



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henna Manninen

SELVITYS LAHTI ENERGIAN KAUKOLÄMPÖ-  
VERKON ALUEEN YLIJÄÄMÄLÄMPÖ-  
POTENTIAALISTA

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Henna Manninen
Opinnäytetyön nimi	Selvitys Lahti Energian kaukolämpöverkon alueen ylijäämä- lämpöpotentiaalista
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 2 liitettä
Ohjaaja	Petri Saari, Mikko Väisänen

---

Suomen kansallisen ilmastopolitiikan tavoite hiilineutraalista yhteiskunnasta vuoteen 2035 mennessä edellyttää myös kaukolämpöyhtiöitä kehittämään ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi. Ylijäämälämmön hyödyntäminen on yksi vaihtoehto polttamiseen perustuvan lämmöntuotannon korvaamisessa. Kiinteistöjen jäähdytyksen sivutuotteena syntyvä lauhde-energia on ylijäämälämpöä, jota voidaan hyödyntää kaukolämpöverkossa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko Lahti Energian kaukolämpöverkon alueella potentiaalisia ylijäämälämpökohteita.

Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys koostuu kaukolämmityksen, ylijäämälämmön sekä lämpöpumppujen käsittelystä. Lahti Energian kaukolämpöverkon alueen ylijäämälämpökohdeiden selvitys toteutetaan kyselylomakkeella. Kyselyn kohderyhmänä ovat alueen yritykset ja julkisen sektorin toimijat, joilla arvioidaan syntyvän kiinteistössään ylijäämälämpöä.

Kaikki kyselyyn vastanneet yhtiöt olivat toteuttaneet tai suunnitelleet toteuttavansa jäähdytysratkaisuja. Kyselyn alhaisesta vastausprosentista huolimatta, tulokset antavat suuntaa sille, että jäähdytykselle on tarvetta lisääntyvissä määrin eri toimialojen yhtiöissä. Vastanneiden yhtiöiden joukosta löytyi myös kohteita, joissa ylijäämälämpöä syntyy ympäri vuoden. Näin ollen Lahti Energian kaukolämpöverkon alueelta löytyy potentiaalia ylijäämälämmön hyödyntämiseen. Odotettavissa on, että ylijäämälämmön hyödyntämisen merkitys päästöjen vähentämisessä, ja energiaomavaraisuuden lisäämisessä tulee korostumaan entisestään lähitulevaisuudessa.

## ABSTRACT

Author	Henna Manninen
Title	A Review of Excess Heat Potential in the Lahti Energia District Heating Network
Year	2022
Language	Finnish
Pages	49 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Petri Saari, Mikko Väisänen

---

Finland has a goal of being carbon-neutral society by 2035. This requires district heating companies to develop solutions to reduce emissions. The utilization of excess heat is one of the options replacing heat production by incineration. Condensate energy produced as a by-product of property cooling is also excess heat that can be utilized in the district heating network. The aim of this thesis was to determine whether there is excess heat potential in the Lahti Energia district heating network.

The theoretical framework of the thesis consists of the district heating, excess heat, and heat pumps. The survey of excess heat potential in the Lahti Energia district heating network area was carried out by means of a questionnaire targeting companies and public sector operators that have a potential to generate exploitable excess heat in their property.

The companies that responded to the survey either had implemented or had planned to implement cooling solutions. In spite the low response rate, the results provide a strong indication that there is an increasing need for cooling in different commercial sectors. Several companies responded to generate exploitable excess heat throughout the year. Thus, the Lahti Energia district heating network has a potential for the utilization of excess heat. It is expected that the importance of utilizing excess heat in reducing emissions and increasing energy self-sufficiency will become even more important.

---

Keywords                      District heating, excess heat, heat pumps and cooling

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	KAUKOLÄMMITYS.....	10
	2.1 Kaukolämmityksen historia ja nykytila .....	10
	2.2 Kaukolämmitys Suomessa .....	11
	2.3 Kaukolämmitys Lahdessa .....	14
	2.4 Kaksisuuntainen kaukolämpöverkko .....	17
3	YLIJÄÄMÄLÄMPÖ.....	19
	3.1 Määritelmä.....	19
	3.2 Ylijäämälämmön hyödyntäminen .....	19
4	LÄMPÖPUMPUT .....	22
	4.1 Toimintaperiaate.....	22
	4.2 Lämpökerroin.....	23
	4.3 Maalämpöpumppu .....	25
	4.4 Ilmalämpöpumppu.....	27
	4.5 Ilma-vesilämpöpumppu .....	28
	4.6 Poistoilmalämpöpumppu.....	29
	4.7 CHC-lämpöpumppu.....	31
5	SELVITYS LAHTI ENERGIAN KAUKOLÄMPÖVERKON ALUEEN YLIJÄÄMÄLÄMPÖKOhteista .....	34
	5.1 Kohderyhmän tarkastelu .....	34
	5.2 Asiakaskysely.....	34
6	TULOKSET .....	36
	6.1 Vastaajien lähtötiedot.....	36
	6.2 Toteutetut jäähdytysratkaisut .....	38
	6.3 Suunnitteilla olevat jäähdytysratkaisut .....	40

6.4 Kiinteistöjen ylijäämlämpö.....	41
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEISIIN .....	43
7.1 Asiakkaiden jäähdytysratkaisut .....	43
7.2 Ylijäämlämmön hyödyntämispotentiaali.....	44
LÄHTEET .....	46
LIITTEET .....	50

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1</b> Lämmitysmuotojen markkinaosuudet vuonna 2020.....	13
<b>Kuva 2</b> Kymijärven voimalaitokset.....	16
<b>Kuva 3</b> Ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämmön energialähteenä.....	20
<b>Kuva 4</b> Lämpöpumpun toimintaperiaate.....	23
<b>Kuva 5</b> Maalämpöpumpun toimintaperiaate. ....	26
<b>Kuva 6</b> Mitsubishi Electric-ilmalämpöpumpun sisä- ja ulkoyksikkö. Maahantuojalla Scanoffice Oy.....	27
<b>Kuva 7</b> Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate kerrostalossa.....	30
<b>Kuva 8</b> CHC-lämpöpumpun kytkentäkaavio. ....	32
<b>Kuva 9</b> Kyselyyn vastanneiden asema edustamassaan yhtiössä. ....	37
<b>Kuva 10</b> Yhtiöiden jaottelu toimialojen mukaan. ....	38
<b>Kuva 11</b> Toteutettujen jäähdytysratkaisujen teho kilowatteina. ....	39
<b>Kuva 12</b> Jäähdytystehon arvio kilowatteina. ....	40
<b>Kuva 13</b> Ylijäämälämmön syntyminen.....	42

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Saatekirje

**LIITE 2.** Kyselylomake

## 1 JOHDANTO

Suomen kansallisen ilmastopolitiikan tavoitteena on saavuttaa yhteiskunnan hiili-neutraalisuus vuoteen 2035 mennessä. Tämä tarkoittaa sitä, että päästöjä tuotetaan sen verran, kuin niitä pystytään ilmakehästä sitomaan.<sup>1</sup> Energia-ala on yksi merkittävimmistä tekijöistä tämän tavoitteen saavuttamisessa. Myös kaukolämpöyhtiöissä kehitetään ratkaisuja lämmöntuotannon päästöjen vähentämiseksi, ja ylijäämälämmön hyödyntäminen on yksi vaihtoehto polttamiseen perustuvan lämmöntuotannon korvaamisessa.

Tiukentuneet rakentamismääräykset ovat parantaneet rakennusten energiatehokkuutta, ja vähentäneet niiden lämmitystarvetta. Lämmityksen sijaan tarve sisätilojen jäähtytykselle on kasvanut merkittävästi.<sup>2</sup> Jäähtytyksen sivutuotteena syntyvä lauhde-energia on ylijäämälämpöä, jota voidaan hyödyntää kaukolämpöverkossa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko Lahti Energian kaukolämpöverkon alueella potentiaalisia ylijäämälämpökohteita. Tarkastelun pääpaino on sellaisten kohteiden löytämisellä, joissa syntyvä ylijäämälämpö olisi hyödynnettävissä vuoden ympäri.

Opinnäytetyö sisältää kaukolämmitystä, ylijäämälämmön hyödyntämistä ja lämpöpumppuja käsittelevän teoriaosuuden, sekä Lahti Energian kaukolämpöverkon alueen ylijäämälämpökohteiden selvittämiseen pohjautuvan empiirisen osuuden. Kohteiden selvitys toteutetaan kyselylomakkeella, jonka kohderyhmänä ovat alueen yritykset ja julkisen sektorin toimijat, joilla arvioidaan olevan kiinteistöissään jäähtytystarvetta sekä syntyvän ylijäämälämpöä. Opinnäytetyön lähteinä käytetään muun muassa energia-alan yritysten ja Energiateollisuus ry:n julkaisuja, tie-

---

<sup>1</sup> Ympäristöministeriö. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka.

<sup>2</sup> Saastamoinen ym. 2018. Prospects for absorption chillers in Finnish energy system.



teellisiä artikkeleita, alan kirjallisuutta sekä toimeksiantajan sisäisiä lähdemateriaaleja. Tietoperustan keräämisessä tavoitellaan luotettavien suomalaisten ja kansainvälisten lähteiden hyödyntämistä, sekä niiden sisältämien tietojen vertailemista.

Opinnäytetyön kohdeyrityksenä on Lahti Energia Oy, joka on Lahden kaupungin omistama vuonna 1907 perustettu energiayhtiö. Lahti Energia tarjoaa asiakkailleen lämmitys- ja jäähdytyspalveluita, sähköverkkopalveluita sekä teollisuuden energiapalveluita. Yhtiön palveluksessa työskentelee vakituisesti noin 200 henkilöä.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Lahti Energia. Yritysesittely.

## 2 KAUKOLÄMMITYS

Tässä luvussa tarkastellaan kaukolämmityksen kehitystä ja nykytilaa ensin maailmanlaajuisesti, ja sen jälkeen keskittyen kaukolämmitykseen Suomessa. Lisäksi esitellään opinnäytetyön toimeksiantajan kaukolämpötoimintaa Lahdessa ja käydään läpi, mitä tarkoitetaan kaksisuuntaisella kaukolämpöverkolla.

### 2.1 Kaukolämmityksen historia ja nykytila

Ensimmäinen kaupallinen kaukolämpöjärjestelmä otettiin käyttöön Lockportissa New Yorkin osavaltiossa vuonna 1877. Tuolloin lämpöä toimitettiin asiakkaille höyryn välityksellä.<sup>4</sup> Lämmön siirtäminen höyryn välityksellä aiheutti merkittäviä lämpöhäviöitä, eikä näin ollen ollut kovin energiatehokasta. Lisäksi höyry aiheutti korroosio-ongelmia kaukolämpöputkille, sekä onnettomuuksia höyryräjähdysten seurauksena. Muun muassa nämä syyt johtivat kaukolämpötekniikan kehityksen toiseen sukupolveen 1920-luvulla, ja höyryn sijaan lämmön siirtämiseen alettiin hyödyntämään lämpötilaltaan yli 100 °C paineistettua vettä. 1970-luvulla siirryttiin kaukolämmityksen kehityksessä kolmanteen sukupolveen, jolloin kaukolämpöveden lämpötilaa pyrittiin laskemaan alle 100 °C lämmönkulutuksen niin salliessa. Tämä lämpötilan laskeminen paransi lämmönsiirron energiatehokkuutta sekä vähensi lämpöhäviöitä entisestään.<sup>5</sup>

Kaukolämpötekniikan kolme ensimmäistä sukupolvea perustuivat fossiilisten polttoaineiden käyttöön sekä rakennusten korkeaan lämmitystarpeeseen<sup>6</sup>. Tällä hetkellä kaukolämmitys on kehittymässä kohti neljättä sukupolvea, jolle ominaisia

---

<sup>4</sup> Koskelainen ym. 2006. Kaukolämmön käsikirja.

<sup>5</sup> Jodeiri et al. 2022. Role of sustainable heat sources in transition towards fourth generation district heating – A review.

<sup>6</sup> Werner. 2017. International review of district heating and cooling.

piirteitä ovat rakennusten lisääntynyt energiatehokkuus, uusiutuvien energianlähteiden ja ylijäämälämpöjen hyödyntäminen lämmöntuotannossa sekä älykäs kaukolämpöjärjestelmä. Kaukolämmityksen kehityksen neljänteen sukupolveen liitty myös olennaisesti verkon entistä matalammat toimintalämpötilat, jotka tulisi ottaa huomioon kaukolämmön asiakaslaitteita, kuten lämmönsiirtimiä mitoitettaessa.<sup>7</sup>

Maailmanlaajuisesti suurimpia kaukolämmön tuottajia ovat Kiina ja Venäjä. Vuonna 2020 Kiinan kaukolämmön tuotanto oli 1 673 TWh ja Venäjän 1 472 TWh. Kolmanneksi suurinta kaukolämmön tuotanto on Euroopassa, jossa sitä tuotettiin 882 TWh vuonna 2020. Uusiutuvien energianlähteiden käyttö vaihtelee suuresti maiden välillä, mutta maailmanlaajuisesti kaukolämmön tuotanto nojaa edelleen vahvasti fossiilisten polttoaineiden käyttöön.<sup>8</sup> Kaukolämmityksen käyttö rakennusten lämmitysmuotona on vähäistä, ja vain noin 8,5 % rakennuksista lämmitetään kaukolämmöllä. Vaikka maailmanlaajuinen osuus on pieni, löytyy maita, joissa kaukolämmitys on yleisin lämmitysmuoto. Esimerkiksi Tanskassa, Ruotsissa ja Venäjällä kaukolämmitys kattaa suurimman osan rakennusten lämmitystarpeesta.<sup>9</sup>

## 2.2 Kaukolämmitys Suomessa

Suomessa ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä rakennettiin vuonna 1940 valmistuneeseen Helsingin olympiakylään. Idea kaukolämmöstä sai alkunsa, kun huomattiin teollisuuden sähköntuotannon yhteydessä syntyvän lauhdelämpöä, jota voitaisiin hyödyntää asuntojen lämmityksessä. Kau-

---

<sup>7</sup> Rämä ym. 2017. Transition to low temperature distribution in existing systems.

<sup>8</sup> Jodeiri et al. 2022. Role of sustainable heat sources in transition towards fourth generation district heating – A review.

<sup>9</sup> IEA. 2021. District Heating.

kolämmityksen tarkoitus on alkujaan ollut sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Kaukolämmitys levisi Suomessa hitaasti, mutta vuoden 1973 energiakriisin seurauksena kaukolämmön energiataloudelliset edut huomattiin, ja sen merkitys alkoi kasvaa. 1980-luku oli pääasiallisesti kaukolämpöverkkojen laajentamisen aikaa, ja 1990-luvun puolella kaukolämmityksen asema taajama-alueiden lämmitysmuotona vakiintui.<sup>10</sup>

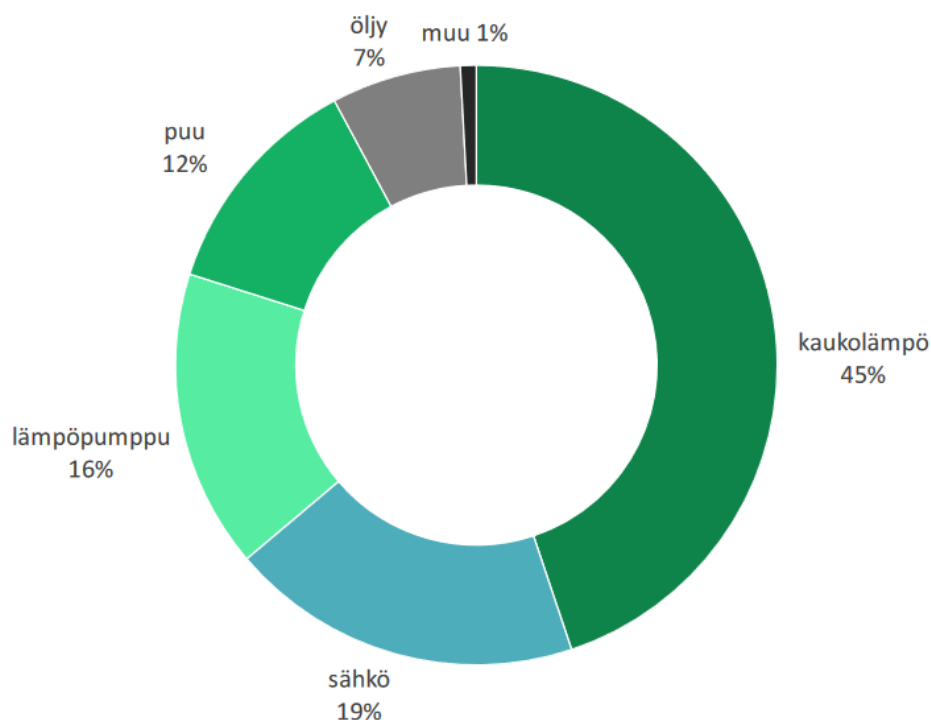
Vuoden 2020 lopussa noin 2,98 miljoonaa suomalaista asui kaukolämmitetyssä talossa, mikä vastaa hieman yli puolta Suomen asukasluvusta<sup>11</sup>. Kaukolämmitys onkin rakennusten yleisin lämmitysmuoto. Kuvassa 1 on esitettyinä lämmitysmuotojen markkinaosuudet vuonna 2020, jolloin kaukolämmityksen osuus asuin- ja palvelurakennusten lämmityksestä oli 45 %. Kaukolämmityksen jälkeen muita yleisiä lämmitysmuotoja ovat sähkö- ja puulämmitys sekä lämpöpumppujen käyttö, joka on yleistynyt huomattavasti viime vuosien aikana.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> Koskelainen ym. 2006. Kaukolämmön käsikirja.

<sup>11</sup> Energiateollisuus ry. 2022a. Kaukolämpötilasto 2020.

<sup>12</sup> Energiateollisuus ry. 2022b. Energiavuosi 2021 Kaukolämpö.



**Kuva 1** Lämmitysmuotojen markkinaosuudet vuonna 2020 <sup>13</sup>.

Nykyaikainen kaukolämpöjärjestelmä koostuu kolmesta pääosasta, jotka ovat lämmöntuotantolaitokset, kaukolämmön jakeluverkosto sekä kaukolämmön asiakslaitteet. Kaukolämpöä tuotetaan sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa, erillisillä lämpökeskuksilla tai esimerkiksi teollisten prosessien yhteydessä. Suurin osa kaukolämmöstä tuotetaan Suomessa sähkön ja lämmön yhteistuotannolla.<sup>14</sup> Kaukolämmön jakeluverkosto on suljettu piiri, joka sisältää veden meno- ja paluuputken. Ulkolämpötilasta riippuen lämpötilaltaan 65–115 °C kaukolämpövesi kulkee menoputkea pitkin asiakkaan lämmönjakohuoneeseen, jossa se luovuttaa lämpöä lämmönsiirtimien välityksellä kiinteistön ja käyttöveden lämmittämiseen. Kaukolämpöverkko ja rakennusten lämmitysverkko ovat erillisiä piirejä, eikä kau-

<sup>13</sup> Energiategollisuus ry. 2022b. Energiavuosi 2021 Kaukolämpö.

<sup>14</sup> Mäkelä ym. 2015. Suomalainen kaukolämmitys.

kolämpövesi kierrä rakennusten lämmitysverkossa. Luovutettuaan lämpönsä lämpötilaltaan 40–60 °C kaukolämpövesi palaa paluuputkea pitkin tuotantolaitokselle uudelleen lämmitettäväksi.<sup>15</sup>

Energiateollisuuden julkaisu K1 sisältää ohjeita rakennusten kaukolämmityksestä. Vuonna 2021 päivitettyssä julkaisussa suositellaan mitoittamaan uudisrakennusten lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimet, sekä niihin liittyvät säätöventtiilit ja putket käyttäen kaukolämmön menolämpötilana 90 °C aiemman 115 °C sijasta. Laitemitoituksen lämpötilamuutoksella tähdätään tulevaisuudessa kaukolämpöverkon toimintalämpötilojen laskemiseen, jolloin uusia lämmönlähteitä voidaan hyödyntää entistä helpommin kaukolämpöverkossa.<sup>16</sup> Toimintalämpötilojen lasku helpottaisi esimerkiksi ylijäämälämpöjen hyödyntämistä, jotka harvemmin esiintyvät kaukolämpöverkon tarpeisiin nähden riittävän korkeassa lämpötilassa, ja näin ollen vaativat lämpötilan nostamista lämpöpumpun avulla ennen hyödyntämistä kaukolämpöverkossa.

### **2.3 Kaukolämmitys Lahdessa**

Lahden kaupungin kaukolämmityksestä vastaa Lahti Energia Oy. Kaukolämpötoiminta Lahdessa käynnistyi vuonna 1962, jolloin ensimmäinen asiakas Puistokatu 3 liitettiin kaukolämpöverkkoon<sup>17</sup>. Vuonna 2020 Lahti Energialla oli kaukolämpöasiakkaita noin 8 700, ja kaukolämpöverkon pituus oli yhteensä 678 kilometriä. Lahti Energian kaukolämpöverkko ulottuu Lahden lisäksi myös naapurikuntiin Hol-

---

<sup>15</sup> Energiateollisuus ry. Kaukolämpöverkot.

<sup>16</sup> Energiateollisuus ry. 2021. Julkaisu K1/2021. Rakennusten kaukolämmitys.

<sup>17</sup> Lahti Energia. Historia.

lolaan ja Asikkalaan. Kaukolämpöä tuotetaan Kymijärven voimalaitoksilla, eri puolilla jakeluverkkoa sijaitsevilla pienvoimaloilla sekä lisääntyvässä määrin ylijäämälämmöllä.<sup>18</sup>

Kymijärven voimalaitosalueella (kuva 2) sijaitsee kaksi toiminnassa olevaa voimalaitosta Kymijärvi II ja III. Kymijärvi II on kierrätyspolttoaineita käyttävä kaasutusvoimalaitos, joka valmistui vuonna 2012. Laitoksen polttoaine koostuu hyvin palavista jätteistä, kuten muovista, paperista, puusta ja pahvista, jotka eivät kelpaa materiaalikierrätykseen. Kymijärvi II on sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos. Se tuottaa noin puolet Lahti Energian toimittamasta sähkö- ja kaukolämpöenergiasta. Laitoksen sähköteho on 50 MW ja kaukolämpöteho 90 MW.<sup>19</sup> Vuonna 2020 valmistunut Kymijärvi III korvasi 1970-luvulla käyttöönotetun kivihiiililaitoksen Kymijärvi I. Uuden biolaitoksen käyttöönotto vähensi merkittävästi Lahti Energian hiilidioksidipäästöjä. Kymijärvi III käyttää polttoaineenaan sertifioitua biomassaa, kuten metsätähdehaketta sekä sahojen sivutuotteita, ja laitoksen kaukolämpöteho on noin 190 MW.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Lahti Energia. Yritysesittely.

<sup>19</sup> Lahti Energia. 2021a. Sisäinen lähde. Kymijärvi II -kaasutusvoimalaitos.

<sup>20</sup> Lahti Energia. 2021b. Sisäinen lähde. Kymijärvi III -biolämpölaite.



**Kuva 2** Kymijärven voimalaitokset <sup>21</sup>.

Muun kuin polttamalla tuotetun kaukolämmön määrää Lahdessa tulee lisäämään jätevedenpuhdistamon yhteyteen rakennettava lämpöpumppulaitos. Lahti Energia on solminut Lahti Aquan kanssa sopimuksen puhdistetun jäteveden sisältämän lämmön hyödyntämisestä kaukolämmön tuotannossa. Lämpöä otetaan talteen biologisen puhdistusprosessin jälkeisestä puhdistetusta jätevedestä lämpöpumpuilla. Laitoksesta saadaan vuosittain talteen noin 16,9 GWh lämpöä, ja se parantaa energiantuotannon ja -käytön kokonaishyötysuhdetta. Hanke vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tuotannossa.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Lahti Energia. 2021c. Sisäinen lähde. Kymijärven voimalaitokset.

<sup>22</sup> Lahti Energia. 2021d. Lahti Energian ja Lahti Aquan kiertotaloushanke: Puhdistetun jäteveden lämpö hyötykäyttöön.



## 2.4 Kaksisuuntainen kaukolämpöverkko

Paikalliset kaukolämpöyhtiöt myyvät asiakkailleen lämpöä omistamassaan kaukolämpöverkossa. Asiakkaat, jotka ovat lähtökohtaisesti vain lämmön ostajia, käyttävät lämpöä rakennusten sekä käyttöveden lämmittämiseen. Kaksisuuntaisessa kaukolämpöverkossa lämmön perustuotannosta vastaa edelleen paikallinen kaukolämpöyhtiö, mutta verkon kaksisuuntaisuus mahdollistaa myös asiakkaan toimimisen lämmöntuottajana. Esimerkiksi lämpöpumpun investoinut kiinteistö voi hyödyntää kiinteistössä syntyvän ylijäämälämmön itse, tai syöttää sen kaukolämpöverkkoon muiden asiakkaiden ja kaukolämpöyhtiön käytettäväksi.<sup>23</sup>

Kaukolämpöjärjestelmät asettavat vaatimuksia verkkoon syötettävän lämmön laadulle. Asiakkaan ylijäämälämmön tulisi olla mahdollisimman lähellä kaukolämpöverkossa kiertävän veden lämpötilaa. Usein vain teollisuusasiakkailla syntyvä ylijäämälämpö on lämpötilaltaan riittävän korkea sellaisenaan kaukolämpöverkkoon syötettäväksi. Matalalämpöisen ylijäämälämmön hyödyntämismahdollisuuksia voidaan parantaa nostamalla sen lämpötilaa lämpöpumpun avulla ennen verkkoon syöttämistä. Jokainen kaukolämpöverkko on tuotanto- ja asiakasrakenteeltaan erilainen eikä verkkoon voida syöttää enempää lämpöä, kuin sille on kulakin hetkellä tarvetta. Esimerkiksi kesäaikaan ylijäämälämpöjen hyödyntämistä voi rajoittaa lämmön vähäinen kulutus.<sup>24</sup>

Kaksisuuntaisen kaukolämpöverkon toteutumista voidaan helpottaa huomioimalla se kaukolämpöjärjestelmän teknisessä ja taloudellisessa suunnittelussa alusta alkaen. Kiinteistöjen kaukolämpöratkaisuissa verkon kaksisuuntaisuuteen voidaan varautua rakentamisvaiheessa, esimerkiksi varaamalla riittävät tekniset

---

<sup>23</sup> Pöyry Management Consulting Oy. 2016. Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit.

<sup>24</sup> Sirola ym. 2018. Tekniset toimintaohjeet verkkoon liittämistä.

tilat mahdollista omaa lämmöntuotantoa sekä kaukolämpöverkkoon syöttämistä varten.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Pöyry Management Consulting Oy. 2016. Kaksisuuntaisen kaukolämpöverkon liiketoimintamallit.

### 3 YLIJÄÄMÄLÄMPÖ

Tässä luvussa määritellään, mitä tarkoitetaan ylijäämälämmöllä, sekä tarkastellaan ylijäämälämmön hyödyntämisen yleistymiseen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi käydään läpi, miten verotuksen avulla pyritään edistämään polttamiseen perustumatonta lämmöntuotantoa.

#### 3.1 Määritelmä

Ylijäämälämmöllä tarkoitetaan lämpöenergiaa, jota syntyy esimerkiksi prosessi- ja savukaasuista, jäte- ja jäähdytysvesistä sekä koneellisen jäähdytyksen lauhdelämmöstä. Tämä ylijäämälämpö jää hyödyntämättä, ja se katoaa käyttämättömänä ilmaan tai veteen. Ylijäämälämmöstä käytetään myös termiä hukkalämpö. Muun muassa teollisuudessa ja palvelinkeskuksissa muodostuu paljon ylimääräistä lämpöä, jota on mahdollista kerätä talteen ja hyödyntää. Myös kiinteistöjen poistoilman sisältämää lämpöä voidaan hyödyntää, esimerkiksi myöhemmin esiteltävän poistoilmalämpöpumpun avulla.<sup>26 27</sup>

#### 3.2 Ylijäämälämmön hyödyntäminen

Kuvassa 3 on Energiateollisuus ry:n kuvaaja ylijäämälämmön hyödyntämisestä vuosina 2006–2021. Ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämmön energialähteenä on yleistynyt huomattavasti viime vuosien aikana.<sup>28</sup> Laki kivihiilen energiakäytön kieltämisestä vuodesta 2029 alkaen, sekä Suomen tavoite olla hiilineutraali yhteiskunta vuoteen 2035 mennessä ovat lisänneet entisestään tarvetta vaihtoehtoisten lämmöntuotantotapojen kehittämiseksi kaukolämpöyhtiöissä<sup>29</sup>. Ylijäämä-

---

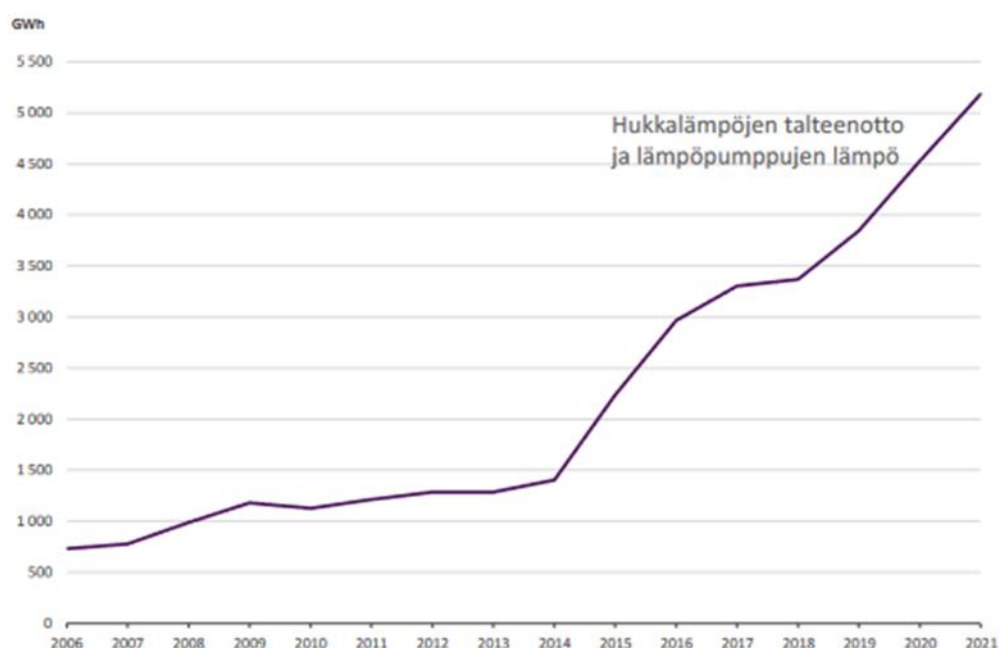
<sup>26</sup> Fortum. 2022. Avoin kaukolämpö. Mitä on hukkalämpö?

<sup>27</sup> Motiva. 2019. Esiselvitys: Ylijäämälämmön potentiaali teollisuudessa.

<sup>28</sup> Energiateollisuus ry. 2022b. Energiavuosi 2021 Kaukolämpö.

<sup>29</sup> 416/2019. Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä.

lämmön hyödyntäminen on yksi vaihtoehto fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa, sekä polttamiseen perustuvan lämmöntuotannon vähentämisessä. Edellä mainitut vaikuttavat lämmöntuotannon päästöihin, ja hyödyntämällä ylijäämälämpöä voidaan vähentää esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä. Ylijäämälämmön hyödyntäminen tuo myös rahallisia säästöjä, ja parantaa lämmöntuotannon kustannustehokkuutta pitäen kaukolämmityksen kilpailukykyisenä lämmitysmuotona <sup>30</sup>.



**Kuva 3** Ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämmön energialähteenä <sup>31</sup>.

Energiateollisuuden kesäkuussa 2020 teettämän jäsenkyselyn mukaan suurin osa suomalaisista kaukolämpöyhtiöistä hyödyntää tällä hetkellä tai etsii aktiivisesti potentiaalisia ylijäämälämmönlähteitä. Lisäksi kaukolämpöyhtiöt ovat kiinnostuneita kartoittamaan entistä matalalämpöisemmän ylijäämälämmön hyödyntämistä

<sup>30</sup> Tiitinen. 2020. Hukkalämpöjen hyödyntäminen. Toiminta kaukolämpöyrityksissä.

<sup>31</sup> Energiateollisuus ry. 2022b. Energiavuosi 2021 Kaukolämpö.

kaukolämpöverkossa.<sup>32</sup> Kehittynyt lämpöpumpputekniikka mahdollistaa lämpötilaltaan alhaisen ylijäämälämmön hyödyntämisen, ja uuden teknologian lämpöpumpuilla pystytään tuottamaan jopa 15–20 °C ylijäämälämmöstä yli 100 °C lämpöä<sup>33</sup>.

Ylijäämälämmön hyödyntämistä pyritään edistämään verotuksen avulla. Aiemmin kaukolämpöyhtiöiden lämmöntuotannossa käyttämää sähköä on verotettu pääasiassa korkeamman sähköveroluokan I mukaisesti. Tämä on koskenut esimerkiksi lämmöntuotantolaitoksista erillään olevia lämpöpumppuratkaisuja, joilla on tuotettu lämpöä kaukolämpöverkkoon. Hallituksen esityksessä energiaverotuksen muutoksesta ehdotetaan kaukolämpöverkkoon lämpöä tuottavien lämpöpumpujen käyttämän sähkön siirtämistä alempaan veroluokkaan II, joka muun muassa parantaisi niiden kannattavuutta. Tällä veromuutoksella edistetään polttamiseen perustumatonta lämmöntuotantoa. Tavoitteena on, että muutos astuisi voimaan vuoden 2022 aikana.<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> Tiitinen. 2020. Hukkalämpöjen hyödyntäminen. Toiminta kaukolämpöyrityksissä.

<sup>33</sup> Motiva. 2019. Esiselvitys: Ylijäämälämmön potentiaali teollisuudessa.

<sup>34</sup> Eduskunta. 2021. Hallituksen esitys HE 212/2021 vp.

## 4 LÄMPÖPUMPUT

Suurin osa ylijäämälämmön lähteistä esiintyy kaukolämpöverkon tarpeisiin nähden liian matalassa lämpötilassa. Lämpöpumpun avulla ylijäämälämmön lämpötilaa voidaan nostaa, jolloin sen hyödyntäminen kaukolämpöverkossa helpottuu.<sup>35</sup> Tässä luvussa tarkastellaan lämpöpumpun yleistä toimintaperiaatetta, sekä sen tehokkuutta kuvaavia COP-, SCOP- ja SPF-arvoja. Lisäksi esitellään erilaisia lämpöpumpputyyppejä, joista kaukolämpöverkossa ylijäämälämpöjen hyödyntämisen kannalta keskeisin on CHC-lämpöpumppu.

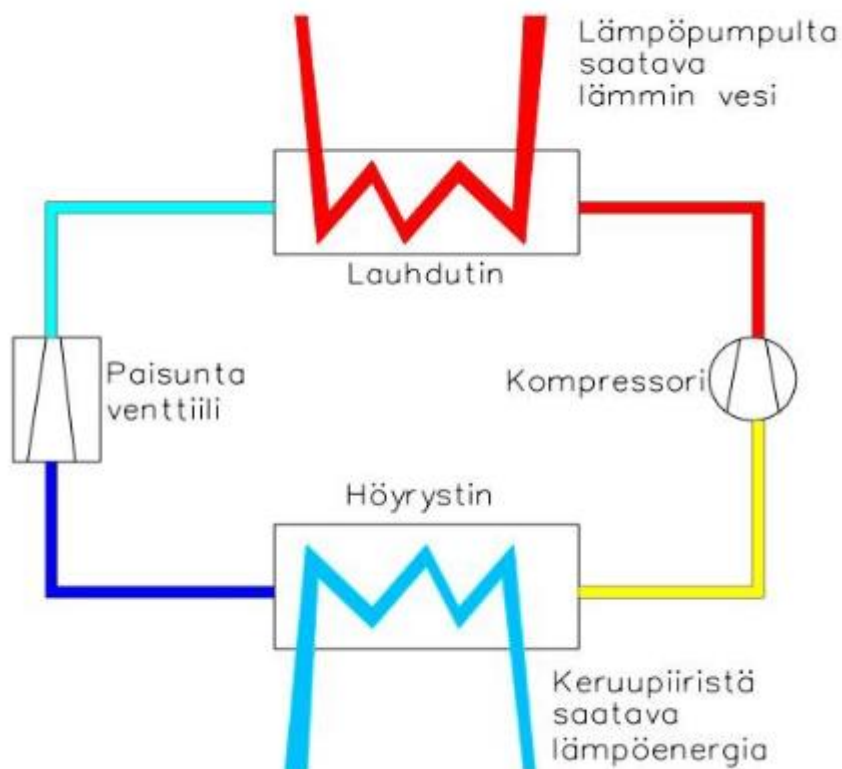
### 4.1 Toimintaperiaate

Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Lämmönkeruuneste kiertää keruupiirissä, ja kerää samalla itseensä lämpöä ilmasta, maaperästä tai vedestä. Höyrystimessä lämmönkeruuneste luovuttaa lämpöä lämpöpumpun kylmäaineelle, joka alkaa höyrystymään. Kompressor puristaa kylmäaineen korkeaan paineeseen, ja samalla kylmäaine kuumenee. Kuumentunut kylmäaine ohjataan lauhduttimeen, jossa se luovuttaa keräämänsä lämmön rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Luovutettuaan lämpönsä kylmäaine jäähtyy, ja tiivistyy takaisin nesteeksi. Nestemäisen kylmäaineen kulkiessa paisuntaventtiilin kautta, sen paine alenee ja lämpötila laskee. Höyrystimessä kylmäaine ja lämmönkeruuneste kohtaavat uudelleen, ja sama kierto alkaa alusta.<sup>36</sup> Kuvassa 4 on havainnollistettu lämpöpumpun toimintaperiaatetta.

---

<sup>35</sup> Rämä ym. 2020. Hukkalämpö kaukolämpöjärjestelmissä.

<sup>36</sup> Perälä ym. 2013. Lämpöpumput.



**Kuva 4** Lämpöpumpun toimintaperiaate <sup>37</sup>.

## 4.2 Lämpökerroin

Lämpöpumpun toiminnan tehokkuutta kuvaa sen lämpökerroin, COP (Coefficient Of Performance). Lämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköä ja lämpökerroin kertoo, kuinka paljon lämpöpumppu tuottaa suhteessa kuluttamansa sähköenergian määrään.<sup>38</sup> Mitä suurempi on lämpökerroin, sitä tehokkaampi lämpöpumppu on kyseessä. Lämmön keruu- ja luovutuslämpötilojen välinen ero vaikuttaa suoraan lämpökertoimen arvoon, ja COP on sitä alhaisempi, mitä suuremmaksi tämä

<sup>37</sup> Väisänen. 2018.

<sup>38</sup> Motiva. 2018. Lämpöpumppujen hankintaopas – kunnat ja taloyhtiöt.

lämpötilaero kasvaa.<sup>39</sup> Lämpökertoimen teoreettinen arvo voidaan laskea kaavalla:

$$COP = \frac{T_2}{T_2 - T_1}, \text{ jossa} \quad COP = \text{lämpökerroin}$$

$$T_1 = \text{lämmön keruulämpötila}$$

$$T_2 = \text{lämmön luovutuslämpötila} \quad (1)$$

Lämpökertoimen todellinen arvo on kuitenkin huomattavasti teoreettisesti lasketua arvoa matalampi. Teoreettisessa laskutavassa oletetaan lämpöpumpun apulaitteiden, kuten kompressorin, toimivan täydellä hyötysuhteella. Todellisuudessa apulaitteiden oma energiankulutus huonontaa lämpökertoimen arvoa.<sup>40</sup> Yleisen standardin mukaisen COP-arvon laskennassa ei myöskään oteta huomioon käyttöveden lämmittämistä, joka tapahtuu huonommalla hyötysuhteella kuin lämmitysverkon lämmöntuotto<sup>41</sup>.

Lämpöpumpun tehokkuuden kuvaamiseen käytetään myös SCOP- ja SPF-arvoja. SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) kertoo lämpöpumpun vuotuisen lämpökertoimen, ja se huomioi erilaisten ulkolämpötilojen lämmitystarpeet. SCOP-arvojen määrittämiseksi Eurooppa on jaettu kolmeen eri ilmastovyöhykkeeseen, jotka ovat keskimääräinen (Strasbourg), lämmin (Ateena) ja kylmä (Helsinki). SCOP-arvon tavoin SPF (Seasonal Performance Factor) kertoo lämpökertoimen vuotuisen arvon, mutta se huomioi lämpökerrointa alentavan käyttöveden lämmityksen, ja näin ollen antaa lämpöpumpun toiminnasta todellisemmän kuvan.<sup>42</sup>

---

<sup>39</sup> Rosen et al. 2017. Geothermal Energy: Sustainable Heating and Cooling Using the Ground.

<sup>40</sup> Perälä ym. 2013. Lämpöpumput.

<sup>41</sup> Motiva. 2018. Lämpöpumppujen hankintaopas – kunnat ja taloyhtiöt.

<sup>42</sup> Motiva. 2018. Lämpöpumppujen hankintaopas – kunnat ja taloyhtiöt.

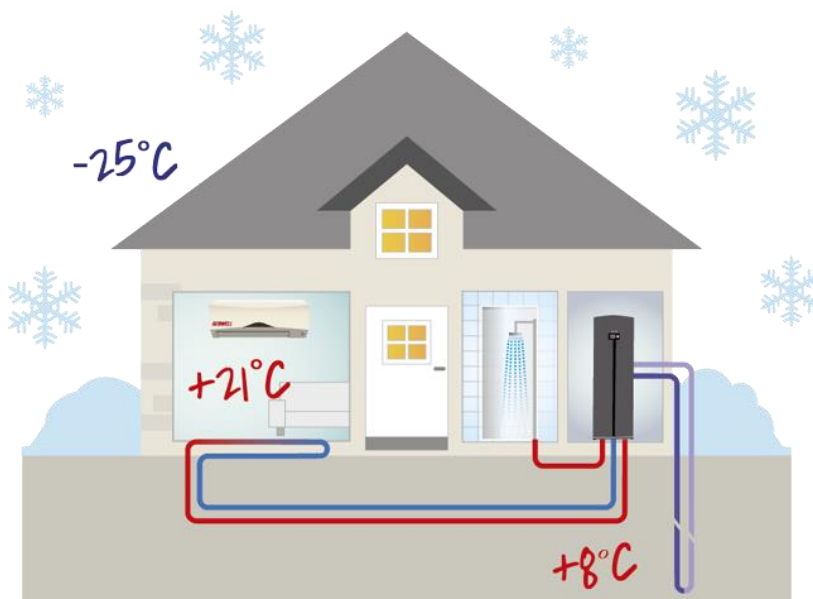


### 4.3 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu (MLP) hyödyntää maaperään, kallioon tai vesistöön varastoitunutta auringon lämpöä. Yleisin maalämmön talteenottotapa on kallioon porattu lämpökaivo, mutta isommalla tontilla keruuputkisto voidaan asentaa vaakatasoon pihamaalle noin metrin syvyyteen. Keruuputkiston voi sijoittaa myös vesistön pohjaan, mikäli sellainen sijaitsee lämmitettävän rakennuksen läheisyydessä. Keruuputkistossa kiertää jäätymätön neste, jonka keräämä lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Kompressori nostaa höyrystyneen kylmäaineen painetta, ja samalla sen lämpötila nousee. Lauhduttimessa kylmäaine lauhtuu takaisin nesteeksi, ja luovuttaa lämpöä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään sekä lämpimään käyttöveteen.<sup>43</sup> Kuvassa 5 on havainnekuva maalämpöpumpun toimintaperiaatteesta.

---

<sup>43</sup> Sulpu. Maalämpöpumppu.



**Kuva 5** Maalämpöpumpun toimintaperiaate <sup>44</sup>.

Maalämpöputkiston asentaminen edellyttää toimenpidelupaa. Luvan saamiseen vaikuttavat muun muassa maanalaiset rakenteet, pohjavesialueet sekä suojaetäisyydet rakennuksiin ja muihin lämpökaivoihin.<sup>45</sup> Maalämpöpumpun investointikustannus on muita lämpöpumppuja korkeampi, mutta pienet käyttö- ja huoltokustannukset lyhentävät maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaikaa <sup>46</sup>. Investointikustannuksiin vaikuttavat muun muassa lämmitettävän kiinteistön koko ja lämpimän käyttöveden tarve, sekä keruupiirin toteutustapa eli kerätäänkö maalämpöä lämpökaivolla vai pihamaahan vaakatasoon asennetulla putkistolla. Saneerauskohteissa lisäkuluja tulee vanhan lämmitysjärjestelmän purkamisesta ja sähkömuutostöistä.<sup>47</sup>

<sup>44</sup> Gebwell. 2022a. Maalämpö.

<sup>45</sup> Motiva. 2021a. Maalämpöpumppu.

<sup>46</sup> Chiasson. 2016. Geothermal Heat Pump and Heat Engine Systems: Theory and Practice.

<sup>47</sup> Gebwell. 2022b. Mitä maalämpö maksaa?

#### 4.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu (ILP) on edullisin lämpöpumppuvaihtoehto, ja sen voi asentaa helposti niin uusiin kuin vanhoihin rakennuksiin. Ilmalämpöpumppu koostuu ulkoyksiköstä sekä yhdestä tai useammasta sisäyksiköstä (kuva 6). Kun ilmalämpöpumppu toimii lämmityskäytössä, ulkoyksikkö kerää lämpöä ulkoilmasta ja sisäyksikkö luovuttaa talteen otetun lämmön rakennuksen sisätiloihin.<sup>48</sup> Sisätiloja jäähdytettäessä ilmalämpöpumpun sisällä kiertävän kylmäaineen kiertosuunta muuttuu, ja lämpöenergiaa kerätään sisäilmasta, jolloin sisäilma jäähtyy. Ulkoyksikössä kylmäaine vapauttaa keräämänsä lämpöenergian, eli lämpöä siirretään rakennuksen sisältä ulkoilmaan.<sup>49</sup>



**Kuva 6** Mitsubishi Electric-ilmalämpöpumpun sisä- ja ulkoyksikkö. Maahantuoja Scanoffice Oy<sup>50</sup>.

Ilmalämpöpumppu hankitaan yleensä silloin, kun halutaan jäähdyttää sisätiloja tai säästää lämmityskustannuksissa. Ulkoilman lämpötila vaikuttaa suoraan ilmalämpöpumpun suorituskykyyn, ja sen lämmitysteho sekä hyötysuhde heikkenevät sen mukaan, mitä kylmempää ulkoilma on. Tästä syystä lämmitystarpeen kattaminen kokonaisuudessaan ilmalämpöpumpulla ei ole taloudellisesti kannattavaa, ja se

---

<sup>48</sup> Motiva. 2020. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä.

<sup>49</sup> Scanoffice. Miten ilmalämpöpumppu toimii?

<sup>50</sup> Scanoffice. Kuvapankki. Ilmalämpöpumput.

soveltuu paremmin lisälämmityslaitteeksi muun lämmitysjärjestelmän rinnalle. Lisäksi ilmalämpöpumppua ei voida hyödyntää käyttöveden lämmittämiseen, koska se lämmittää ainoastaan huoneilmaa.<sup>51</sup>

#### 4.5 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP) kerää ilmalämpöpumpun tavoin lämpöä suoraan ulkoilmasta. Kerätty lämpö luovutetaan vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, josta lämpöä jaetaan huonetiloihin lattiaputkiston tai patteriverkoston kautta. Ilma-vesilämpöpumpun avulla voidaan lämmittää myös käyttövettä. Ulkolämpötilan laskiessa ilma-vesilämpöpumpulla saatavan lämpöenergian määrä laskee, ja kovilla pakkasilla sen lämpökerroin heikkenee huomattavasti.<sup>52</sup> Ilma-vesilämpöpumppu tuottaa vähiten energiaa silloin, kun lämmitystarve on suurimmillaan, joten järjestelmä vaatii rinnalleen toisen täydelle lämmitystarpeelle mitoitettun varajärjestelmän. Esimerkiksi ilma-vesilämpöpumpun omilla sähkövastuksilla voidaan kattaa lämmitystarve kovimpien pakkasten aikana.<sup>53</sup>

Ilma-vesilämpöpumppuja on kahta tyyppiä. Split-laitteissa on ilmalämpöpumpun tavoin ulko- ja sisäyksikkö, joiden välillä kylmäaine kiertää. Monoblock-laitteissa kaikki lämpöpumpun tekniikka on ulkoyksikössä, ja rakennuksen sisätiloihin tarvitaan vain lämminvesivaraaja. Tällöin ulkoyksikön ja varaajan välillä kiertää pelkkä vesi. Ilma-vesilämpöpumppu asennetaan yleensä kohteisiin, joissa maalämpöjärjestelmän asentaminen ei kustannusten tai tontin rajoitusten vuoksi ole mahdollista.<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> Gebwell. 2022c. Maalämpöpumppu vai ilmalämpöpumppu? – Lämpöpumpun valinta riippuu käyttötarkoituksesta.

<sup>52</sup> Sulpu. Ilma-vesilämpöpumppu.

<sup>53</sup> Motiva. 2021b. Ilma-vesilämpöpumppu.

<sup>54</sup> Motiva. 2021b. Ilma-vesilämpöpumppu.

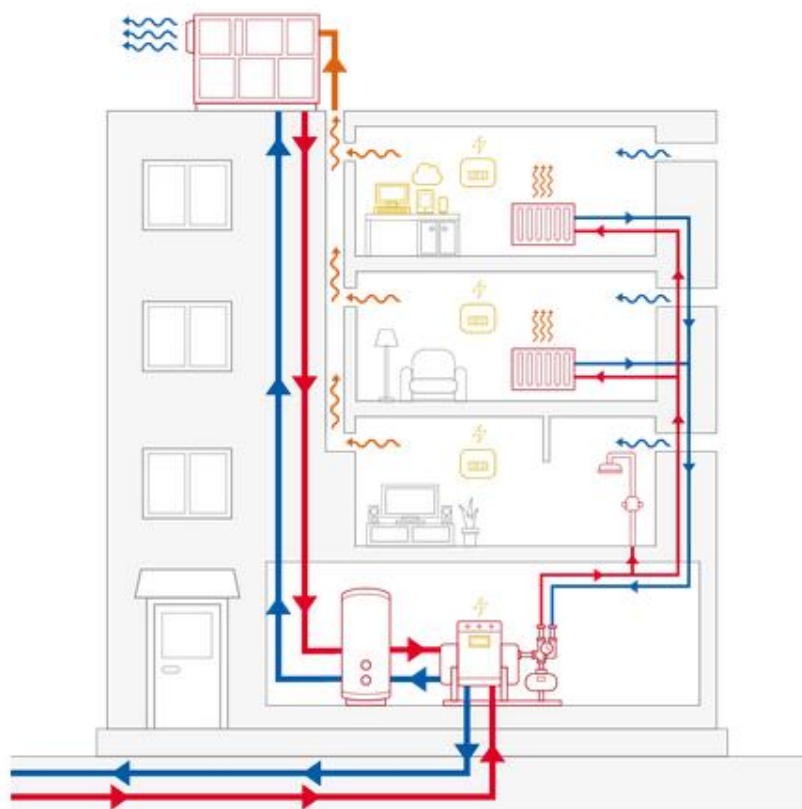
#### 4.6 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu (PILP) ottaa talteen kiinteistöstä poistettavan sisäilman sisältämää lämpöenergiaa. Talteen otetulla lämpöenergialla voidaan lämmittää rakennuksen huonetiloja ja käyttövettä.<sup>55</sup> Poistoilman sisältämä lämpöenergia lämmittää keruuputkistossa kiertävää nestettä, jolloin poistoilma jäähtyy. Poistoilmalämpöpumpulla ei voida täysin kattaa rakennuksen lämmitystarvetta, ja PILP-järjestelmä tarvitsee rinnalleen toisen lämmöntuottojärjestelmän, kuten kaukolämmön.<sup>56</sup> Kuvassa 7 on havainnollistettu poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaatetta kerrostalossa, joka on kytketty myös kaukolämpöverkkoon.

---

<sup>55</sup> Motiva. 2021c. Poistoilmalämpöpumppu.

<sup>56</sup> Kiinteistöliitto. 2017. Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostaloissa (PILP).



**Kuva 7** Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate kerrostalossa <sup>57</sup>.

PILP-järjestelmän investointikustannukset kerrostaloon määräytyvät tapauskohtaisesti, mutta tyypillisesti kustannukset vaihtelevat 60 000–250 000 euron välillä. Järjestelmän hankintahintaan vaikuttavat kunkin taloyhtiön tarpeet, rakennusten lukumäärä sekä jo olemassa olevat tekniset ratkaisut. PILP-järjestelmän teknisesti ja taloudellisesti järkevän toteutuksen takaamiseksi kerrostalossa tulisi olla muun muassa koneellinen poistoilmavaihto sekä vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Esimerkki kohteesta, johon PILP-järjestelmä soveltuu erityisen hyvin, on yksirap- puinen kerrostalo, jossa koneellinen poistoilmavaihto on toteutettu yhdellä pu- haltimella.<sup>58</sup> Poistoilma- ja maalämpöpumpun yhdistäminen on myös mahdollista,

<sup>57</sup> NIBE. NIBE reHEAT lämmön talteenotto.

<sup>58</sup> Kiinteistöliitto. 2017. Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrosta- loissa (PILP).

jolloin kerrostalon lämmitystarve voidaan kattaa kokonaan hyödyntämällä ylijäämälämpöä sekä ympäröivään maahan varastoitunutta lämpöenergiaa <sup>59</sup>.

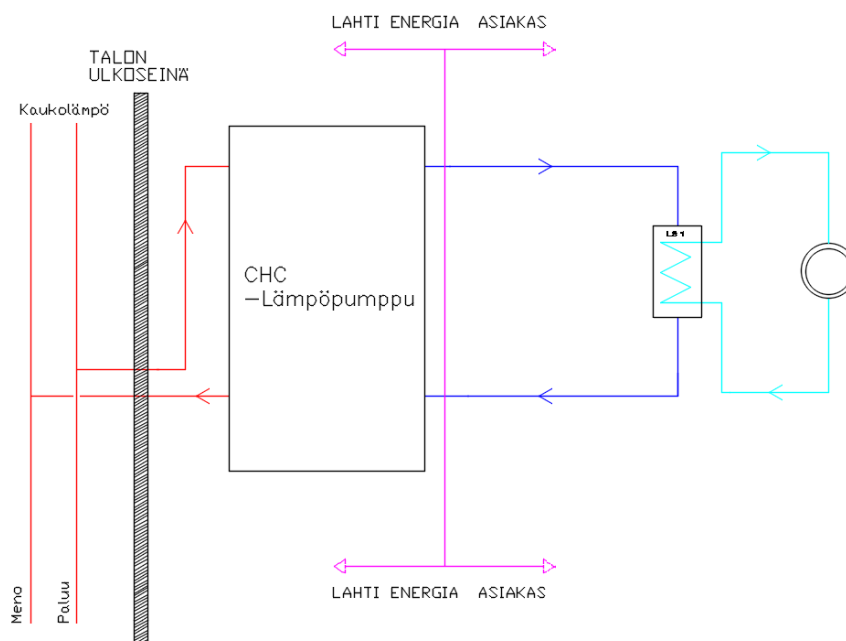
#### 4.7 CHC-lämpöpumppu

CHC (Combined Heating and Cooling) tarkoittaa yhdistettyä lämmön ja jäähdytyksen tuotantoa. CHC-lämpöpumppuratkaisulla pystytään siis tuottamaan sekä lämmitystä että jäähdytystä asiakkaan tarpeiden mukaan. Kuvassa 8 on havainnollistettu CHC-lämpöpumpun kytkentä Lahti Energian kaukolämpöverkkoon, sekä kiinteistökohtaiseen jäähdytysverkkoon lämmönvaihtimien välityksellä. Lämpöpumpun vasemmalla puolella on esitetty kaukolämpöverkko, ja oikealla puolella asiakkaan jäähdytysverkko. Kuvan tapauksessa asiakkaan kiinteistöä jäähdytetään CHC-lämpöpumpun avulla, ja jäähdytyksen sivutuotteena syntyvä lauhde-energia voidaan siirtää hyödynnettäväksi kaukolämpöverkossa. CHC-lämpöpumppuja käytetään esimerkiksi suurten kiinteistöjen jäähdytyksessä, sekä prosessijäähdytykseen tai -lämmitykseen teollisuuskohteissa <sup>60</sup>.

---

<sup>59</sup> Sulpu. Poistoilmalämpöpumppu.

<sup>60</sup> Oilon. Teollisuuslämpöpumput.



**Kuva 8** CHC-lämpöpumpun kytkentäkaavio <sup>61</sup>.

CHC-ratkaisusta on hyötyä sekä kaukolämpöyhtiölle että sen asiakkaalle. CHC-lämpöpumpulla haetaan ratkaisua asiakkaan ongelmaan, esimerkiksi tarjoamalla jäähdytystä sitä tarvitsevalle kiinteistö- tai teollisuuskohteelle. Jäähdytyksen sivutuotteenä syntyvä lauhde-energia on ylijäämälämpöä, joka kannattaa ensisijaisesti hyödyntää asiakkaan omiin käyttötarpeisiin. Jos ylijäämälämmölle ei löydy asiakkaalla käyttöä, se voidaan myydä kaukolämpöyhtiölle ja syöttää kaukolämpöverkoon CHC-lämpöpumpun avulla. Tilanteessa, jossa CHC-lämpöpumpun omistaa kaukolämpöyhtiö, on jäähdytyksen toteuttaminen erillISRatkaisuun verrattuna asiakkaan näkökulmasta vaivattomampi ja sisältää vähemmän riskejä. Tällöin CHC-lämpöpumpun huollosta ja kunnossapidosta vastaa kaukolämpöyhtiö, kun taas jäähdytyksen erillISRatkaisua toteutettaessa nämä jäävät yleensä asiakkaan vastuulle.<sup>62</sup>

<sup>61</sup> Lehtinen. 2022. Kytkentäkaavio alle 300 kW kohteille.

<sup>62</sup> Väisänen. 2022.



Kaukolämpöyhtiölle CHC-ratkaisu on hyödyksi, sillä sen avulla saadaan ylijäämälämpöä talteen kaukolämpöverkkoon, jolloin se voidaan hyödyntää toisaalla verkossa. Ylijäämälämpöä hyödyntämällä voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden, kuten maakaasun käyttöä, joka pienentää lämmöntuotannon päästöjä. Ylijäämälämpöjen hyödyntäminen CHC-lämpöpumpulla on yksi vaihtoehto polttamiseen perustuvan tuotannon korvaamisessa. Näin ollen kaukolämpöyhtiön tuotannon repertuaari laajenee, eli vaihtoehtoja kaukolämmön tuottamiseen on aiempaa enemmän. Lisäksi on kaukolämpöyhtiölle, sen asiakkaalle ja myös ympäristölle eduksi, että ylijäämälämpö käytetään hyödyksi sen sijaan, että se lauhdutettaisiin kiinteistöistä ulkoilmaan.<sup>63</sup>

---

<sup>63</sup> Väisänen. 2022.

## **5 SELVITYS LAHTI ENERGIAN KAUKOLÄMPÖVERKON ALUEEN YLIJÄÄMÄLÄMPÖKOhteista**

Opinnäytetyön tarkoitus oli toteuttaa selvitys potentiaalisista ylijäämälämpökohteista Lahti Energian kaukolämpöverkon alueella. Tarkastelun pääpaino oli sellaisten ylijäämälämpökohteiden selvittämisessä, joissa ylijäämälämpöä syntyisi ympärivuotisesti. Tästä syystä esimerkiksi taloyhtiöt jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä niiden ylijäämälämpöä on pääosin tarjolla lämmityskauden ulkopuolella. Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyöhön liittyvän selvityksen lähtökohtia, sekä sen kohderyhmää. Luvun lopussa esitellään selvityksenä toimivan asiakaskyselyn toteutusta.

### **5.1 Kohderyhmän tarkastelu**

Ylijäämälämpökohteita päädyttiin selvittämään Lahti Energian asiakkaina olevien yritysten ja julkisen sektorin toimijoiden joukosta. Selvityksen kohderyhmä koostui sellaisista alueen toimijoista, joilla arvioitiin olevan kiinteistöissään tarvetta jäähdytykselle, sekä mahdollisesti syntyvän ylijäämälämpöä vuoden ympäri. Tämä kohderyhmän rajausta tehtiin Lahti Energian toimesta.

Kohderyhmän muodosti 54 alueen toimijaa, joiden yhteystietoja etsittiin asiakastietojärjestelmän avulla. Kysely pyrittiin kohdentamaan yhtiön kiinteistöasioista vastaavalle henkilölle. Kaikkia yhteystietoja ei saatu selville, tai ne eivät olleet ajan tasalla asiakastietojärjestelmässä. Lopulta kysely päädyttiin lähettämään 39:lle Lahti Energian asiakkaana olevalle yhtiölle, joilla on kiinteistöjä kaukolämpöverkon alueella eli Lahdessa, Hollolassa tai Asikkalassa.

### **5.2 Asiakaskysely**

Asiakaskysely toteutettiin Microsoft Forms -nettilomakkeen avulla, johon vastaus tapahtui sähköpostilla lähetettävän linkin kautta. Vastaanottajia pyydettiin lähettämään linkki edelleen, mikäli toinen henkilö yhtiössä olisi sopivampi vastaa-

maan kyselyyn. Tämä saatekirje on nähtävillä opinnäytetyön liitteenä 1. Vastausaikaa annettiin kolme viikkoa, ja tuona aikana asiakkaille lähetettiin kaksi aktiivisesti vastausten saamisen edistämiseksi.

Kyselylomakkeen laatimisessa tavoiteltiin yksinkertaisia ja selkeitä kysymyksiä, joihin vastaaminen ei veisi asiakkaalta liian pitkää aikaa. Kysely koostui monivalintakysymyksistä, sekä tarkentavista avoimista kysymyksistä, jotka käsittelivät kiinteistöjen jäähdytystä, ja mahdollisen ylijäämälämmön hyödyntämistä. Selvitys kiinteistöjen jäähdytystarpeesta sekä jo toteutetuista ja suunnitteilla olevista jäähdytysratkaisuista olivat merkittävä osa asiakaskyselyä. Nämä jäähdytysratkaisut lauhduttavat ylimääräisen lämmön pois rakennuksesta yleensä ilmaan. Kyselyllä haluttiin selvittää myös sellaisia kohteita, joissa olisi potentiaalia jäähdytyksen lauhde-energian hyödyntämiseen kaukolämpöverkossa, esimerkiksi kappaleessa 4.7 esitellyn CHC-lämpöpumpun avulla. Kokonaisuudessaan kyselylomake on nähtävillä opinnäytetyön liitteenä 2.

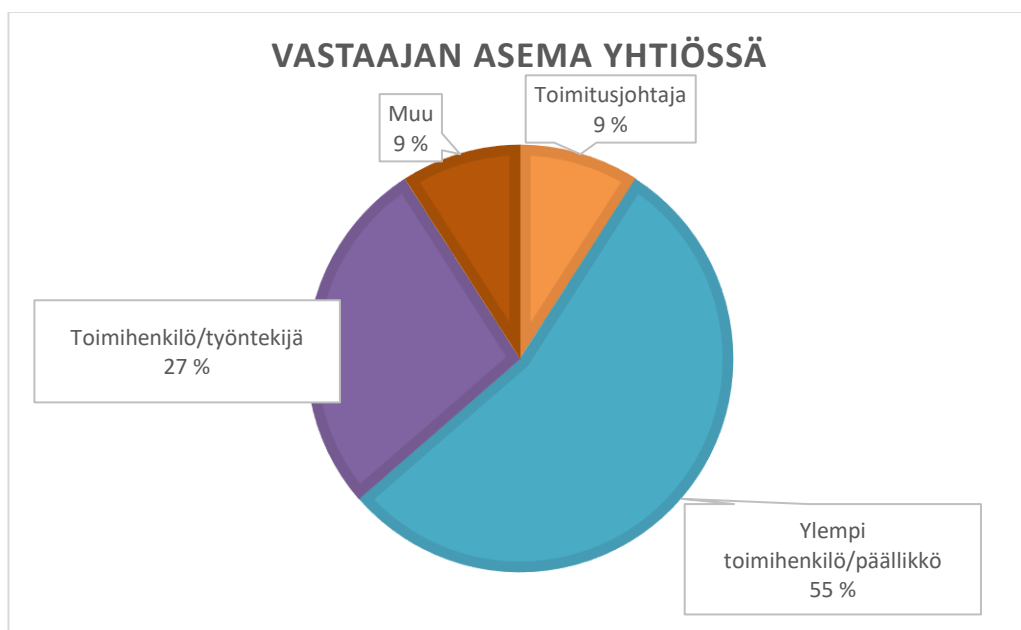
## 6 TULOKSET

Tässä luvussa käsitellään asiakaskyselyn tuloksia, ja analysoidaan vastauksia nostaan esiin opinnäytetyön kannalta oleelliset huomiot. Vastaukset esitellään opinnäytetyössä anonyymisti, eikä vastaajien tai yhtiöiden nimiä tuoda julki. Tarkastelu aloitetaan vastaajien lähtötiedoista, jonka jälkeen käsitellään yhtiöissä jo toteutettuja sekä suunnitteilla olevia jäähdytysratkaisuja. Lopuksi tarkastellaan vastauksia kiinteistöjen ylijäämälämmön osalta.

### 6.1 Vastaajien lähtötiedot

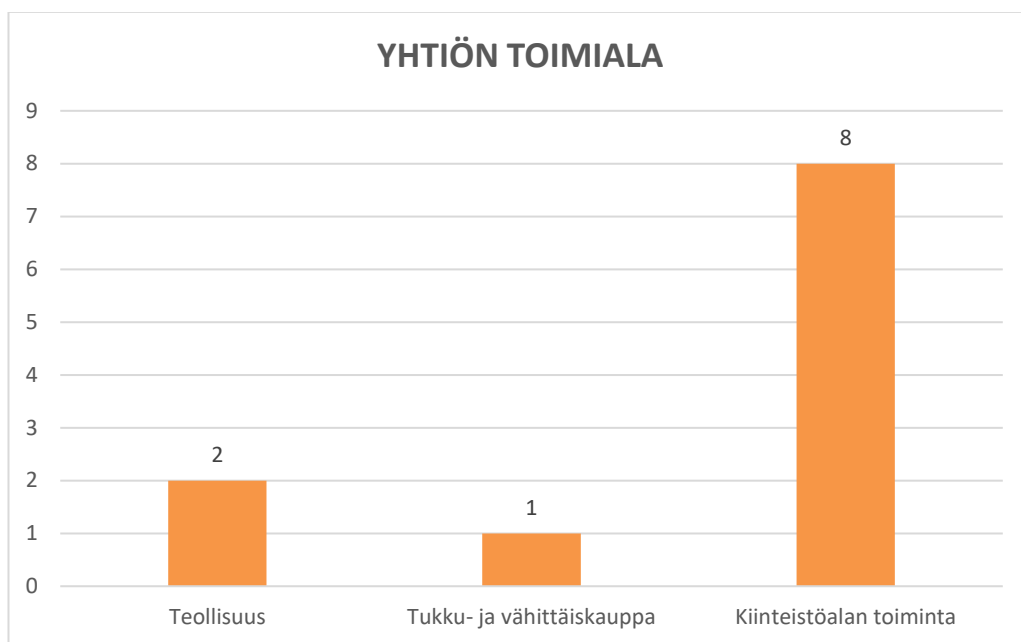
Kiinteistöjen jäähdytystä ja ylijäämälämmön hyödyntämistä käsittelevään kyselyyn tuli 11 vastausta, ja näin ollen vastausprosentti oli 28,2 %. Kaikki vastaajat edustivat eri yhtiöitä.

Kuvassa 9 on nähtävillä kyselyyn vastanneiden henkilöiden asema kyseisessä yhtiössä. Vastaajista 55 % eli hieman yli puolet työskentelee ylempänä toimihenkilönä tai päällikkönä. Toiseksi suurin vastaajaryhmä koostui toimihenkilönä tai työntekijänä työskentelevistä henkilöistä, ja heidän osuutensa oli 27 %.



**Kuva 9** Kyselyyn vastanneiden asema edustamassaan yhtiössä.

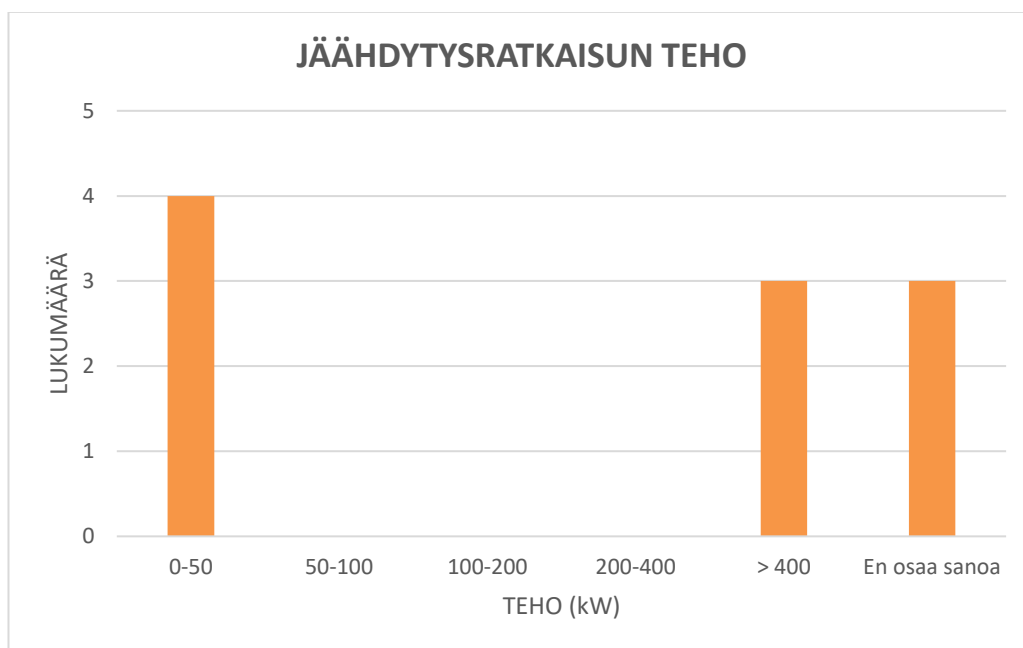
Kyselyyn vastanneiden henkilöiden edustamat yhtiöt olivat pääasiassa kolmelta eri toimialalta. Suurin osa vastanneista yhtiöistä toimii kiinteistöalalla. Lisäksi vastauksia tuli teollisuusalan sekä tukku- ja vähittäiskaupan alan yhtiöiltä. Kuvassa 10 on esitetty vastaajien lukumäärä toimialojen mukaan pylväsdiagrammilla.



**Kuva 10** Yhtiöiden jaottelu toimialojen mukaan.

## 6.2 Toteutetut jäähdytysratkaisut

Kyselyyn vastanneista yhtiöistä lähes kaikki (91 %) olivat jo toteuttaneet jäähdytysratkaisuja yhtiön kiinteistöissä. Näiden jäähdytystehot kilowatteina on esitetty kuvassa 11. Toteutetut jäähdytysratkaisut olivat jäähdytysteholtaan joko välillä 0–50 kW tai yli 400 kW, eli teholtaan pienimmät ja suurimmat ratkaisut olivat edustettuina kyselyyn tulleissa vastauksissa. Kaikilla vastaajilla toteutettujen jäähdytysratkaisujen tehot eivät olleet tiedossa. Keskeistä oli kuitenkin saada selville, että jäähdytysratkaisuja on toteutettu, ja näin ollen jäähdytykselle on tarvetta eri toimialojen yhtiöissä.



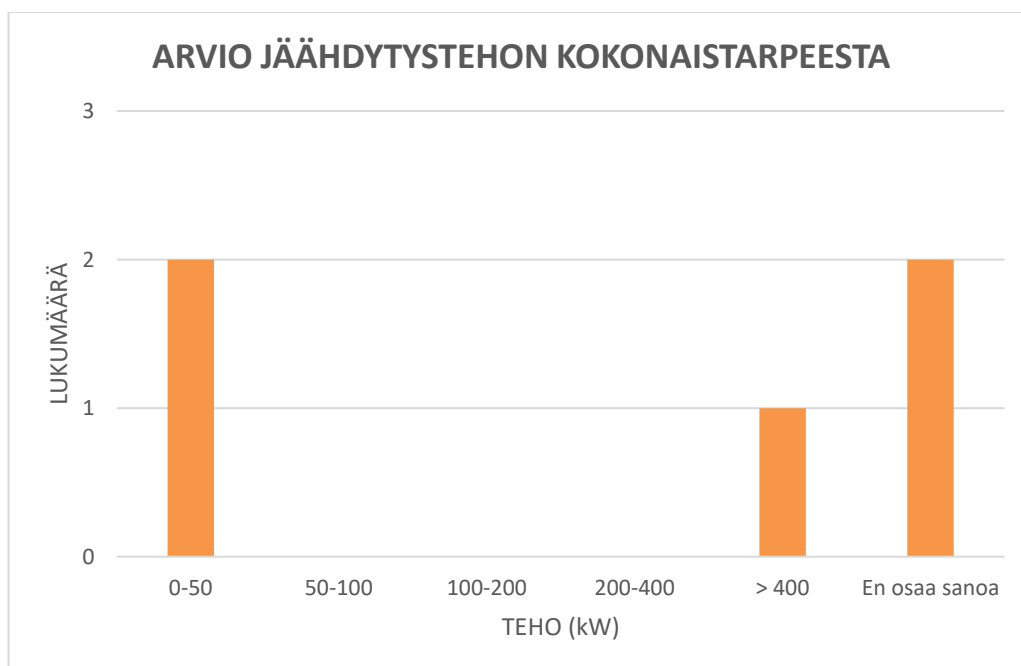
**Kuva 11** Toteutettujen jäähdytysratkaisujen teho kilowatteina.

Kyselyssä tiedusteltiin, millaisia jäähdytysratkaisuja yhtiöissä oli jo toteutettu. Sisätilojen jäähdytykseen oli käytetty lähes kaikissa yhtiöissä ilmalämpöpumppua, jäähdytyksen erillislaitteita tai koneellisen ilmanvaihdon tehostamista. Edellä mainituilla jäähdytysratkaisuilla tavoitellaan pääsääntöisesti viileiden sisätilojen tuomaa mukavuutta esimerkiksi kesäaikaan. Johtuen kyselyn vastausvaihtoehtojen asteikosta, 0–50 kW välille mahtuu hyvin erilaisia ja eri tarpeisiin toteutettuja jäähdytysratkaisuja. Esimerkiksi ilmalämpöpumput edustavat asteikon alkupäätä, kun taas teholtaan lähempänä 50 kW olevalla jäähdytysratkaisulla on luultavasti muutakin käyttöä, kuin kesäaikainen viilennys.

Yli 400 kilowatin jäähdytysratkaisuja oli toteutettu kolmessa yhtiössä. Tällaisia suuren jäähdytystehon omaavia ratkaisuja voidaan tarvita, esimerkiksi prosessijäähdytyksessä tai suurta kiinteistöä jäähdytettäessä. Kaksi kyselyyn vastanneista yhtiöistä oli toteuttanut yli 400 kilowatin jäähdytysratkaisuja kiinteistöjäähdytykseen muun muassa liuoslauhdutteisilla vedenjäähdytyskoneikoilla sekä suuren jäähdytystehon omaavilla jäähdytyskoneilla. Yhdellä vastaajista kaupan kylmälaitteiden kylmäntuotanto loi tarpeen yli 400 kilowatin jäähdytysteholle.

### 6.3 Suunnitteilla olevat jäähdytysratkaisut

Vastanneista yhtiöistä 45 % oli suunnitellut jäähdytysratkaisujen toteuttamista tai niiden laajentamista. Arviot suunnitteilla olevien jäähdytysratkaisujen tehoista on esitetty kuvassa 12. Tehoarviot jakautuivat hyvin samankaltaisesti, kuin jo toteutettuja jäähdytysratkaisuja käsiteltäessä, eli arviot asettuivat joko välille 0–50 kW tai olivat yli 400 kW. Kun tarkastellaan suunnitteilla olevia, mahdollisesti tulevaisuudessa toteutettavia jäähdytysratkaisuja, eivät toteutuksen tuotantotavat tai tehoarviot ole välttämättä tiedossa. Tämä nousi esiin myös kyselyyn tulleista vastauksista. Oleellista oli kuitenkin saada selville, että jäähdytysratkaisuja tai niiden laajentamista oli suunniteltu kyseisissä yhtiöissä.



**Kuva 12** Jäähdytystehon arvio kilowatteina.

Kyselyssä tiedusteltiin, millaisiin tarpeisiin uusia jäähdytysratkaisuja oli suunniteltu, sekä millä tuotantotavalla jäähdytys oli ajateltu toteutettavaksi. Yleisin tarve uusille jäähdytysratkaisuille oli sisätilojen viilentäminen, esimerkiksi asunnoissa, toimisto- ja keittiötiloissa sekä päiväkodeissa. Jäähdytystä oli suunniteltu toteutettavaksi tehostamalla nykyisiä järjestelmiä tai hankkimalla lisäviilennyskapasiteet-



tia, esimerkiksi tuloilmapuhaltimen tai lämpöpumpun avulla. Näiden jäähdytysratkaisujen tehoarviot sijoittuvat välille 0–50 kW. Yhdellä vastanneista yhtiöistä suunnitteilla oleva jäähdytysratkaisu liittyi kauppojen lisääntyvään kylmäntuotannon tarpeeseen, ja sen tehoarvio oli yli 400 kW. Kaupan kylmälaitteet tarvitsevat kylmäntuotantoa ympäri vuoden, ja tällaiselta jäähdytysratkaisulta vaaditaan suurta jäähdytystehoa.

#### **6.4 Kiinteistöjen ylijäämälämpö**

Vastaajista 64 % vastasi yhtiön kiinteistössä syntyvän ylijäämälämpöä (kuva 13). Kiinteistöalalla toimivien yhtiöiden yleisin ylijäämälämmön lähde oli rakennusten poistoilma. Rakennusta on itsessään lämmitetty, ja sen lisäksi rakennuksen sisällä olevat ihmiset, laitteet ja esimerkiksi valaistus lämmittävät sisäilmaa entisestään. Tämä poistoilma sisältää hyödynnettävissä olevaa lämpöenergiaa. Yhdessä kiinteistöalan yhtiössä vastattiin ylijäämälämpöä syntyvän poistoilman lisäksi kiinteistöjen jätevesistä, jolla tarkoitetaan viemäriin valuvaa lämmintä käyttövettä. Lisäksi aiemmissa kappaleissa mainittu asiakas, jonka jäähdytystarve liittyi kaupan kylmäaltoiin, vastasi ylijäämälämpöä syntyvän näiden kylmäaltojen lauhdutuksesta. Teollisuusalan yhtiöillä ylijäämälämpöä syntyi pääasiassa tuotantotiloista ja -koneista.



**Kuva 13** Ylijäämälämmön syntyminen.

Kyselyssä tiedusteltiin, hyödynnetäänkö kiinteistössä syntyvää ylijäämälämpöä jo johonkin. Seitsemästä yhtiöstä kuusi vastasi, että ylijäämälämpö oli otettu hyötykäyttöön. Kahdessa yhtiössä hyödynnettiin poistoilman sisältämää lämpöä lämmöntalteenottolaitteilla. Lisäksi syntynyttä ylijäämälämpöä oli hyödynnetty yhdessä yhtiössä pysäköintihallin lämmittämiseen, ja toisessa kattamaan osan tuotantotilojen lämmitystarpeesta. Aiemmin mainittua kiinteistön jäteveden sisältämää lämpöä ei kyseisessä yhtiössä hyödynnetty. Kaikki vastaajat eivät yksilöineet tarkemmin, miten ylijäämälämpöä heidän yhtiössään hyödynnetään.

Kyselyssä selvitettiin myös, mihin vuodenaikaan tätä ylijäämälämpöä yhtiöiden kiinteistöissä syntyy. Vastaajista viidellä ylijäämälämpöä syntyi ympäri vuoden, ja juuri tällaisia kohteita kyselyllä haluttiinkin löytää. Jos seitsemästä yhtiöstä viidellä syntyy ylijäämälämpöä ympäri vuoden, voidaan tätä osuutta pitää merkittävänä ja suuntaa antavana sille, että potentiaalisia kohteita on Lahti Energian kaukolämpöverkon alueella mahdollisesti enemmänkin.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEISIIN

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko Lahti Energian kaukolämpöverkon alueella potentiaalisia ylijäämälämpökohteita. Tässä luvussa tarkastellaan asiakaskyselyn toteutumista, tulosten merkitystä ja käydään läpi suosituksia jatkoa ajatellen. Lisäksi käsitellään johtopäätöksiä sekä tulosten pohjalta että opinnäytetyön aiheesta yleisesti.

### 7.1 Asiakkaiden jäähdytysratkaisut

Lahti Energian kaukolämpöverkon alueen ylijäämälämpökohteiden selvittämiseksi luotu asiakaskysely lähetettiin 39:lle yritykselle ja julkisen sektorin toimijalle, joilla arvioitiin olevan tarvetta jäähdytysratkaisuille, sekä mahdollisesti syntyvän ylijäämälämpöä ympäri vuoden. Vastaanottajista 11 vastasi kyselyyn, ja näin ollen vastausprosentti jäi alhaiseksi. Syynä alhaiselle vastausprosentille voi olla esimerkiksi se, että kysely on koettu liian työlääksi täyttää, tai kyselyllä ei ole tavoitettu oikeaa henkilöä. Tämän seurauksena selvityksen antama kuva alueen ylijäämälämpöpotentiaalista on suppea, mutta sitä voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavana.

Jäähdytysratkaisuihin liittyen yleisimpiä olivat teholtaan pienet, yksittäisten tilojen jäähdyttämiseen tarkoitetut laitteet, kuten ilmalämpöpumput, mutta myös muutamia suuremman jäähdytystehon omaavia ratkaisuja oli toteutettu tai suunniteltu toteutettavaksi. Lisäksi ylijäämälämpöä syntyi useammassa yhtiössä vuoden ympäri. Tällaisia kohteita, joista löytyy potentiaalia ylijäämälämmön hyödyntämiseen, olisi syytä lähestyä matalalla kynnyksellä. Nämä asiakaskyselyyn tulleet vastaukset on välitetty Lahti Energialle jatkotoimenpiteitä varten. Myös CHC-lämpöpumpulle potentiaalisten kohteiden tarkempi selvitys jää vielä tehtäväksi tulevaisuudessa.

Vaikka kyselyn vastausprosentti jäi alhaiseksi, käy vastauksista kuitenkin ilmi, että jäähdytykselle on tarvetta eri toimialojen yhtiöissä. Jatkoa ajatellen asiakkaiden tietoisuutta jäähdytyksen lauhde-energian hyödyntämisestä, sekä sen tuomista

eduista olisi syytä lisätä. Yhtiöille kiinteistöjen lämmittäminen tuo kuluja, joten olisi sekä kustannustehokkuuden että kiinteistön energiatehokkuuden kannalta järkevää hyödyntää mahdollinen ylijäämälämpö sen sijaan, että se lauhdutettaisiin kiinteistöstä ulkoilmaan. Tätä voisi tuoda esiin esimerkiksi asiakaskäytien yhteydessä. Markkinoinnin avulla olisi hyvä lisätä tietoisuutta siitä, että tarjolla on perinteisten lämmityspalveluiden lisäksi myös jäähdytyspalveluita.

Lopputuloksena voidaan todeta, että kaikki vastanneet yhtiöt olivat toteuttaneet tai suunnitelleet toteuttavansa jäähdytysratkaisuja yhtiön kiinteistöissä. Oleellista oli saada selville, että kiinteistöjen jäähdytykselle on kysyntää, ja ylijäämälämpöä syntyy useammassa alueen yhtiössä. Energiatehokkuuden merkityksen korostuksessa, ja ilmaston lämmitessä jäähdytysratkaisuille on tarvetta lisääntyvissä määrin. Näiden jäähdytysratkaisujen lauhde-energian hyödyntämisessä on Lahti Energian kaukolämpöverkon alueella potentiaalia, jonka hyödyntämistä kannattaa ehdottomasti selvittää vielä tarkemmin.

## **7.2 Ylijäämälämmön hyödyntämispotentiaali**

Ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämmön energialähteenä on yleistynyt huomattavasti viime vuosien aikana. Monessa kaukolämpöyhtiössä kartoitetaan mahdollisuutta entistä matalalämpöisempien ylijäämälämmönlähteiden hyödyntämiseen kaukolämpöverkossa. Ylijäämälämpöä hyödyntämällä lisätään polttamiseen perustumatonta lämmöntuotantoa, korvataan fossiilisten polttoaineiden käyttöä sekä parannetaan kaukolämmityksen kustannustehokkuutta.

Asiakkaalla syntynyt ylijäämälämpö kannattaa ensisijaisesti hyödyntää kohteessa itsessään, mutta se voidaan myös siirtää kaukolämpöverkossa alueen muiden toimijoiden käytettäväksi. Kaukolämpöverkon toimintalämpötiloja laskemalla helpotetaan ylijäämälämmön hyödyntämistä, ja verkon kaksisuuntaisuuden toteuttamista. Kaukolämpöverkossa ylijäämälämmön hyödyntämisen kannalta merkittävintä on CHC-lämpöpumppu, jonka avulla kiinteistön jäähdytyksen sivutuotteena

syntyvä lauhde-energia voidaan käyttää hyödyksi. Tällaisesta CHC-ratkaisusta on hyötyä sekä asiakkaalle että kaukolämpöyhtiölle.

Opinnäytetyön lopuksi voidaan todeta, että aiheena ylijäämälämmön hyödyntäminen on hyvin ajankohtainen. Venäjän helmikuussa 2022 tekemä hyökkäys Ukrainaan on nostanut entisestään keskusteluun energiaomavaraisuuden, sekä riippuvuuden Venäjältä tuotavista polttoaineista. Tämän seurauksena ylijäämälämmön hyödyntämisen merkitys päästöjen vähentämisen lisäksi myös Suomen energiaomavaraisuuden lisäämisessä tulee todennäköisesti lähitulevaisuudessa korostumaan entisestään.

## LÄHTEET

Chiasson, A. 2016. Geothermal Heat Pump and Heat Engine Systems: Theory and Practice. John Wiley & Sons, Ltd.

Eduskunta. 2021. Hallituksen esitys HE212/2021 vp. Hallituksen esitys energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamiseksi. Viitattu 3.3.2022. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_212+2021.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_212+2021.aspx).

Energiateollisuus ry. 2021. Julkaisu K1/2021. Rakennusten kaukolämmitys. Viitattu 7.1.2022. [https://energia.fi/files/6412/Julkaistu\\_K1\\_2021\\_Rakennusten\\_kaukolammitus\\_Maaraykset\\_ja\\_ohjeet\\_%28pdf%29.pdf](https://energia.fi/files/6412/Julkaistu_K1_2021_Rakennusten_kaukolammitus_Maaraykset_ja_ohjeet_%28pdf%29.pdf).

Energiateollisuus ry. 2022a. Kaukolämpötilasto 2020, taulukot (XLSX). Taulukko 8. Viitattu 16.2.2022. <https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolampotilasto.html#material-view>.

Energiateollisuus ry. 2022b. Energiavuosi 2021 Kaukolämpö. Viitattu 9.2.2022. [https://energia.fi/files/5650/Kaukolampovuosi\\_2021\\_v1.4\\_FINAL.pdf](https://energia.fi/files/5650/Kaukolampovuosi_2021_v1.4_FINAL.pdf).

Energiateollisuus ry. Kaukolämpöverkot. Viitattu 4.11.2021. <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>.

Fortum. 2022. Avoin kaukolämpö. Mitä on hukkalämpö? Viitattu 10.1.2022. <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoiille/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/avoin-kaukolampo?vtab=accordion-item-41856>.

Gebwell. 2022a. Maalämpö. Viitattu 3.3.2022. <https://gebwell.fi/maalampo/>.

Gebwell. 2022b. Mitä maalämpö maksaa? Viitattu 9.2.2022. <https://gebwell.fi/maalampo/mita-maalampo-maksaa/>.

Gebwell. 2022c. Maalämpöpumppu vai ilmalämpöpumppu? – Lämpöpumpun valinta riippuu käyttötarkoituksesta. Viitattu 9.2.2022. <https://gebwell.fi/ajankoh-taista/maalampopumppu-vai-ilmalampopumppu-lampopumpun-valinta-riippuu-kayttotarkoituksesta/>.

IEA. 2021. District Heating. Viitattu 14.2.2022. <https://www.iea.org/reports/district-heating>.

Jodeiri, A.M. Goldsworthy, M.J. Buffa, S. Cozzini, M. 2022. Role of sustainable heat sources in transition towards fourth generation district heating- A review. Viitattu 14.2.2022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112156>.

Kiinteistöliitto. 2017. Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostaloissa (PILP). Viitattu 25.1.2022. <https://www.kiinteistoliitto.fi/media/2342/pilp-ohje.pdf>.

Koskelainen, L. Saarela, R. Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Energiateollisuus ry. Helsinki. Libris Oy.

L 416/2019. Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä. Finlex. Viitattu 14.3.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190416>.

Lahti Energia. 2021a. Sisäinen lähde. Kymijärvi II -kaasutusvoimalaitos. Viitattu 21.12.2021.

Lahti Energia. 2021b. Sisäinen lähde. Kymijärvi III -biolämpölaite. Viitattu 21.12.2021.

Lahti Energia. 2021c. Sisäinen lähde. Kymijärven voimalaitokset. Viitattu 3.3.2022.

Lahti Energia. 2021d. Lahti Energian ja Lahti Aquan kiertotaloushanke: Puhdistetun jäteveden lämpö hyötykäyttöön. Viitattu 23.12.2021. <https://www.lahtienergia.fi/ajankohtaista/lahti-energian-ja-lahti-aquan-kiertotaloushanke-puhdistetun-jateveden-lampo-hyotykayttoon/>.

Lahti Energia. Historia. Viitattu 4.12.2021. <https://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/tarinamme/>.

Lahti Energia. Yritysesittely. Viitattu 4.12.2021. <https://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/yritysesittely/>.

Lehtinen, K. 2022. Kytkenäkaavio alle 300 kW kohteille. Lahti Energia. Sisäinen lähde. Viitattu 17.3.2022.

Mäkelä, V-m & Tuunanen, J. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Oppimateriaali. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.2.2022. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf>.

Motiva. 2018. Lämpöpumppujen hankintaopas - kunnat ja taloyhtiöt. Viitattu 4.1.2022. [https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen\\_hankinta-opas\\_kunnat\\_ja\\_taloyhtiot.pdf](https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankinta-opas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf).

Motiva. 2019. Esiselvitys: Ylijäämälämmön potentiaali teollisuudessa. Viitattu 10.1.2022. [https://www.motiva.fi/files/16214/Esiselvitys - Ylijaamalammon potentiaali teollisuudessa.pdf](https://www.motiva.fi/files/16214/Esiselvitys_-_Ylijaamalammon_potentiaali_teollisuudessa.pdf).

Motiva. 2020. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslahteenä. Viitattu 12.1.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumputeknologiati/ilmalampopumppu\\_tukilammityslahteenä](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumputeknologiati/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä).

Motiva. 2021a. Maalämpöpumppu. Viitattu 13.1.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu).

Motiva. 2021b. Ilma-vesilämpöpumppu. Viitattu 12.1.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu).

Motiva. 2021c. Poistoilmalämpöpumppu. Viitattu 14.1.2022. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu).

NIBE. NIBE reHEAT lämmön talteenotto. Viitattu 8.3.2022. <https://www.nibe.eu/fi/fi/tuotteet/kiinteistolampopumput/nibe-reheat>.

Oilon. Teollisuuslämpöpumput. Viitattu 16.3.2022. <https://oilon.com/fi/tuotteet/teollisuuslampopumput/>.

Perälä, O & Perälä, R. 2013. Lämpöpumput. Kolmas uudistettu painos. Espoo. Alfamer/Karisto Oy.

Pöyry Management Consulting Oy. 2016. Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit. Energiateollisuus ry; Sitra. Viitattu 3.1.2022. [https://media.sitra.fi/2017/02/27175247/Kaksisuuntaisen\\_kaukolammon\\_liiketoimintamallit-2.pdf](https://media.sitra.fi/2017/02/27175247/Kaksisuuntaisen_kaukolammon_liiketoimintamallit-2.pdf).

Rämä, M & Klobut, K. 2020. Hukkalämpö kaukolämpöjärjestelmissä. VTT. Viitattu 19.1.2022. [https://energia.fi/files/4831/Hukkalampo\\_kaukolampojarjestelmissa\\_-\\_maarittely\\_ja\\_luokittelu\\_VTT\\_2020.pdf](https://energia.fi/files/4831/Hukkalampo_kaukolampojarjestelmissa_-_maarittely_ja_luokittelu_VTT_2020.pdf).

Rämä, M & Sipilä, K. 2017. Transition to low temperature distribution in existing systems. Viitattu 16.2.2022. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.055>.

Rosen, M & Koohi-Fayegh, S. 2017. Geothermal Energy: Sustainable Heating and Cooling Using the Ground. John Wiley & Sons, Ltd.

Saastamoinen, H & Paiho, S. 2018. Prospects for absorption chillers in Finnish energy systems. Viitattu 22.3.2022. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.194>.

Scanoffice. Kuvapankki. Ilmalämpöpumput. Viitattu 3.3.2022. <https://www.scanoffice.fi/kuvapankki/ilmalampopumput/>.

Scanoffice. Miten ilmalämpöpumppu toimii? Viitattu 18.1.2022. <https://www.scanoffice.fi/tuoteryhma/ilmalampopumput/opas/mika-on-ilmalampopumppu/miten-ilmalampopumppu-toimii/>.



Sirola, V-P & Tiitinen, M. 2018. Tekniset toimintaohjeet verkkoon liittämistä. Hukkalämpöjen hyödyntäminen kaukolämpöjärjestelmässä. Energiateollisuus. Viitattu 2.2.2022. [https://energia.fi/files/3127/Hukkalammot\\_kaukolampoverkkoon\\_tekniset\\_ohjeet\\_20181016.pdf](https://energia.fi/files/3127/Hukkalammot_kaukolampoverkkoon_tekniset_ohjeet_20181016.pdf).

Sulpu. Ilma-vesilämpöpumppu. Viitattu 31.1.2022. <https://www.sulpu.fi/lampopumput/ilma-vesilampopumput/>.

Sulpu. Maalämpöpumppu. Viitattu 28.1.2022. <https://www.sulpu.fi/lampopumput/maalampopumput/>.

Sulpu. Poistoilmalämpöpumppu (PILP). Viitattu 18.1.2022. <https://www.sulpu.fi/lampopumput/poistoilmalampopumput/>.

Tiitinen, M. 2020. Hukkalämpöjen hyödyntäminen. Toiminta kaukolämpöyrityksissä. Energiateollisuus ry. Viitattu 10.1.2022. [https://energia.fi/files/5369/Hukkalampokyselyn\\_Yhteenvedo\\_20202910.pdf](https://energia.fi/files/5369/Hukkalampokyselyn_Yhteenvedo_20202910.pdf).

Väisänen, M. 2018. Tehojoustopotentiaali hajautetulla tuotannolla kaukolämpöverkossa. Viitattu 14.3.2022. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201810032858.pdf>.

Väisänen, M. 2022. Projekti-insinööri. Lahti Energia. Haastattelu 22.2.2022.

Werner, S. 2017. International review of district heating and cooling. Viitattu 16.2.2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.045>.

Ympäristöministeriö. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka. Viitattu 22.3.2022. <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka>.

## LIITTEET

### LIITE 1

Hei,

olen Henna Manninen ja kutsun teidät vastaamaan kyselyyn kiinteistöjen jäähdytyksestä sekä mahdollisten ylijäämälämpöjen hyödyntämisestä. Kysely on keskeinen osa opinnäytetyötäni, jonka teen Lahti Energian toimeksiannosta. Kyselyyn vastaaminen vie noin viisi minuuttia, ja sen tuloksia tullaan käsittelemään opinnäytetyössä anonymisti.

Toivon, että antaisitte vastauksenne perjantaihin 18. helmikuuta mennessä. Mikäli ette ole oikea ihminen vastaamaan kyselyyn, toivoisin teidän välittävän viestin eteenpäin.

Kyselyyn pääsette vastaamaan alla olevasta linkistä:

<https://forms.office.com/r/Ct6czRDbDA>

Lahti Energia toimittaa asiakkailleen huoletonta energiaa vastuullisesti. Asiakaskeskeisyys ja energiatehokkuus ovat eräitä toimintamme lähtökohtia. Mikäli olette kiinnostuneet hyödyntämään kiinteistöenne ylijäämälämpöä, ottakaa yhteyttä Lahti Energiaan, niin mietitään teille paras ratkaisu! (kaukolampo@lahtienergia.fi, p. 02917 02921)

Terveisin

Henna Manninen  
Energiatekniikan insinööriopiskelija (VAMK)

**Lahti Energia Oy** | Kauppakatu 31, 15140 Lahti  
[www.lahtienergia.fi](http://www.lahtienergia.fi)

Huoletonta energiaa vastuullisesti.

*Mikäli huomaatte vastaanottaneenne tämän viestin erehdyksessä, pahoittelemme virhettä ja pyydämme teitä poistamaan viestin. Otattehan välittömästi yhteyttä lähettäjään puhelimitse tai sähköpostitse ja kerrotte tapahtuneesta. Ettehan käytä erehdyksessä saamiinne tietoja tai paljasta viestin sisältöä kenellekään.*

## LIITE 2

## Jäähdytys ja ylijäämälämpö

Vastaathan kyselyyn sellaisten kiinteistöjen osalta, jotka sijaitsevat Lahden, Hollolan tai Asikkalan alueella.

1. Vastaajan nimi

2. Vastaajan sähköpostiosoite

3. Vastaajan asema yhtiössä

- Toimitusjohtaja
- Johtaja
- Ylempi toimihenkilö / päällikkö
- Toimihenkilö / työntekijä

Muu

4. Yhtiön toimiala

- Maatalous, metsätalous ja kalatalous
- Teollisuus
- Sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto
- Vesihuolto, viemäri- ja jätevesihuolto
- Rakentaminen
- Tukku- ja vähittäiskauppa
- Kuljetus ja varastointi
- Majoitus- ja ravitsemistoiminta
- Informaatio ja viestintä
- Rahoitus- ja vakuutus toiminta
- Kiinteistöalan toiminta
- Hallinto- ja tukipalvelutoiminta
- Koulutus
- Terveys- ja sosiaalipalvelut
- Taiteet, viihde ja virkistys

Muu

5. Onko yhtiössänne jo toteutettu jäähdytysratkaisuja?

- Kyllä  
 Ei

6. Millainen jäähdytysratkaisu on kyseessä?

7. Mikä jäähdytysratkaisun teho on (kW)?

- 0-50  
 50-100  
 100-200  
 200-400  
 > 400  
 En osaa sanoa

8. Milloin jäähdytystä tarvitaan? (Valitse kaikki sopivat)

- Toimistoaikana  
 Ympäri vuorokauden  
 Talvi (marras-maaliskuu)  
 Kevät (huhti-toukokuu)  
 Kesä (kesä-elokuu)  
 Syksy (syys-lokakuu)

9. Onko yhtiönne suunnitellut jäähdytysratkaisuja tai niiden laajentamista?

- Kyllä  
 Ei

10. Millaisiin tarpeisiin uusia jäähdytysratkaisuja on suunniteltu?

11. Arvio jäähdytystehon kokonaistarpeesta (kW)

- 0-50  
 50-100  
 100-200  
 200-400  
 > 400  
 En osaa sanoa

12. Millä tuotantotavalla jäähdytys on ajateltu toteutettavaksi?

13. Syntyykö yhtiön kiinteistöissä ylijäämä-/hukkalämpöä?

- Kyllä  
 Ei

14. Mistä ylimääräistä lämpöä tulee?

15. Hyödynnetäänkö tätä ylimääräistä lämpöä jo johonkin?

16. Mihin vuodenaikaan ylijäämä-/hukkalämpöä syntyy? (Valitse kaikki sopivat)

- Talvi (marras-maaliskuu)  
 Kevät (huhti-toukokuu)  
 Kesä (kesä-elokuu)  
 Syksy (syys-lokakuu)

17. Olisitko kiinnostunut keskustelemaan Lahti Energian asiantuntijan kanssa jäähdytysratkaisuista?

18. Tähän voit halutessasi jättää aiheeseen liittyviä kommentteja tai kysymyksiä.

Tämä ei ole Microsoftin luomaa tai suosittelemaa sisältöä. Lähettämäsi tiedot lähetetään lomakkeen omistajalle.

 Microsoft Forms