastovėjo daugiau nei 24 valandas jis turi būti užkaitinamas iki 60 °C prieš pradėdant jį naudoti. Šis reikalavimas galioja, kai bendras akumuliacinis karšto buitinio vandens tūris sistemoje didesnis nei 400 L arba kai vandens tūris vamzdynuose iki toliausiai nutolusio čiaupo yra didesnis negu 3 litrai.[12]



2.10. pav. Karšto buitinio vandens reguliavimo sistema Prancūzijoje

### 2.5.2.3. KBV reikalavimai Danijoje

Danijos standartais nustatyti reikalavimai karšto vandens sistemoms:

- Higiena – karštas vanduo turi būti tiekiamas be padidėjusios rizikos bakterijų augimui.
- Komfortas – karštas vanduo turi būti pristatytas tinkamu laiku bei pageidaujamos temperatūros, be temperatūros svyravimų.

Kai centralizuotas šildymas yra šilumos šaltinis šilumos punktai taip pat turi atitikti tam tikrus reikalavimus:



- Našumas – centralizuoto šildymo šilumos punktas turi gebėti pašildyti buitinį vandenį iki norimos temperatūros su nustatyta centralizuoto šilumos tiekimo temperatūra, tuo pačiu užtikrinant grįžtamo termofikacinio vandens aušinimą.

Yra iškelta sąlyga, jog buitinio karšto vandens temperatūra iki kiekvieno čiaupo turi siekti 50 °C, tačiau temperatūra gali nukristi iki 45 °C piko metu. Tačiau virtuvėje reikalaujama, jog karšto vandens temperatūra neviršytų 45 °C, tai padaroma karštą vandenį maišant su šaltu.

Pašilimo laikotarpį galima apibrėžti kaip laiko tarpą, kurį vartotojas turi laukti nuo čiaupo atidarymo iki vandens pašilimo. Pašilimo laikotarpį sudaro laikas reikalingas pašildyti buitinį vandenį iki norimos temperatūros ir transportavimo laikas nuo šilumos mazgo iki čiaupo. Galima išskirti buitinio karšto vandens sistemą su priverstine cirkuliacija, kur vandens transportavimo laikas priklauso nuo vamzdinių ilgio bei skersmens.

Trumpiausias laikotarpis patiekti pageidaujamos temperatūros karštą buitinį vandenį, visokio tipo čiaupams yra 10 s, kai tekėjimo greitis 0,2 L/s. Nagrinėjant rankų plovimo atvejį pašilimo laikotarpis skaičiuojamas tuo momentu, kai 30 °C temperatūros vanduo išteka iš čiaupo, nes ši temperatūra yra laikoma pakankama pradėti plauti rankas. Be to reiktų paminėti, jog realus pašilimo laikotarpis yra ilgesnis, nes individualios buitinio karšto vandens tiekimo sistemos srautas yra mažesnis nei 0,2 L/s.

Jei pašilimo laikotarpis ilgesnis kaip 10 s patartina naudoti buitinio vandens sistemą su priverstine cirkuliacija taip padidindamos vartotojų komforto sąlygos ir vanduo nėra švaistomas į kanalizaciją kol pašyla. Tačiau reiktų paminėti, kad karšto vandens cirkuliacijos naudojimas padidina šilumos nuostolius, nes karštas vanduo visad paruoštas vartojimui.[2]

### 3. GALIMYBIŲ MAŽINTI GRĮŽTANČIO TERMOFIKACINIO VANDENS TEMPERATŪRĄ ANALIZĖ

#### 3.1. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimas naudojant ŽCŠT

Kaip jau buvo minėta anksčiau, vienas iš būdų siekiant mažinti grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrą - perėjimas prie žema temperatūrinio centralizuoto šilumos tiekimo. Tokiu būdu šiluma gali būti tiekama energetiškai efektyviems pastatams visus metus bei senesnes statybos pastatams nešildymo sezono laikotarpiu pritaikant šilumos punktus prie žema temperatūrinio grafiko.

Norint tiekti šilumą senesnės statybos pastatams žema temperatūrinio grafiku šildymo sezono laikotarpiu reikėtų didinti šilumnešio masinį debitą, o to pasėkoje reikėtų didesnio diametro vamzdinių su didesniu izoliacijos sluoksniu, kitu atveju smarkiai padidėtų šilumos nuostoliai nuo tinklo. Kadangi, viso centralizuoto šilumos tiekimo tinklo permontavimo darbai kainuotų milžiniškus pinigus, šią alternatyvą atmetame.

##### 3.1.1. Individualūs namai su mažo tūrio buitinio vandens ruošimo sistemomis

Mažoje buitinio karšto vandens ruošimo sistemoje, tokioje kaip individualiuose namuose, siekiant sumažinti Legionella bakterijos riziką galima mažinti bendrą vandens kiekį sistemoje žemiau 3 L. Iš to išplaukia, jog tokioje sistemoje reiktų naudoti maksimaliai 38 m ilgio vamzdinę (su 10 mm vidiniu skersmeniu) arba 15 m ilgio vamzdinę (su 15 mm skersmeniu).



BKV įranga	Nominalus srautas [L/min]	Atstumas iki įrangos [m]	Kiekis vamzdyne [L]	Greitis [m/s]	Transportavimo uždelimas [s]	
					Nominalus srautas	Srautas 0,2 L/s
Dušas	8.4	2.2	0.17	1.8	1.2	0.9
Kriauklė	3.4	4.1	0.32	0.7	5.8	1.6
Virtuvė	6	6.3	0.49	1.3	4.9	2.5

3.1. pav. Bandomasis ŽCŠ pavyzdys Lystrup'o mieste

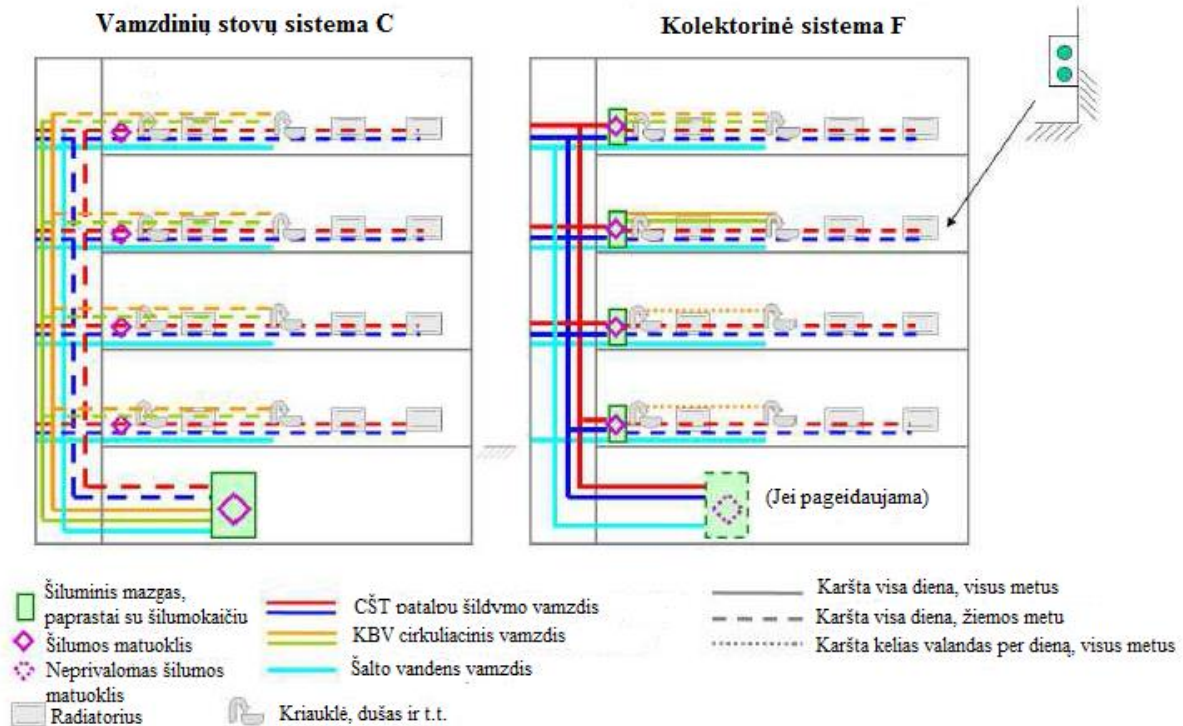
Tokie vamzdynų parametrai yra pakankami individualiuose namuose, jei visi karšto vandens išvadai suprojektuoti netoli vienas nuo kito. Tinkamas karšto vandens išvadų vietos parinkimas nereikalauja priverstinės cirkuliacijos, ko pasėkoje sumažinami energijos nuostoliai. 3.1. pav. pateiktas bandomasis žema temperatūrinio centralizuoto šildymo pavyzdys Lystrup'o mieste (Danija), kur bendras KBV vamzdynų ilgis siekia 12,6 m.

Šio pastato KBV vamzdynų ilgis siekia 12,6 m su 10 mm vidiniu skersmeniu. Kaip galima matyti iš pateiktos lentelės tokioje sistemoje su nominaliu srautu karšto vandens uždelsimas siekia iki 6 s, o jei srautą padidintume iki 12 L/min šis laikotarpis sumažėtų iki 2,5 s. Toks optimalus karšto vandens išvadų išdėstymas laidžia atsisakyti priverstinės cirkuliacijos ir sumažinti energijos nuostolius.[2]

### **3.1.2. Buitinis karštas vanduo daugiaaukščiuose pastatuose**

Daugiaaukščiuose pastatuose karšto buitinio vandens tiekimui taipogi kuriamos naujos technologijos. Vieną iš jų galima pavadinti kolektorine sistema, kur kiekvienas butas turi savo šilumos punktą su KBV ir patalpų šildymo vamzdiniais išdėstytais tik horizontalioje padėtyje. Tokiu būdu kiekvieno buto savininkas gali pilnai kontroliuoti KBV ir patalpų šildymo parametrus ir visa suvartota energija matuojama vienu matuokliu. Kolektorinė sistema pilnai tinka žema temperatūriniam centralizuotam šildymui, nes kiekviename bute tinkamai suprojektuota KBV sistema turės mažesnę nei 3 L vandens tūrį vamzdyne. Be to nesant KBV ir patalpų šildymo stovų tarp butų sumažėja triukšmo sklidimas.

Vis dėlto tradiciškai daugiaaukščiuose pastatuose plėtojama sistema su vertikaliais vamzdžių stovais, nes ji gali dirbti su dideliais vandens kiekiais. Siekiant tiekti pageidaujamos temperatūros KBV per norimą laiką, tokios sistemos reikalauja KBV cirkuliacijos. Pracirkuliuotas KBV grįžta į šilumos šaltinį 50 °C temperatūros. To pasiekti naudojant žema temperatūrinį centralizuotą šildymą tiesiog neįmanoma. Geriausias sprendimas būtų individualių kolektorinių sistemų įrengimas, tačiau tai reikalauja daug investicijų. Todėl, jei šiluma būtų tiekiamą žema temperatūrinis grafiku į tradicines KBV sistemas daugiaaukščiuose pastatuose, reiktų imtis priemonių Legionella bakterijų eliminavimui.



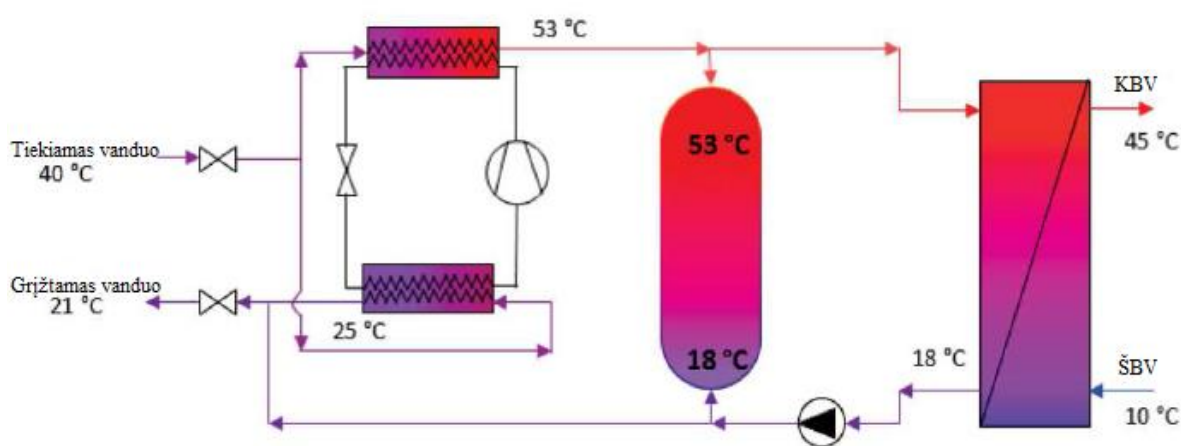
3.2. pav. KBV sistemų palyginimas daugiaaukščiuose pastatuose; kairėje – tradicinė sistema su vertikaliais vamzdžių stovais; dešinėje - kolektorinė sistema

Vienas perspektyviausių sprendimų būtų sukurti naują sistemą Legionella bakterijos eliminavimui iš KBV sistemos su žemesne nei 50 °C temperatūra. Tokia sistema buvo išbandyta 10–imtyje daugiaaukščių namų Švedijoje ir buvo pasiekti geri rezultatai. Sistema dirba išplėstinės oksidacijos technologijos (IOT) principu, kurioje lempos spinduliuoja UV spindulius katalitiniam paviršiui, kad suformuotų laisvuosius radikalus. Tada radikalai skaido teršalus vandenyje. Procesas vyksta tik valytuvo viduje ir nepalieka kenksmingų liekanų vandenyje. Viena UV lempa montuojama šalto vandens tiekimo linijoje prieš šilumokaitį, o kita KBV cirkuliacijos linijoje iškart po šilumokaičio. Tokios sistemos trūkumai – didelės investicijos ir eksploatacinės išlaidos, nes lempas reikia keisti kartą per metus. Per visą gyvavimo laikotarpį, kurį sudaro 20 metų, tai kainuotų 510 EUR per metus. Tokia sistema galėtų veikti KBV tiekimo sistemoje tuose butuose, kuriuose gyvena keli nuomininkai ir daliniasi komunalines išlaidas, tačiau šiuo metu, tai per brangi alternatyva individualiems namams ar butams. Be to atlikto tyrimo metu buvo pastebėta, jog bakterijų teršalų buvo randama beveik visuose sistemos vamzdžiuose, tad žiūrint realistiškai tokia sistema tik sumažina bakterijų skaičių, bet ne visiškai jas eliminuoja.[2]

### 3.1.3. Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos punktas su integruotu šilumos siurbliu

Kaip jau buvo minėta anksčiau 50 °C yra minimali temperatūra reikalinga paruošti KBV iki 45 °C temperatūros nenaudojant papildomų energijos šaltinių. Tačiau, jei mes gilinamės į CŠT plėtrą, kuriai būdinga mažinti šilumos nuostolius iš tinklo ir skatinti AEI naudojimą centralizuoto šilumos tiekimo temperatūra gali būti sumažinta dar labiau, jei kiekviename šilumos punkte yra pagalbinis energijos šaltinis.

Naudojant pagalbinis energijos šaltinius žema temperatūrinio centralizuoto šildymo tiekimo temperatūrą galima sumažinti iki 35–40 °C, tačiau kiekviename šilumos punkte turi būti įrengtas nors ir mažo galingumo šilumos siurblys, kad pakelti KBV temperatūrą iki pageidaujamo 45 °C. Šilumos siurbliui tiekiamas vanduo iš CŠT sistemos, o tai reiškia, kad temperatūra pakyla nežymiai, todėl gauname aukštą šilumos transformavimo koeficientą (COP). Šilumos siurblys pakelia tik KBV temperatūrą, nes esant 40 °C tiekimo temperatūrai tikimasi, jog jos pakaks energetiškai efektyvių pastatų patalpų šildymui su suprojektuotu grindiniu šildymu ar žema temperatūriniais radiatoriais. Dviejuose identiškos CŠT sistemose suprojektuotose iš tokio pat diametro vamzdžių bei sumažinus tiekiamo termofikato temperatūrą nuo 80 °C iki 40 °C gauname 35 % sumažėjusius šilumos nuostolius.



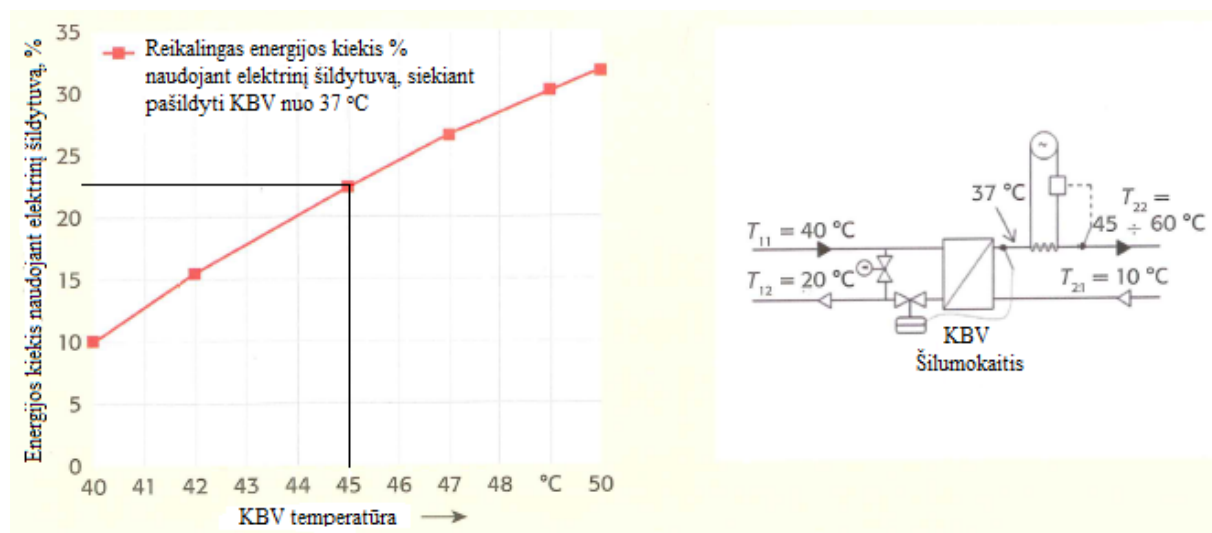
3.3. pav. ŽCŠT sistema su kombinuotu šilumos siurbliu karštam vandeniui ruošti

Kuriant tokią sistemą buvo analizuojami keli variantai. Variantuose skyrėsi KBV rezervuaro vieta (pirminė/antrinė pusė) bei dydis, šilumos siurblio garintuvo bei kondensatoriaus vieta ir nagrinėjama galimybė panaudoti grįžtamą karštą vandenį iš patalpų

šildymo sistemos. Variantai buvo vertinami atsižvelgiant į šilumos siurblio COP, eksergiją, maksimalų srautą bei CŠT vandens aušinimą. Kad gauti kuo aukštesnį šilumos siurblio COP, KBV temperatūra turi būti palaikoma kiek įmanoma žemesnė, taigi taikant tokia pat filosofiją kaip ir ŽCŠ, KBV turi būti ruošiamas 45 °C, o tai reiškia, kad KBV sistemoje turi būti žemesnis nei 3 L vandens tūris. Optimalus variantas su garintuvu ir kondensatoriumi pirminėje pusėje, pakeliant centralizuotai tiekiamo termofikato temperatūrą iki 53 °C ir saugant jį buferiniame rezervuare kaip centralizuotai tiekiamą vandenį. Tada KBV pašildomas mikro plokšteliame šilumokaityje, remiantis momentiniu principu. Tokios schemas prototipas buvo sumontuotas ir išbandytas laboratorijoje, vidutinis pasiektas šilumos transformavimo koeficientas siekė 5,3. Pilni šios sistemos testavimai atliekami šiuo metu Birkerød mieste (Danija). Tikimasi, jog ši sistema bus naudinga priemiesčiuose kur iškyla problemų dėl centralizuotai tiekiamos šilumos temperatūros kritimo.[2]

### 3.1.4. Žema temperatūrinis centralizuotas šilumos punktas su integruotu elektriniu KBV pašildytuvu

Kaip ir integruoto šilumos siurblio atveju žema temperatūrinio centralizuoto šildymo tiekimo temperatūrą galima sumažinti iki 40 °C, tačiau kiekviename šilumos punkte turi būti įrengtas elektrinis šildytuvai, kad pakelti KBV temperatūrą iki pageidaujamo 45 °C. Taip pat 40 °C tiekama temperatūra yra minimali reikšmė ties kuria galima užtikrinti energetiškai efektyvaus pastato šilumos poreikius, grindiniu šildymu, visus metus.



3.4. pav. Teorinis reikalingas energijos kiekis % pašildyti KBV nuo 37 °C iki pasirinktos temperatūros (kairėje) ir elektrinio šildytuvo schema (dešinėje)

Naudojant aukšto efektyvumo šilumokaitį ir 40 °C tiekiamą šilumnešį karštas buitinis vanduo pašildomas nuo 10 °C iki 37 °C, laikant grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą žemiau 20 °C. Vis dėlto 37 °C nėra pakankama temperatūra karštam buitiniam vandeniui, todėl like 8 °C turi būti pašildomi naudojant kitą šilumos šaltinį, šiuo atveju, tai elektrinis šildytuvas 3.4. pav.

Siekiant paruošti 45 °C karštą buitinį vandenį 23 % energijos sunaudosime naudodami elektrinį šildytuvą, o likusius 77 % naudojant aukšto efektyvumo šilumokaitį. Siekiant paruošti aukštesnės temperatūros KBV energijos kiekis naudojant elektrinį šildytuvą būtų didesnis beveik tiesine priklausomybe, taip kaip parodyta 3.4. pav. kairėje pusėje.

Elektrinis šildytuvas buvo montuojamas KBV kontūro pusėje dėl mažesnių elektros energijos sąnaudų bei taip gaunama mažesnė grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra.[13]

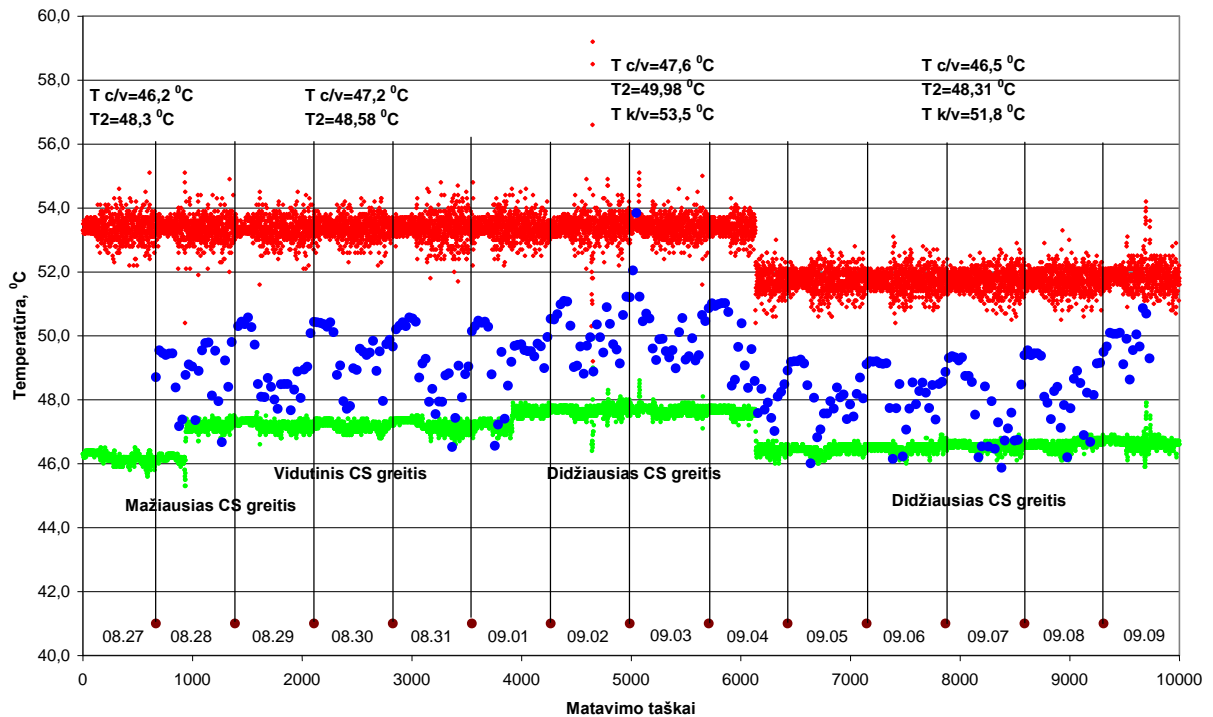
## **3.2. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimas senesnės statybos pastatuose**

### **3.2.1. Lietuvoje esančio DGN šilumos punkto darbo analizė**

Siekiant išsiaiškinti KBV ruošimo temperatūros bei cirkuliacinio siurblio greičio priklausomybę grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrai viename DGN šilumos punkte buvo atliekami tokie matavimai:

- paduodamo termofikacinio vandens temperatūra  $T_1$ ;
- grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra  $T_2$ ;
- karšto buitinio vandens temperatūra  $T_{k/v}$ ;
- cirkuliacinio karšto buitinio vandens temperatūra  $T_{c/v}$

Matavimų rezultatai pateikti 3.5. pav.



3.5. pav. Matavimų, atliktų DGN šiluminiame punkte, rezultatai

Stebėjimų metu tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra buvo  $T_1 \approx 65$  °C. Raudona spalva pažymėtos karšto vandens, žalia spalva – cirkuliacinio vandens, mėlyna spalva – grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrų reikšmės.

Matavimai buvo atliekami nuo 2014.08.27 iki 2014.09.09 dienos imtinai. Matavimų rezultatai buvo fiksuojami kas 5 min, grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra buvo fiksuota kas 1 valandą.

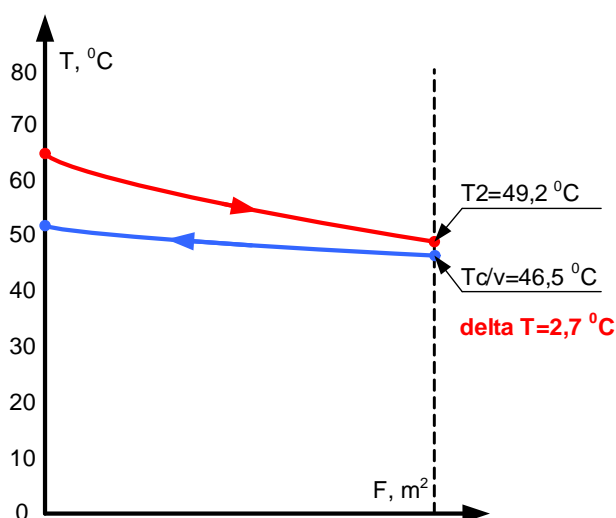
Matavimų metu buvo keičiamas cirkuliacinio siurblio išvystomas srautas, keičiant siurblio apsisukimų skaičių nuo mažiausio iki didžiausio.

Taip pat 2014.09.04 dieną buvo pakeista ruošiamo karšto vandens temperatūra – jeigu visą laiką buvo palaikoma apie 53,5 °C karšto vandens temperatūra, tai po pakeitimo karšto vandens temperatūra buvo pamažinta iki 51,5 °C. Tai lėmė tiek cirkuliacinio vandens, tiek grįžtančio termofikacinio vandens sumažėjimą. Cirkuliacinio siurblio greitis buvo paliktas pats didžiausias.[7]



### 3.2.2. Atliktų stebėjimų rezultatai

Nors karšto vandens tiekimo taisyklės nurodo, kad tiekiamo karšto buitinio vandens temperatūra turi būti nuo 50 iki 60 °C, apžiūrėtame šilumos punkte ruošiamo karšto buitinio vandens temperatūra buvo nustatyta 53–54 °C. Taipogi, stebėtame šilumos punkte cirkuliacinio siurblio „greitis“ buvo nustatytas pats didžiausias, tokiu būdu užtikrinant maksimalų cirkuliacinio vandens debitą bei maksimalią į šilumokaitį gražinamo cirkuliacinio vandens temperatūrą.



3.6. pav. Termofikacinio vandens ir karšto vandens temperatūros šilumokaityje nakties metu (pateikti matuotų temperatūrų vidurkiai)

Matavimų metu gauti rezultatai rodo, jog didžiausia grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra būna nakties metu, kai nėra karšto vandens vartojimo (žr. 3.5 pav.). Tuomet praktiškai visą nakties laikotarpį nuo 24 val. iki ryto 6 val. grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra stebėtame punkte buvo 49,5–51 °C, priklausomai nuo cirkuliacinio siurblio greičio bei nuo nustatytos karšto buitinio vandens temperatūros. Kitu paros metu grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra  $T_2$  mažesnė, nes jį atvėsina šaltas geriamas vandentiekio vanduo, tiekiamas į šilumokaitį karšto vandens ruošimui.

Akivaizdu, jog stebėtu atveju pagrindinė aukštos grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros priežastis – nakties metu, nenaudojant karšto vandens, termofikacinį vandenį šilumokaityje vėsina tik cirkuliacinis karštas vanduo. Kadangi jo temperatūra pakankamai aukšta (46–48 °C), tai grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra nakties metu gali būti tik aukštesnė, nei cirkuliacinio vandens temperatūra.[7]

### 3.2.3. Pasiūlymai ir rekomendacijos

Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą galima mažinti keliais būdais:

- Pirmą priemonę, kurią reikėtų atlikti šilumos punktuose – nustatyti cirkuliacinius karšto vandens siurblius darbui mažiausiu greičiu. Atsiradus gyventojų nusiskundimams dėl blogai šylančių gyvatukų, reikėtų rasti tokio sutrikimo priežastis (neišbalansuota karšto vandens tiekimo sistema, arba gyvatukai ir vamzdynai užkalkėję ir juos būtina valyti arba keisti). Vien tik nustačius cirkuliacinių siurbių darbą mažiausiu greičiu, grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra sumažėtų apie 1,5–2 °C. Tai būtų investicijų nereikalaujanti priemonė, kurią galima greitai įgyvendinti.
- Kita priemonė, taip pat nereikalaujanti investicijų – nustatyti, kad karštas buitinis vanduo būtų ruošiamas 50 °C. Karšto vandens taisyklės numato, jog karštas buitinis vanduo gali būti tiekiamas nuo 50 °C iki 60 °C. Taigi, nenusižengiant taisyklėms, grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrą būtų galima dar sumažinti 2–3 °C.[7]
- Pertvarkius Lietuvos teisinę bazę būtų galima KBV ruošimo sistemas suskirstyti į dideles ir mažas.

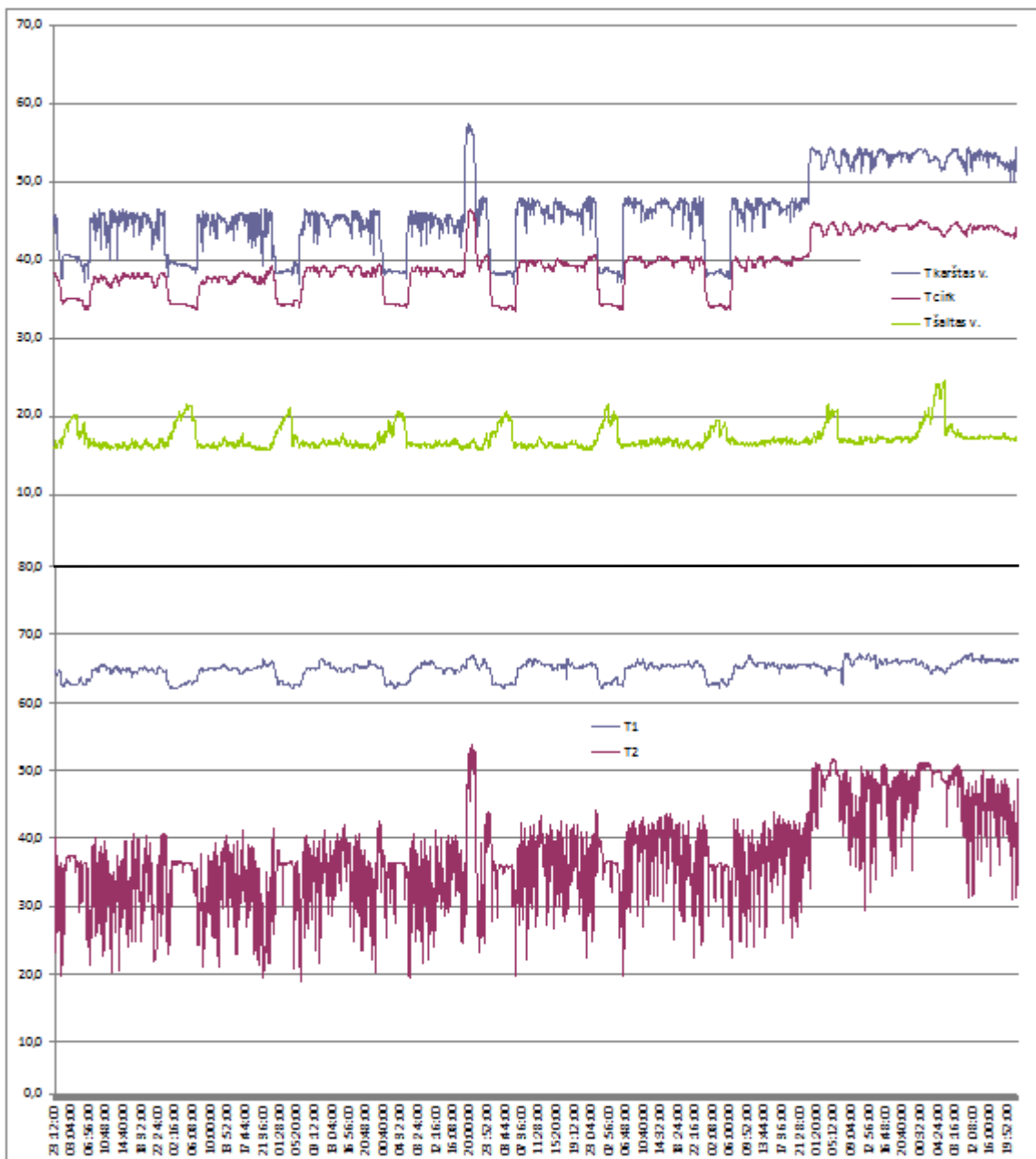
3.1. Lentelė. Preliminarūs kai kurių Lietuvos DGN KBV sistemų tūriai [7]

Aukštų skaičius	Butų skaičius	Sistemų tūriai, litrai	
		Šild.	K/V
13	60	5,500	472
12	95	7,700	692
	60	5,100	438
	50	4,800	375
9	145	11,500	971
	110	6,700	752
	80	6,300	564
	75	5,700	532
	55	4,400	407
	40	3,400	312
5	125	6,600	846
	100	5,200	689
	90	4,600	626
	75	3,600	532
	60	3,400	438
	45	3,000	344
	30	2,000	250

Jeigu karšto vandens tūris karšto vandens ruošimo sistemoje yra mažesnis nei 400 litrų, ir vamzdyne, jungiančiame šildytuvą ir toliausiai nutolusį čiaupą, vandens tūris neviršija 3 litrų, tokia sistema vertinama kaip potencialiai nepavojinga Legionella

bakterijų atsiradimui užsienyje, kur didžiaja dalimi KBV ruošimui naudojamos akumuliacinės talpos. Preliminariais duomenimis (3.1. lentelė) Lietuvos DGN, kuriuose yra iki 50 butų KBV ruošimo sistemos tūris neviršija 400 litrų. Taigi tokio tipo pastatus galime atskirti kaip potencialiai nepavojingus Legionella bakterijų atsiradimui.

- Galima mažinti KBV ruošimo temperatūrą iki 45 °C nakties metu. Kaip matyti iš 2.2. lentelės karšto vandens temperatūrai esant 25–45 °C iki dviejų dienų, rizikos laipsnis dėl Legionellos bakterijų dauginimosi prilygintas nuliui



3.7. pav. Tiekiamo ir grįžtamo termofikacinio vandens bei karšto, cirkuliacinio ir šalto geriamo vandens temperatūros šilumos punkte stebėjimo metu

Taigi, nakties metu 6–ioms valandos sumažinus karšto buitinio vandens temperatūrą iki 40 °C, ir cirkuliacinio vandens temperatūrai nukritus iki 30–35 °C, jokio rizikos laipsnio nėra. Juolab, kad kitaip nei užsienyje, Lietuvoje KBV ruošiamas momentiniais šilumokaičiais, tad vanduo sistemoje neužsistovi ir per likusią paros dalį karšto vandens tūris sistemoje pasikeičia 6–8 kartus dėl karšto vandens vartojimo.

Siekiant pagrįsti rekomendacijų tikslumą, tiekiamo ir grįžtamo termofikacinio vandens bei karšto, cirkuliacinio ir šalto geriamo vandens temperatūros matavimai buvo atlikti viename Kauno miesto 12 aukštų 60 butų gyvenamajame name. Matavimo rezultatai pateikti 3.7. pav.

Matome, kad grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra, ne aukštesnė kaip 40 °C, buvo palaikoma dėl to, kad ruošiamo karšto buitinio vandens temperatūra dienos metu buvo palaikoma apie 48 °C, nakties metu ši temperatūra buvo sumažinta iki 40 °C. Cirkuliacinio siurblio greičio įtaką taip pat galima įžvelgti – kuo didesnis greitis, tuo aukštesnė cirkuliacinio vandens temperatūra, ir tuo aukštesnė grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra.

Nustačius karšto buitinio vandens temperatūrą 53 °C grįžtama termofikacinio vandens temperatūra  $T_2$  siekė 50 °C.

Taigi atlikti matavimai akivaizdžiai parodo, jog nakties metu mažinti grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrą galima tik mažinant cirkuliacinio vandens temperatūrą.[7]

- Taip pat nakties metu, kai nėra pikinių apkrovimų galima atisakyti priverstinės cirkuliacijos kaip tai yra daroma Vokietijoje, tik reikia siurblio valdiklį nustatyti taip, kad cirkuliacija nedingtų ilgesniam nei 8 valandų laikotarpiui.

Įgyvendinus pateiktus pasiūlymus karšto buitinio vandens temperatūrą būtų galima sumažinti iki 33-36 °C. Tačiau visuose pastatuose įstatymiškai nustatytu laikotarpiu turėtų būti vykdoma terminė dezinfekcija.

## 4. EKONOMINĖ DALIS

Pastarąjį dešimtmetį beveik visas Lietuvos šilumos ūkis pradeda naudoti atsinaujinančius energijos šaltinius. Didžiąja dalimi naudojamas biokuras. Statomi nauji biokuro katilai, pakuros, kondensaciniai ekonomizaizeriai bei likusi moderni įranga kokybiškam bei efektyviam katilinės darbui.

Vienas pagrindinių įrenginių – kondensacinis ekonomizaizeris, kurio pagalba galima papildomai pagaminti šilumos nenaudojant biokuro. Kaip žinia, KE efektyvumas didžiąja dalimi priklauso nuo grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros, tad šiame skyrelyje panagrinėsime KE efektyvumą įdiegus siūlomas rekomendacijas trijuose Lietuvos miestuose: Utenoje, Radviliškyje ir Mažeikiuose priimant, kad šie trys miestai patenkina vartotojų poreikius naudodami vien biokurą ištisus metus. Priimame, kad biokuro drėgnumas 50 %.

### 4.1. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimo ekonominis pagrindimas, naudojant ŽCŠT

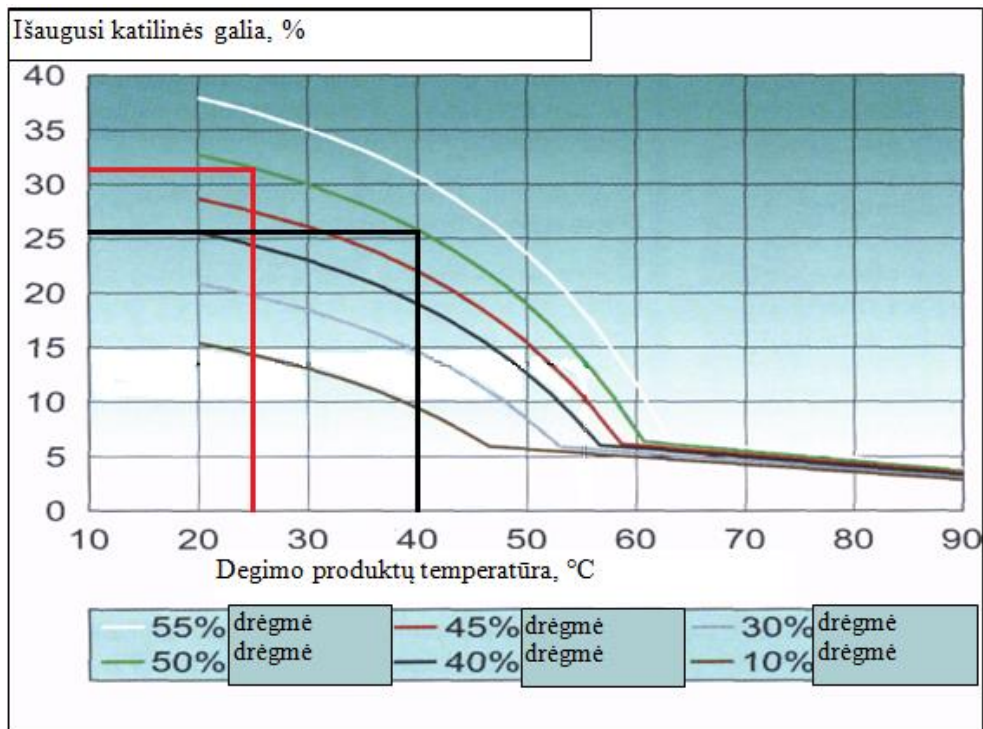
Remiantis [14] 2 lentelės duomenimis pateiktas šilumos kiekis į tinklus 2014 m. Utenoje buvo 147,7 tūkst. MWh, Radviliškyje – 58 tūkst. MWh, o Mažeikiuose 149,5 tūkst. MWh. Iš šių energijos kiekių KE pagalba buvo pagaminta atitinkamai 21,7 tūkst. MWh Utenoje, 7 tūkst. MWh Radviliškyje bei 21,8 tūkst. MWh Mažeikiuose.

Kaip jau buvo minėta anksčiau grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros atskiruose Lietuvos miestuose yra skirtingos, tad priimame, kad grįžtamos temperatūros Utenoje, Radviliškyje ir Mažeikiuose yra atitinkamai 40, 45 ir 50 °C, o naudojant žema temperatūrinį centralizuotą šilumos tiekimą visuose miestuose grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra būtų 25 °C. KE efektyvumo padidėjimas atskiruose Lietuvos miestuose naudojant ŽCŠT atvaizduotas žemiau pateiktuose grafikuose.

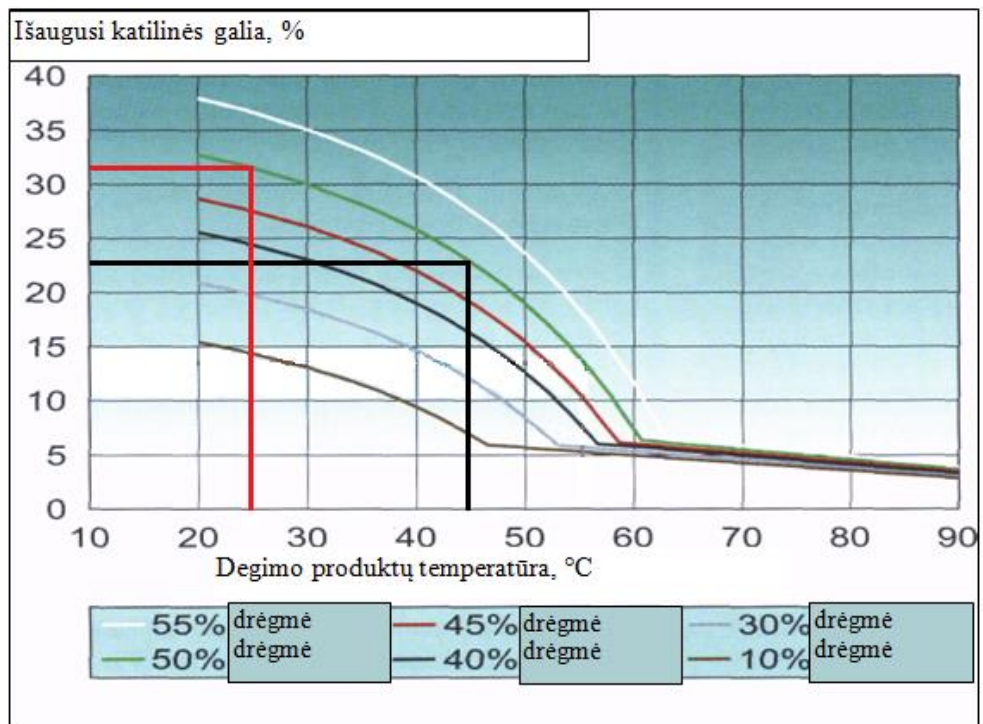
Kaip galima matyti iš 4.1. pav. perėjus prie ŽCŠT kondensacinių ekonomizaizerių efektyvumas Utenoje padidėtų nuo 25,5 % iki 32 %. To pasėkoje KE pagalba papildomai pavyktų pagaminti 27,2 tūkst. MWh lyginant su buvusiomis 21,7 tūkst. MWh. Taigi sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 25 °C „UAB Utenos šilumos tinklai“ kasmet papildomai galėtų pagaminti 5,5 tūkst. MWh visiškai nenaudodami biokuro.

Remiantis [15] literatūros šaltiniu vienanarė šilumos kaina Utenoje 4,67 EUR cent./kWh, tai 1 MWh kaina 46,7 EUR. Taigi perėjus prie ŽCŠT „UAB Utenos šilumos

tinklai“ kasmet sutaupytų 256850 EUR vien dėl sumažėjusios termofikacinio vandens temperatūros.



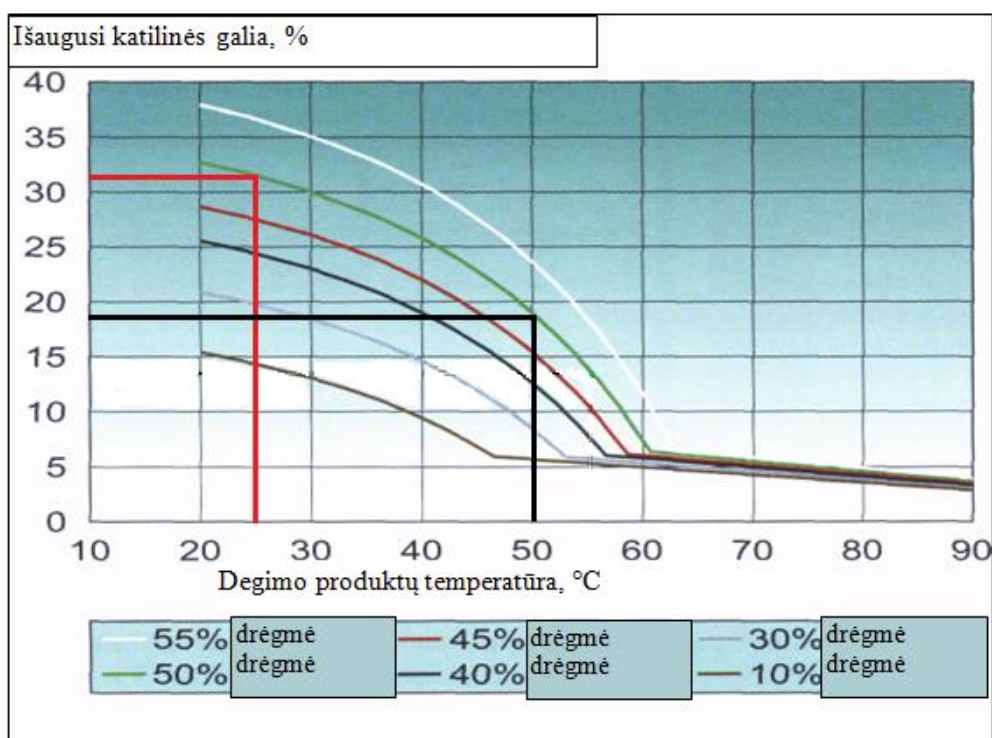
4.1. pav. KE darbo efektyvumas Utenoje naudojant ŽCŠT



4.2. pav. KE darbo efektyvumas Radviliškyje naudojant ŽCŠT

Kaip galima matyti iš 4.2. pav. perėjus prie ŽCŠT kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumas Radviliškyje padidėtų nuo 23 % iki 32 %. To pasėkoje KE pagalba papildomai pavyktų pagaminti 9,7 tūkst. MWh lyginant su buvusiomis 7 tūkst. MWh. Taigi sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 25 °C „UAB Radviliškio šiluma“ kasmet papildomai galėtų pagaminti 2,7 tūkst. MWh visiškai nenaudodami biokuro.

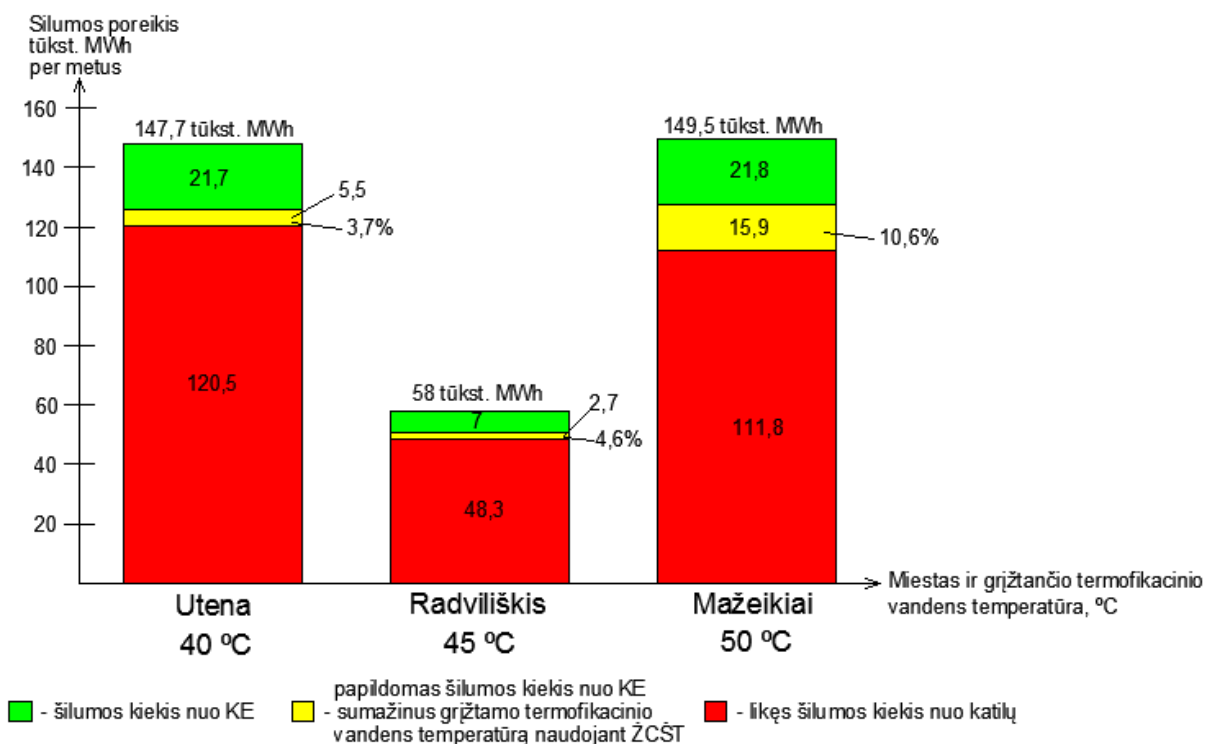
Remiantis [15] literatūros šaltiniu vienanarė šilumos kaina Radviliškyje 5,65 EUR cent./kWh, tai 1 MWh kaina 56,5 EUR. Taigi perėjus prie ŽCŠT „UAB Radviliškio šiluma“ kasmet sutaupytų 152550 EUR vien dėl sumažėjusios termofikacinio vandens temperatūros.



4.3. pav. KE darbo efektyvumas Mažeikiuose naudojant ŽCŠT

Kaip galima matyti iš 4.3. pav. perėjus prie ŽCŠT kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumas Mažeikiuose padidėtų nuo 18,5 % iki 32 %. To pasėkoje KE pagalba papildomai pavyktų pagaminti 37,7 tūkst. MWh lyginant su buvusiomis 21,8 tūkst. MWh. Taigi sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 25 °C „UAB Mažeikių šilumos tinklai“ kasmet papildomai galėtų pagaminti 15,9 tūkst. MWh visiškai nenaudodami biokuro.

Remiantis [15] literatūros šaltiniu vienanarė šilumos kaina Mažeikiuose 4,91 EUR cent./kWh, tai 1 MWh kaina 49,1 EUR. Taigi perėjus prie ŽCŠT „UAB Mažeikių šilumos tinklai“ kasmet sutaupytų 780690 EUR vien dėl sumažėjusios termofikacinio vandens temperatūros.



4.4. pav. Šilumos poreikių grafikas trijuose Lietuvos miestuose 2014 m. išskiriant energijos kiekį pagamintą naudojant KE su ŽCŠT

Kaip matyti iš 4.4. pav. naudojant ŽCŠT ir sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 25 °C papildomai gaunamas šilumos kiekis Utenoje padengia 3,7 %, Radviliškyje – 4,6 %, o Mažeikiuose net 10,6 % viso metinio šilumos poreikio. Didžiausias efektas jaučiamas tuose miestuose, kuriuose grįžtamo termofikacinio vandens  $\Delta T$  didžiausias.

#### 4.2. Grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros mažinimo ekonominis pagrindimas, keičiant ruošiamo karšto buitinio vandens parametrus

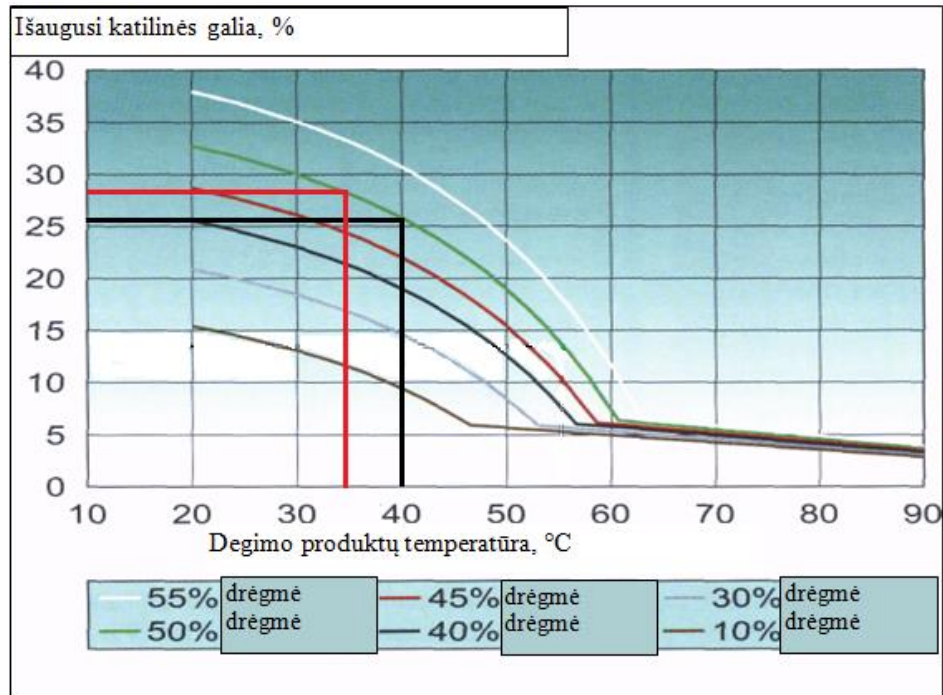
Pasekant užsienio šalių KBV ruošimo pavyzdžiu ir šiek tiek pakoregavus Lietuvos karšto buitinio vandens ruošimo norminius aktus pakeitus ruošiamo karšto buitinio vandens parametrus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą būtų galima sumažinti iki 33-36 °C. Įgyvendinus šiuos pasiūlymus KE efektyvumo padidėjimą atskiruose Lietuvos miestuose galima matyti iš žemiau pateiktų grafikų.

Kaip galima matyti iš 4.5. pav. pakeitus ruošiamo karšto buitinio vandens parametrus kondensacinių ekonomizerių darbo efektyvumas Utenoje padidėtų nuo 25,5 % iki 28 %. To pasekoje KE pagalba papildomai pavyktų pagaminti 23,8 tūkst. MWh lyginant su buvusiomis 21,7 tūkst. MWh. Taigi sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 35 °C

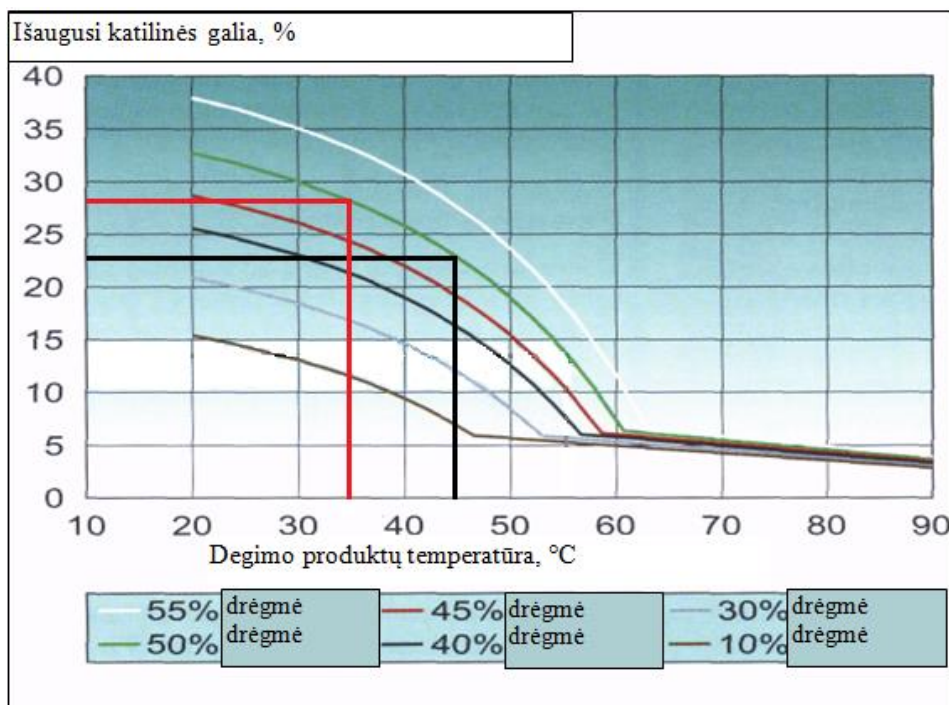


„UAB Utenos šilumos tinklai“ kasmet papildomai galėtų pagaminti 2,1 tūkst. MWh visiškai nenaudodami biokuro.

Remiantis aukščiau pateiktomis vienanarėmis šilumos kainomis „UAB Utenos šilumos tinklai“ kasmet sutaupytų 98070 EUR vien dėl sumažėjusios termofikacinio vandens temperatūros.



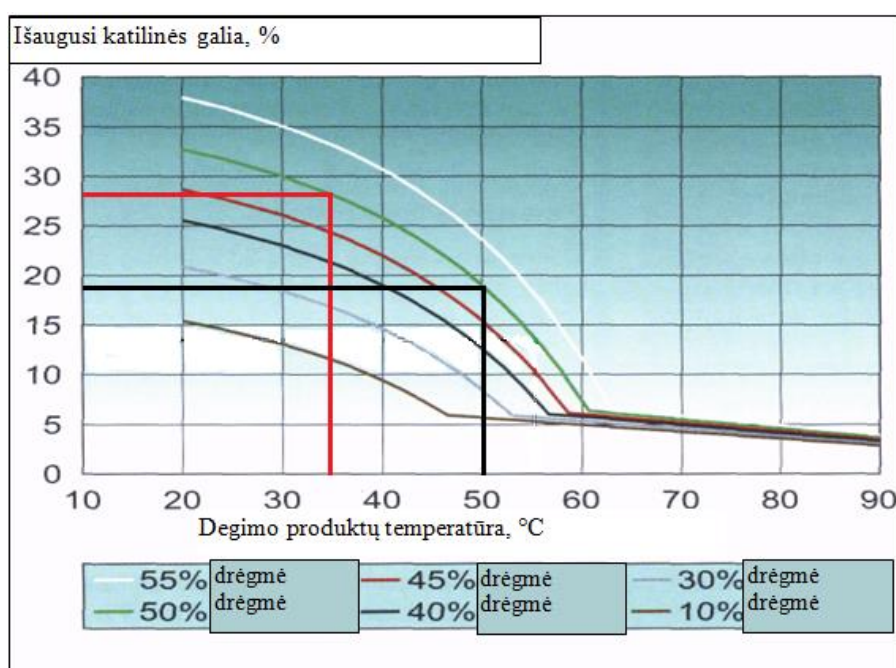
4.5. pav. KE darbo efektyvumas Utenoje pakeitus ruošiamo KBV parametrus



4.6. pav. KE darbo efektyvumas Radviliškyje pakeitus ruošiamo KBV parametrus

Kaip galima matyti iš 4.6. pav., keičiant karšto buitinio vandens parametrus, kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumas Radviliškyje padidėtų nuo 23 % iki 28 %. To pasėkoje KE pagalba papildomai pavyktų pagaminti 8,5 tūkst. MWh lyginant su buvusiomis 7 tūkst. MWh. Taigi sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 35 °C „UAB Radviliškio šiluma“ kasmet papildomai galėtų pagaminti 1,5 tūkst. MWh visiškai nenaudodami biokuro.

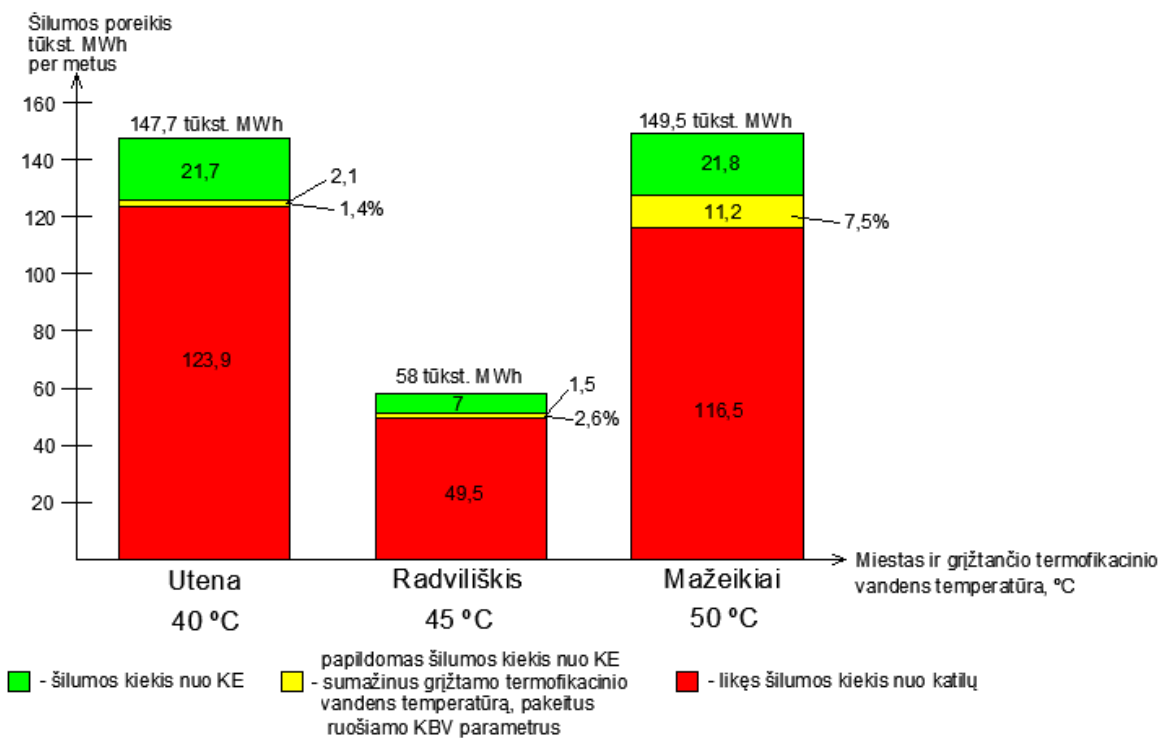
Remiantis aukščiau pateiktomis vienanarėmis šilumos kainomis „UAB Radviliškio šiluma“ kasmet sutaupytų 84750 EUR vien dėl sumažėjusios termofikacinio vandens temperatūros.



4.7. pav. KE darbo efektyvumas Mažeikiuose pakeitus ruošiamo KBV parametrus

Kaip galima matyti iš 4.7. pav. keičiant karšto buitinio vandens parametrus kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumas Mažeikiuose padidėtų nuo 18,5 % iki 28 %. To pasėkoje KE pagalba papildomai pavyktų pagaminti 33 tūkst. MWh lyginant su buvusiomis 21,8 tūkst. MWh. Taigi sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 35 °C „UAB Mažeikių šilumos tinklai“ kasmet papildomai galėtų pagaminti 11,2 tūkst. MWh visiškai nenaudodami biokuro.

Remiantis aukščiau pateiktomis vienanarėmis šilumos kainomis „UAB Mažeikių šilumos tinklai“ kasmet sutaupytų 549920 EUR vien dėl sumažėjusios termofikacinio vandens temperatūros.



4.8. pav. Šilumos poreikių grafikas trijuose Lietuvos miestuose 2014 m. išskiriant energijos kiekį pagamintą naudojant KE

Kaip matyti iš 4.8. pav. pasinaudojus siūlomomis KBV ruošimo rekomendacijomis ir sumažinus grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą iki 35 °C papildomai KE pagalba gaunamas šilumos kiekis Utenoje padengia 1,4 %, Radviliškyje – 2,6 %, o Mažeikiuose net 7,5 % viso metinio šilumos poreikio. Sutaupytos energijos ir lėšų suvestinė, įdiegus siūlomas rekomendacijas, pateikta 4.1. lentelėje.

4.1. Lentelė. Visų trijų miestų sutaupytos energijos bei lėšų suvestinė

Grįžtamo termofikacinio vandens mažinimo būdas	ŽCŠT	Atreguliuojant ŠP valdiklius
<b>„Utenos šilumos tinklai“</b>		
Papildomas šilumos kiekis nuo KE, GWh	5,5	2,1
Sutaupytos lėšos dėl sumažėjusios grįžtamo vandens temperatūros, EUR	256850	98070
<b>„UAB Radviliškio šiluma“</b>		
Papildomas šilumos kiekis nuo KE, GWh	2,7	1,5
Sutaupytos lėšos dėl sumažėjusios grįžtamo vandens temperatūros, EUR	152550	84750
<b>„Mažeikių šilumos tinklai“</b>		
Papildomas šilumos kiekis nuo KE, GWh	15,9	11,2
Sutaupytos lėšos dėl sumažėjusios grįžtamo vandens temperatūros, EUR	780690	549920
<b>Iš viso, GWh:</b>	<b>24,1</b>	<b>14,8</b>
<b>Iš viso, EUR:</b>	<b>1190090</b>	<b>732740</b>

## DARBO IŠVADOS

Atlikus literatūros šaltinių darbo tematika analizę bei atlikus esamų vartotojų CŠT sistemų darbo analizę, galima daryti išvadą, jog tinkamai įvertinus karšto buitinio vandens tiekimo sistemų darbo riziką prie žemų ruošiamo karšto vandens temperatūrų, atsirastų pakankamai didelis potencialas šilumos energijos taupymui CŠT sistemose, ir ypač tose, kurių katilinėse instaliuoti kondensaciniai ekonomaizeriai.

Darbo autorius pateikia tokias išvadas:

- Analizuojant šalies šilumos tiekimo sistemų darbą, pastebima, kad grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra atskiruose miestuose smarkiai skiriasi – kai kuriuose miestuose ši temperatūra yra 36 °C, kituose – 50 °C. O tai, kaip žinia, tiesiogiai įtakoja šilumos nuostolius grįžtamo termofikacinio vandens vamzdyne bei kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumą.
- Nešildymo sezono metu pagrindinis faktorius, įtakojantis grįžtančio termofikacinio vandens temperatūrą, yra ruošiamo karšto buitinio vandens parametrai – tiekiamo karšto buitinio vandens temperatūra, cirkuliacinio karšto buitinio vandens temperatūra ir t.t. Kuo mažesnė ruošiamo karšto buitinio temperatūra, tuo žemesnė grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra.
- Vakarų šalyse karšto buitinio vandens tiekimo sistemos skirstomos į potencialiai pavojingas ir nepavojingas sistemas. Jeigu pastato karšto buitinio vandens tiekimo sistemose vandens tūris viršija 400 litrų, tokia sistema laikoma potencialiai pavojinga (Legionelos bakterijų atsiradimo atžvilgiu), ir tokioms sistemoms keliami specifiniai reikalavimai, siekiant sumažinti susirgimų riziką. Jeigu pastato karšto buitinio vandens tiekimo sistemose vandens tūris neviršija 400 litrų, tokia sistema nelaikoma potencialiai pavojinga, ir daugelis parametrų (temperatūra, karšto vandens užsistovėjimo laikas ir pan.) nereglamentuojama.
- Kaip rodo esamų mūsų šalies daugiabučių namų karšto buitinio vandens sistemų darbo analizė, praktiškai visus šiuos pastatus galima laikyti potencialiai nepavojingus. Laikantis vakarų šalių nuostatų, mūsų daugiabučių gyvenamųjų namų karšto vandens ruošimo sistemose būtų galima nesilaikyti esamų griežtų reikalavimų ir gyventojų pasirinkimu galima būtų pasirinkti tiek karšto buitinio vandens temperatūrą, tiek cirkuliacijos kartotinumą.
- Galima daryti išvadą, jog tiek energetiškai efektyvius tiek senesnės statybos pastatus, nešildymo sezono laikotarpiu, galima aprūpinti 45 °C karštu vandeniu naudojant žema

temperatūrinį centralizuotą šilumos tiekimą su 50 °C tiekiamo šilumnešio temperatūra. Tokiu atveju grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra būtų ypatingai žema, ko pasekoje ženkliai išaugtų kondensacinių ekonomaizerių darbo efektyvumas.

- Kadangi nešildymo sezono laikotarpiu grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra priklauso tik nuo karšto buitinio vandens ruošimo, reikėtų nakties metu tiekiamo karšto vandens temperatūrą mažinti iki 40-45 °C. Nakties metu 6–ioms valandoms sumažinus temperatūrą iki 40 °C, ir cirkuliacinio vandens temperatūrai nukritus iki 30–35 °C, jokio rizikos laipsnio nėra – taip teigiama [8].
- Kaip rodo preliminarus vertinimas, karštas buitinis vanduo pastatų sistemose neužsistovi ir per parą karšto vandens tūris sistemoje pasikeičia 6–8 kartus dėl karšto vandens vartojimo. Taigi rizikos laipsnis dėl Legionellos bakterijų dauginimosi prilygsta nuliui.
- Pastaruoju metu vis populiarėja mintis naudoti žema temperatūrinį CŠT pastatams. Šiuo atveju karšto vandens ruošimo sistemoje taip pat atsirastų nesuderinamumas su galiojančiais teisės aktais, nes taip tiekiant šilumą pastatams, nebūtų galima pasiekti karšto vandens temperatūrą, viršijančią 50 °C. Todėl reikėtų taikytis su žemesnės temperatūros karšto vandens rengimu, o taip pat, reikalui esant, taikyti įvairias prevencijos priemones. Optimaliausia prevencija nuo Legionella bakterijų karšto buitinio vandens sistemoje yra terminė dezinfekcija, kai sistemoje esantis vanduo turi būti užkaitinamas iki 60 °C periodiškai nustatyta tvarka.
- Pakeitus Lietuvoje galiojančius norminius aktus, grįžtamo termofikacinio vandens temperatūrą būtų galima sumažinti atitinkamai iki 33-36 °C.
- Dėl sumažėjusios grįžtamos temperatūros žymiai pagerėtų šilumos gamybos šaltinių darbo efektyvumas. Preliminariais skaičiavimais, vien tik Utenos, Radviliškio bei Mažeikių šilumos tinklai galėtų sutaupyti 14,8 GWh bei 732740 EUR kasmet, pakeitus Lietuvoje galiojančius norminius aktus pagal Vokietijos arba Prancūzijos pavyzdį.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. V.Gurskis, M.Heinzmannas, R.Kaulakys, R.Kleštornas, E.Gedminčiaus, A.Mažintas, E.Milutienė, D.Surkys, N.Venckus, E.Žilinskas „EFEKTYVAUS ENERGIJOS VARTOJIMO PASTATUOSE VADOVAS“, Kaunas, 2008 m.  
Prieiga internete: [http://www.ena.lt/doc\\_atsti/EE\\_vadovas.pdf](http://www.ena.lt/doc_atsti/EE_vadovas.pdf)
2. Heating and domestic hot water systems in buildings supplied by low-temperature district heating. Marek Brand, Phd Thesis. Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, DTU Civil Engineering Report R-296 (UK), November 2013.  
Prieiga internete: <http://www.byg.dtu.dk/-/media/Institutter/Byg/publikationer/PhD/byg-r296.ashx?la=da>
3. Danfoss techninis aprašas „Buitinio karšto vandens cirkuliacinė sistema“.
4. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos „Vidutinė oro temperatūra Lietuvoje 1961–1990, 2014 ir 2015 m.“, Vilnius, 2016 m.  
Prieiga internete: [http://old.meteo.lt/klim\\_lt\\_klimatas.php](http://old.meteo.lt/klim_lt_klimatas.php)
5. ENERSTENA „EKONOMAIZERIAI IR KODENSATO VALYMO SISTEMA ECONERG“, Kaunas, 2015 m.  
Prieiga internete:  
<http://www.enerstena.lt/lt/ekonomaizeriai-ir-kodensato-valymo-sistema-econerg>
6. O.Ivanauskienė Kauno visuomenės sveikatos centro užkrečiamųjų ligų profilaktikos ir kontrolės skyriaus vedėja „Legioneliozės epidemiologinės priežiūros aspektai“ Kaunas.
7. Projekto vadovas J.Gudzinskas. Studija. „, CŠT VARTOTOJŲ KARŠTO VANDENS RUOŠIMO SISTEMŲ DARBO ANALIZĖ“, Kaunas, 2014 m.
8. R.Savickas, A. Skrinska „Legionella pneumophila rizikos įvertinimo analizė karšto vandens tiekimo sistemoje su nuolatine cirkuliacija“, VGTU. Energetika, 2006. Nr.2, p. 57-62.  
Prieiga internete: [http://elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/Ener057\\_062.pdf](http://elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/Ener057_062.pdf)
9. Užkrečiamų ligų ir AIDS centras „Legioneliozės diagnostikos, gydimo, epidemiologinės priežiūros ir kontrolės metodinės rekomendacijos“, Vilnius, 2008 m.  
Prieiga internete: <http://www.ulac.lt/uploads/tekstai/teises%20aktai/leg%201.doc>
10. Užkrečiamų ligų ir AIDS centras „Su kelionėmis susijusios legioneliozės valdymas ir profilaktika metodinės rekomendacijos“, Vilnius, 2013 m.

Prieiga internete:

[http://www.ulac.lt/uploads/downloads/leidiniai/legionelizes%20rekom%20\\_20131220.pdf](http://www.ulac.lt/uploads/downloads/leidiniai/legionelizes%20rekom%20_20131220.pdf)

11. Pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės. Patvirtintos ŪM 2005 m. birželio 28 d. Nr. 4-253.

Prieiga internete: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.7D2C1BEE9B4A>

12. Proceedings IEA. Workshop Legionella. Delft, The Netherlands, 4/5 October 2001.

Prieiga internete: <http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien47.pdf>

13. Procejt „District heating substation with electrical heater supplied by 40 °C Ultra-Low District Heating“

14. „ŠILUMOS TIEKIMO BENDROVIŲ 2014 METŲ ŪKINĖS VEIKLOS APŽVALGA“, Vilnius, 2015 m.

15. Šilumos tiekimo bendrovių šilumos kainos, su 9 proc. PVM (duomenys atnaujinti 2016.05.01)

Prieiga internete: [http://www.regula.lt/SiteAssets/+Šilumos\\_kaina\\_2016\\_05.pdf](http://www.regula.lt/SiteAssets/+Šilumos_kaina_2016_05.pdf)