

Sakke Männikkö

# LÄMMITYKSEN JA JÄÄHDYTYKSEN HYBRIDIJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖKOKEMUSTUTKIMUS

Opinnäytetyö

AMK

Talotekniikka

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

|                 |   |
|-----------------|---|
| Tutkintonimike  | Insinööri   |
| Tekijä/Tekijät  | Sakke Männikkö  |
| Työn nimi       | Lämmityksen ja jäähdytyksen hybridijärjestelmien<br>käyttökokemustutkimus |
| Toimeksiantaja  | Granlund Häme Oy  |
| Vuosi           | 2021  |
| Sivut           | 28 sivua, liitteitä 10 sivua  |
| Työn ohjaaja(t) | Tero Lahikainen   |

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Granlund Häme Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää toimeksiantajan suunnitteleminen hybridilämmitys- ja hybridijäähdytysjärjestelmien toimivuutta. Hybridijärjestelmät ovat vielä suhteellisen uusi tapa toteuttaa kiinteistön lämmön- ja jäähdytyksentuotto, joten työn tavoitteeksi asetettiin kerätä valmistuneiden ja käyttöönotettujen järjestelmien lopputyöntekijiltä tietoa järjestelmien toimivuudesta.

Käyttäjätietoa kerättiin Webropol-palvelun avulla luodulla kyselyllä, joka lähetettiin viiden eri kiinteistön huoltohenkilölle sekä isännöitsijälle tai vastaavassa virassa toimivalle henkilölle. Kyselyn kysymykset olivat yksilöity riippuen vastaajan roolista kyseisen kiinteistön ylläpidossa. Isännöitsijän osuus kyselyssä keskittyi lämmitysjärjestelmän kannattavuuteen verrattuna perinteiseen järjestelmään. Huoltohenkilöille suunnatut kysymykset koskivat järjestelmän käyttöä, käyttämistä ja helppokäyttöisyyttä.

Työn tuloksena saatiin kyselyn vastausten perusteella kirjoitettu selvitys hybridijärjestelmien suunnittelun ja käytön kehityskohteista. Vastauksissa korostui, että järjestelmien ja teknisten tilojen tulisi olla mahdollisimman helppokäyttöisiä sekä suunnitelmien helposti tulkittavia.

Selvityksessä kävi ilmi, että suurimpia kehityskohteita ovat LVIA-suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden yhteistyön parantaminen sekä erityisesti huoltohenkilöiden puutteellinen tietämys järjestelmien toiminnasta. Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden yhteistyön parantamiseksi ehdotettiin, että työmaavaiheessa projektia pidetään suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kesken palaveri. Palaverissa käytäisiin läpi järjestelmän LVIA-suunnitelmat ja toiminta seikkaperäisesti läpi. Huoltohenkilöiden tietämyksen parantamiseksi hybridijärjestelmistä ehdotettiin koulutusta uudesta järjestelmästä, jonka LVIA-suunnittelijat ja -urakoitsijat toteuttaisivat yhteistyönä.

**Asiasanat:** lämmitys, jäähdytys, hybridijärjestelmä, kaukolämmitys, maalämmitys

|                  |   |
|------------------|---|
| Degree           | Bachelor of engineering   |
| Author (authors) | Sakke Männikkö  |
| Thesis title     | Research about the functionality of hybrid heating and hybrid cooling systems |
| Commissioned by  | Granlund Häme Oy  |
| Time             | 2021  |
| Pages            | 28 pages, 10 pages of appendices  |
| Supervisor       | Tero Lahikainen   |

## ABSTRACT

This thesis was assigned by Granlund Häme Oy. The goal of this thesis was to find out about the functionality of hybrid heating and hybrid cooling systems that have been designed by Granlund Häme. Hybrid systems are a relatively new way to execute the heating and cooling of a building. The research was conducted by gathering information from the users of this type of systems.

User data was gathered by means of a survey that was created using the Webropol application. The survey was sent to the maintenance person and property manager of five different real estates. The questions of the survey were specific according to the position in which the recipient is working in the real estate. The property manager's section included questions about the cost-effectiveness of a hybrid system compared to a traditional heating or cooling system. Questions that concerned the maintenance person of the real estate contained questions about the deployment, usage and user friendliness of the hybrid system.

As a result of this thesis, the following conclusions were drawn: The biggest places of improvement were the co-operation between the HVAC and Building automation designers and the contractors during the construction phase of the project. Another thing that emerged from the answers of the surveys was maintenance personnel's lack of knowledge of the new hybrid heating or cooling systems. As a solution to these problems the following was suggested: A meeting between the designers and contractors where the blueprints and functionality of the system is reviewed thoroughly. The other suggestion is training for the maintenance personnel considering the basic functionality of the new hybrid system.

**Keywords:** heating, cooling, hybrid system, district heating, geothermal heating

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....   | 6  |
| 2     | HYBRIDIJÄRJESTELMÄT .....                                | 7  |
| 2.1   | Lämmitys .....   | 7  |
| 2.2   | Jäähdytys .....  | 8  |
| 3     | LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT .....                               | 8  |
| 3.1   | Maalämpö .....   | 8  |
| 3.1.1 | Energiakaivo .....                                       | 9  |
| 3.1.2 | Keruujärjestelmä maaperässä .....                        | 10 |
| 3.1.3 | Keruujärjestelmä vesistöissä .....                       | 11 |
| 3.1.4 | Maalämpöpumppu .....                                     | 11 |
| 3.2   | Kaukolämpö .....   | 12 |
| 3.2.1 | Lämmön tuotanto CHP-voimalaitoksissa .....               | 12 |
| 3.2.2 | Kaukolämpöverkosto .....                                 | 13 |
| 3.2.3 | Asiakaslaitteet .....                                    | 13 |
| 3.2.4 | Lämmönsiirtimet .....                                    | 15 |
| 3.2.5 | Säätölaitteet .....                                      | 16 |
| 4     | JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT .....                              | 17 |
| 4.1   | Kompressorijäähdytys .....                               | 17 |
| 4.2   | Vapaajäähdytys .....                                     | 18 |
| 5     | KYSELY .....   | 19 |
| 6     | ESIMERKKIKOhteet .....                                   | 19 |
| 6.1   | Hämeenlinnan vanhusten asuntosäätiö, Aulangontie 4 ..... | 19 |
| 6.1.1 | Järjestelmäkuvaus .....                                  | 20 |
| 6.2   | Parolan terveysasema, Hattula .....                      | 20 |
| 6.2.1 | Järjestelmäkuvaus .....                                  | 21 |
| 6.3   | Tervakosken Liikuntahalli, Janakkala .....               | 21 |
| 6.3.1 | Järjestelmäkuvaus .....                                  | 22 |

|     |                                       |    |
|-----|---------------------------------------|----|
| 7   | KYSELYN TULOKSET .....                | 23 |
| 7.1 | Isännöitsijät.....                    | 23 |
| 7.2 | Järjestelmien helppokäyttöisyys ..... | 23 |
| 7.3 | Järjestelmän käyttöönotto.....        | 24 |
| 7.4 | Järjestelmän käyttö.....              | 24 |
| 8   | JOHTOPÄÄTÖKSET .....                  | 25 |
|     | LÄHTEET .....                         | 27 |

## LIITTEET

Liite 1. Kyselylomake, lämmitys

Liite 2. Kyselylomake, jäähdytys

Liite 3. Selvitys toimeksiantajalle

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Granlund Häme Oy. Työn idea syntyi viime vuosina yleistyneistä hybridilämmitys- ja jäähdytysjärjestelmistä, joita Granlund Häme Oy on suunnitellut useaan kohteeseen. Järjestelmät ovat vielä suhteellisen tuore tapa toteuttaa kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysvedentuotto.

Järjestelmistä ei ole kattavia käyttökokemuksia juurikaan, joten Granlund Häme haluaakin saada yrityksen suunnittelemista järjestelmistä käyttäjäkokemuksia, joiden avulla järjestelmiä voidaan kehittää ja jatkossakin voidaan taata toimivia ja ajankohtaisia järjestelmiä lämmitys- ja jäähdytysveden tuottamiseen kiinteistöille.

Opinnäytetyössä käytetään hyödyksi Granlund Häme Oy:n suunnittelemaa kohteita, joissa on asennettuna hybridilämmitys- ja/tai -jäähdytysjärjestelmä. Näihin kohteisiin lähetetään Webropol-pohjainen kyselylomake, jonka kautta kerätään kokemuksia hybridijärjestelmien käyttäjiltä. Kyselylomake lähetetään kiinteistön huoltohenkilölle ja isännöitsijälle tai vastaavassa virassa toimivalle henkilölle.

Tutkimuksessa keskitytään lämmityksen osalta maalämpö-kaukolämpöhybridijärjestelmään. Jäähdytysjärjestelmistä tutkinnan alle valikoitui maalämpöpumpun kompressoreiden sekä vapaajäähdytyksen käyttäminen jäähdytysveden tuottamiseen. Kyseiset järjestelmät valittiin tutkimuskohteiksi sillä perusteella, että Granlund Häme on suunnitellut useamman kohteen, joissa tällaisia järjestelmiä on otettu käyttöön.

Granlund Oy on vuonna 1960 perustettu kiinteistö- ja rakennusalan konserni, jonka päätoimialana on talotekninen suunnittelu. Konserni työllistää yli 900 henkilöä ja tarjoaa palveluitaan käytännössä kaikkialla Suomessa. [1.]

Granlund Häme Oy (aikaisemmin Granlund Riihimäki Oy) on konserniin kuuluva tytäryhtiö, joka on perustettu vuonna 2008, kun Granlund osti suunnittelu-

toimisto Pauli Haakana Oy:n. Vuonna 2019 hämeenlinnalainen KHTT-suunnittelu Oy fuusioitui Granlund-konserniin, jonka myötä Granlund Riihimäestä tuli Granlund Häme. Yrityksen toimialoihin kuuluvat LVI-, sähkö-, ja rakennusautomaatiosuunnittelu. Yritys tarjoaa myös taloteknistä konsultointia ja kiinteistönpidon palveluita [2.]

## **2 HYBRIDIJÄRJESTELMÄT**

Hybridijärjestelmällä tarkoitetaan lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmää, jossa kaksi lämmityksen tai jäähdytyksen tuottojärjestelmää on kytketty toimimaan rinnakkain samassa kiinteistössä. Yleensä hybridijärjestelmässä on ensisijainen ja toissijainen tuottotapa. [3.]

Järjestelmän suunnittelussa täytyy ottaa huomioon järjestelmän sopivuus kyseiseen kiinteistöön, koska jokainen kohde on aina yksilö. Uudiskohteissa järjestelmän valinta pitkälti perustuu siihen, että ympärivuotiset käyttökustannukset ovat mahdollisimman pienet. Saneerauskohteissa taas järjestelmä toteutetaan yleensä jo olemassa olevan järjestelmän pohjalle. Saneerauskohteissa yleinen hybridilämmitysjärjestelmä on kaukolämpö-maalämpöhybridi, jossa maalämmöllä pyritään kattamaan rakennuksen tavanomainen lämmitystarve ja kaukolämmöllä huipputehontarve.

### **2.1 Lämmitys**

Maalämpö-kaukolämpöhybridissä on kaukolämmityksen rinnalle asennettu maalämpöpumppu tuottamaan lämmitysvettä esimerkiksi patteriverkoston. Järjestelmä on yleinen saneerauskohteissa, joissa on entuudestaan käytössä kaukolämmitys.

Järjestelmässä on tarkoitus kattaa lämmitystehontarve maalämpöpumpulla, mutta tilanteissa, joissa maalämpöpumppu ei pysty tuottamaan tarvittavaa tehoa, voidaan kaukolämmityksen lämmönsiirtimeltä ottaa lisätehoa kattamaan huipputehontarve.

Kohteissa, joissa ei uusita kaukolämpöpakettia, voidaan kaukolämmitys jättää niin sanotusti täysimääräiseksi tukilämmitykseksi, jolloin tarvittaessa kaukolämmityksellä voidaan kattaa koko rakennuksen lämmitystehontarve, mutta kohteissa, joissa uusitaan kaukolämpöpaketti, voidaan lämmönsiirtimet mitoittaa teholtaan pienemmäksi.

## **2.2 Jäähdytys**

Maalämpöpumppua pyritään yleensä hyödyntämään kahdella tapaa jäähdytyksessä. Jäähdytyskäytössä voidaan tuottaa jäähdytysvettä lämpöpumpun kompressoreita hyödyntäen tai energiakaivoista saatavalla vapaajäähdytyksellä.

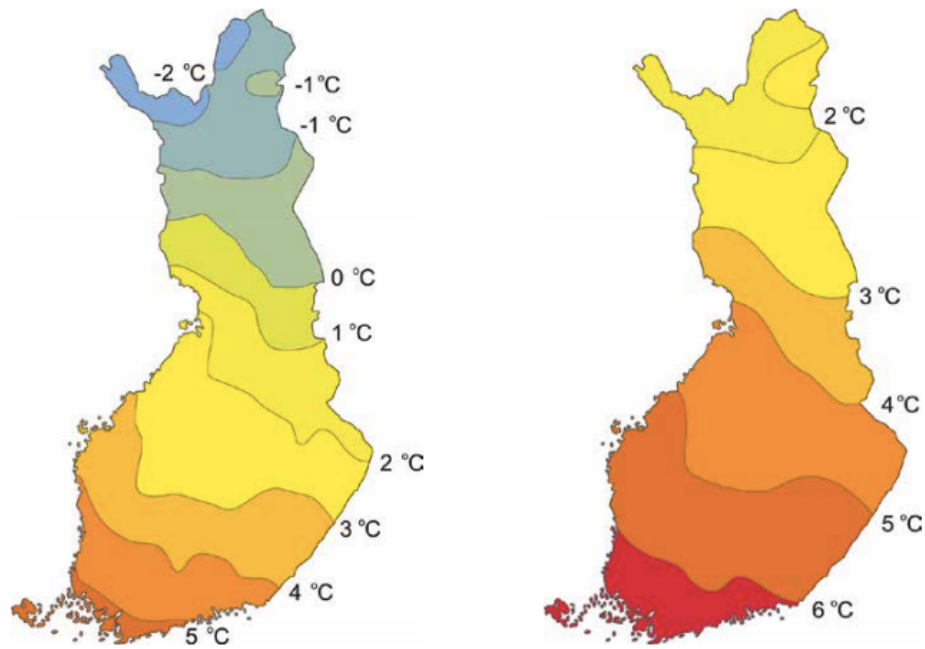
Tällaisessa järjestelmässä pyritään tuottamaan tarvittava jäähdytysteho vapaajäähdytyksellä, eli energiakaivoista lämmönsiirtonesteen avulla. Kun ulkolämpötila nousee korkeaksi ja energiakaivoista ei saada hyödynnettyä maaperän viileätä lämpötilaa, tuotetaan jäähdytysvesi maalämpöpumpun kompressoreiden avulla.

## **3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT**

### **3.1 Maalämpö**

Maalämpö on maaperään varastoitunutta lämpöenergiaa. Maaperän pintaosissa oleva lämpöenergia on suurilta osin peräisin auringosta, kun taas syvemmällä kallioperässä oleva lämpöenergia on radioaktiivisten aineiden hajoamisesta syntyvää geotermistä energiaa. [4, s. 7.]

Suomessa maa- ja kallioperän vuotuinen keskilämpötila on noin 2 astetta korkeampi kuin ilman vuotuinen keskilämpötila, joka vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Lämpötila voi vaihdella myös paikallisesti, esimerkiksi rakennetulla alueella maaperän lämpötila voi olla useita asteita korkeampi kuin esimerkiksi luonnollisessa tilassa olevilla metsäalueilla. Kuvassa 1 on havainnollistettu ilman sekä maaperän vuotuisia keskilämpötiloja eri puolilla Suomea. [4, s. 7.]



Kuva 1. Ilmalämpötilan vuotuinen keskiarvo vertailukaudelta 1971–2000 (vasemmalla) ja maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (oikealla) [4, s.7]

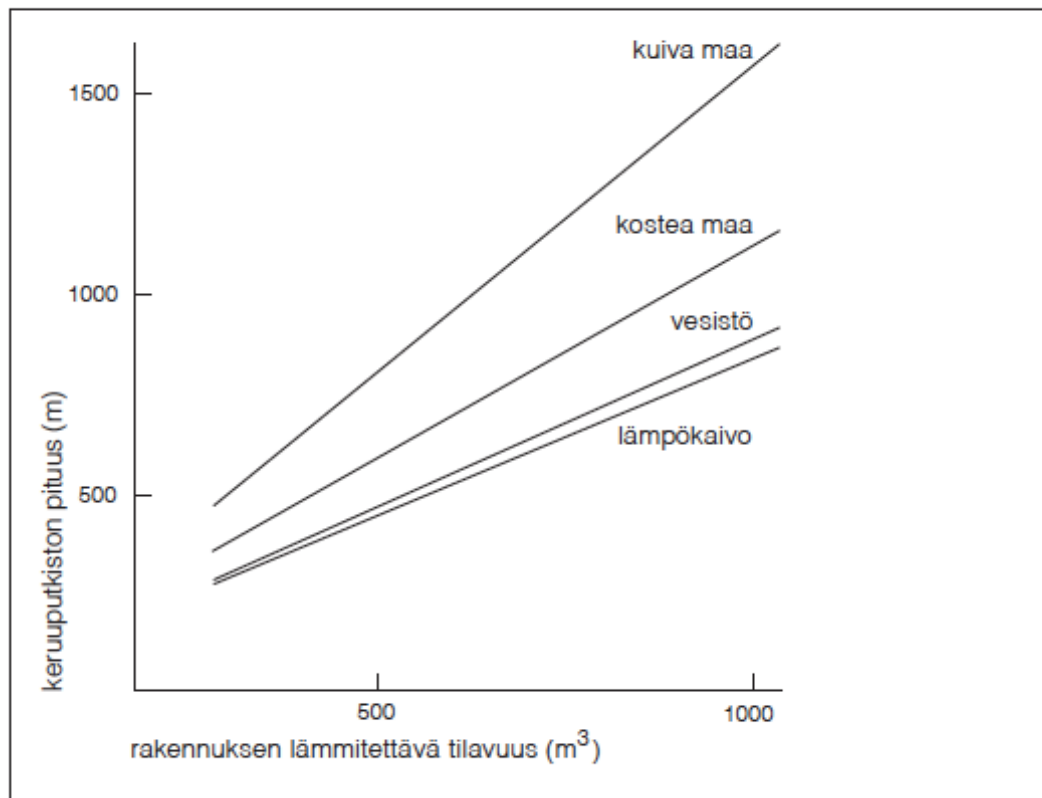
Maaperästä saatavaa lämpöenergia voidaan hyödyntää rakennuksen ympäri-  
vuotiseen lämmitykseen, jäähdyttämiseen ja käyttöveden lämmitykseen läm-  
pöpumppujärjestelmän avulla. Maalämpöjärjestelmä sisältää lämpöpumpun,  
siirtoputkiston ja keruupiirin. [4, s. 8.]

Maalämpöjärjestelmän keruupiiri voidaan asentaa kallioperään, maaperään tai  
vesistöön, ja keruupiiri voi olla myös näiden yhdistelmä. Oikea keruupiirin sijoit-  
ustapa on aina tapauskohtaista, ja tontin maaperä pitää tutkia huolellisesti jo  
suunnitteluvaiheessa. [5, s. 1.]

### 3.1.1 Energiakaivo

Kallioperään sijoitettava keruupiiri toteutetaan pystysuorana porakaivona, jota  
kutsutaan energiakaivoksi. Lämpökaivoon laskettu keruuputkisto siirtää läm-  
pöenergiaa kallioperästä ja pohjavedestä rakennuksen lämmitykseen. Ener-  
giakaivoja voidaan suurissa kiinteistöissä tarvittaessa porata useampi ja yh-  
distää erillisen kytkentäkaivon avulla rinnakkaisiksi putkisilmukoiksi. [5, s. 2.]  
Tällaisia usean kaivon yhdistelmiä kutsutaan energiakentäksi [6, s. 2].

Lämpökaivon selvänä etuna on mahdollisuus kesäajan jäähtyäkseen, mutta lämpökaivo on perustamiskustannuksiltaan kalliimpi kuin muut keruupiirin toteutustavat. Muita etuja lämpökaivossa on kaivuutöiden vähäisyys sekä kuvassa 2 havainnollistettu lähes kaksinkertainen energiansaanti putkimetriä kohti verrattuna kuivaan maahan asennettuun keruupiiriin. [5, s. 2.]



Kuva 2. Keruuputkiston pituus suhteessa lämmitettävän rakennuksen tilavuuteen eri keruuputkiston toteutustavoilla [5, s. 2]

### 3.1.2 Keruujärjestelmä maaperässä

Suurilla tonteilla maaperään vaakasuoraan tehtävä energiakenttä on hyvä vaihtoehto lämmönkeruutavaksi. Maaperän lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus ovat energiakentän tärkeimmät mitoitustekijät. Käytännössä kaikki maailajit sopivat maalämmitysjärjestelmälle, paitsi soraharjut, jotka ovat yleensä maaperältään liian kuivia. [5, s. 2.]

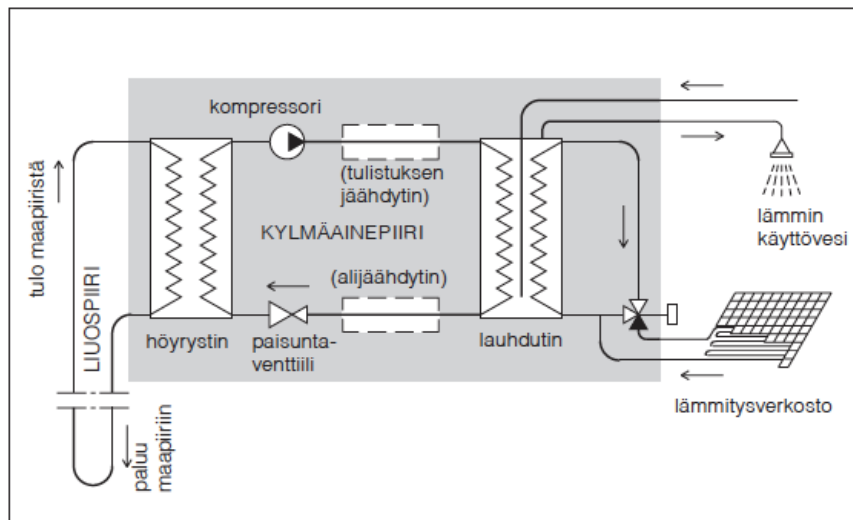
### 3.1.3 Keruujärjestelmä vesistöissä

Keruujärjestelmä voidaan asentaa myös vesistöön, jos lämmitettävä rakennus sijaitsee rantatontilla, eikä keruujärjestelmää voida toteuttaa energiakaivolla tai keruujärjestelmänä maaperässä.

Järvet, lammet ja merenrannat, jotka ovat rannan läheisyydessä syvyydeltään vähintään 2 metriä, sopivat maalämmityksen keruujärjestelmän sijoituspaikaksi. Vesistön syvyysvaatimus perustuu siihen, että putket asennetaan vesialueen pohjaan ja matalissa vesistöissä putket jäisivät routarajan yläpuolelle. [5, s. 2.]

### 3.1.4 Maalämpöpumppu

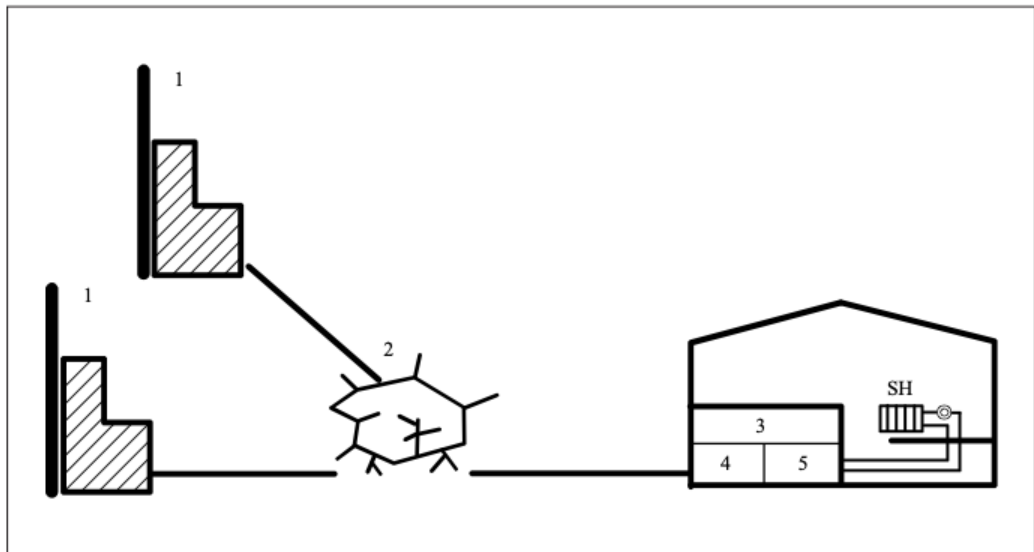
Maalämmitysjärjestelmässä lämpöpumpulla nostetaan kompressorin avulla maaperästä saatavaa lämpöenergiaa korkeampaan lämpötilaan [5, s. 3]. Kuvassa 3 on esitetty maalämpöpumpun toimintaperiaatetta. Maalämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kiertoprosessiin, jota selitetään tarkemmin luvussa 4.1.



Kuva 3. Maalämpöpumpun periaatekaavio [5, s. 3]

### 3.2 Kaukolämpö

Kaukolämpö on suurien alueiden, kuten kaupunkien tai usean rakennuksen, muodostaman ryhmän keskitetty lämmöntuotto- ja jakelujärjestelmä. Kaukolämpöjärjestelmä koostuu kolmesta pääosasta: lämmöntuotantolaitoksista, jakeluverkostosta ja asiakaslaitteista, jotka ovat esitetty kuvassa 4. Kaukolämmön lämpöenergia tuotetaan voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa ja jaetaan asiakkaalle kaukolämpöverkoston välityksellä. [7, s. 11.]



Kuva 4. Kaukolämpöjärjestelmän osat: 1.Kaukolämmön tuotantolaitos 2. Kaukolämmön jakeluverkosto. 3. Kaukolämmön asiakaslaitteet (yhteisnimitys osille 4 ja 5) 4. Kaukolämmön mitauskeskus 5. Lämmönjakokeskus [7, s.17]

#### 3.2.1 Lämmön tuotanto CHP-voimalaitoksissa

Kuuma kaukolämpövesi tuotetaan lämpökeskusten kattiloissa tai voimalaitosten lämmönsiirtimissä. Energiatehokkain tapa tuottaa kuuma kaukolämpövesi on sähkön tuotannon sivutuotteena, jolloin kuumalla höyryllä tuotetaan sähköä ja höyryyn jäljelle jäävällä lämpöenergialla lämmitetään kaukolämpövesi, tällaisia voimalaitoksia kutsutaan CHP-voimalaitoksiksi (Combined heat and power production). [7, s. 11—12.] CHP-tuotanto perustuu höyryprosessiin, kaasuturbiiniprosessiin tai moottorivoimalaitokseen.

Höyryprosessissa höyrykattilan tuottamalla höyryllä tuotetaan turbiinissa sähköä, minkä jälkeen se ohjataan lämmönsiirtimeen kaukolämmön tuotantoa varten [7, s. 24]. Kaasuturbiiniprosessissa on joko lämmönsiirrin, jolla otetaan

talteen prosessissa syntyneistä savukaasuista lämpöenergiaa kaukolämpöveden lämmittämiseksi, tai prosessissa voi olla erillinen jätelämpökattila [8, s. 24].

Moottorivoimalaitoksessa on generaattori, joka tuottaa sähköä, ja moottorin jäähdytysvedestä sekä savukaasujen lämpöenergiasta tuotetaan lämmönsiirtimen avulla kuumaa kaukolämpövettä [7, s. 24].

### **3.2.2 Kaukolämpöverkosto**

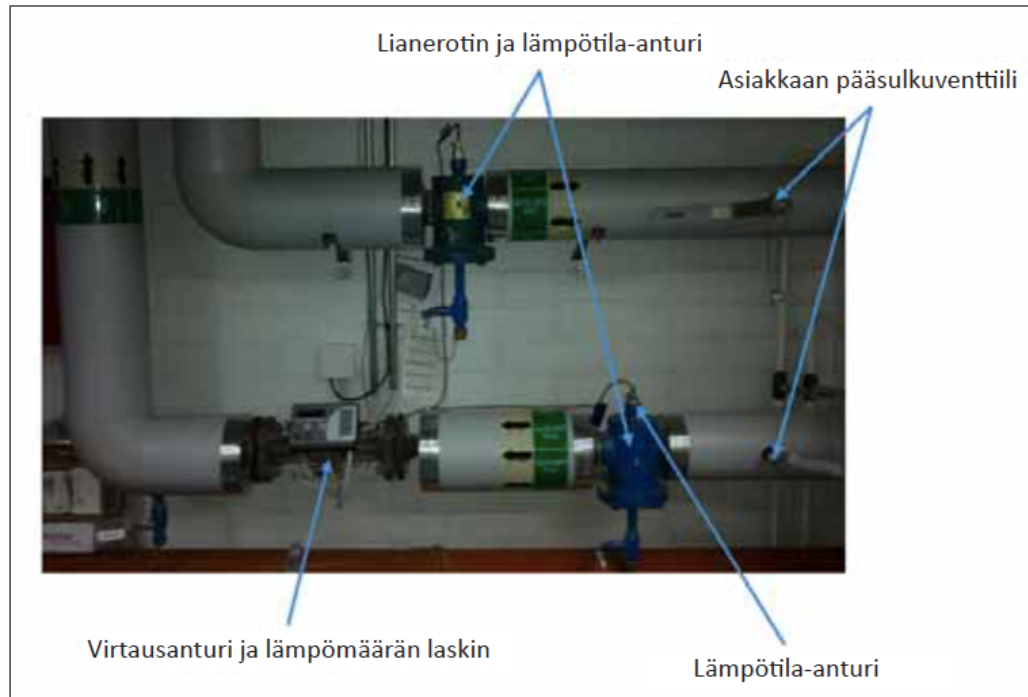
Kaukolämpöverkosto on eristetty ja suljettu verkosto. Kuuma kaukolämpövesi, jonka lämpötila vaihtelee vuodenajasta ja tehontarpeesta riippuen välillä 120–70 °C, pumpataan tuotantolaitoksen pumpuilla menoputkea pitkin asiakkaan lämmönjakokeskukseen, ja jäähtynyt kaukolämpövesi palaa paluuputkea pitkin tuotantolaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. [7, s. 17; 8, s. 3.]

Virtauksen kaukolämpöverkostossa saa aikaan tuotantolaitoksen pumput. Pumppujen tuottaman paine-eron avulla saadaan aikaan virtaus, jonka avulla kuumaa kaukolämpövettä saadaan kierrätettyä verkostossa ja asiakkaan kaukolämpölaitteissa. [8, s. 3.]

Kaukolämpöjärjestelmä toimii parhaiten, kun verkoston paluuvesi saa jäähtyä tarpeeksi. Paluuveden pitää kaikissa olosuhteissa jäähtyä yli 25 °C, mutta jos laitteet toimivat hyvin paluuveden lämpötila on n. 25–50 °C. [8, s. 3.]

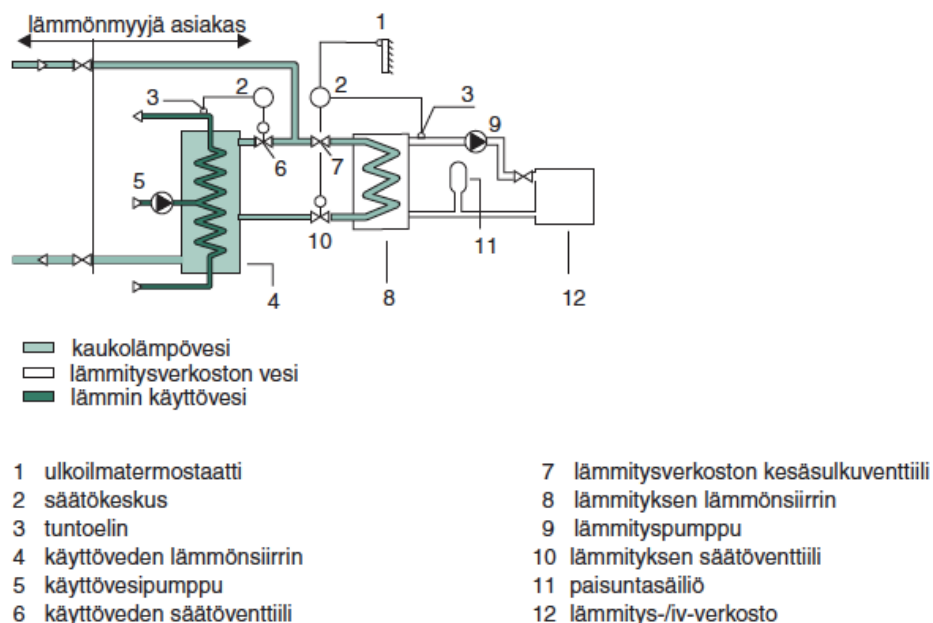
### **3.2.3 Asiakslaitteet**

Kaukolämmön asiakslaitteisiin kuuluvat kaukolämmön mittauskeskus ja lämmönjakokeskus. Kaukolämmön talojohto päättyy kaukolämmönmittauskeskukseen, jonka omistaa lämmönmyyjä. Mittauskeskus käsittää lämpömäärän laskimen, johon on kytketty virtausanturi sekä meno- ja paluuvedenlämpötila-anturit. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki kaukolämmönmittauskeskuksesta laitteineen. [7, s. 18.]



Kuva 5. Kaukolämmön mittauskeskus [7, s. 18]

Lämmönjakokeskukset ovat yleensä tehdasvalmisteisia kokonaisuuksia, jotka sisältävät lämmönsiirtimet, säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet sekä putkistot, venttiilit ja mittarit. Lämmönjakokeskus tulee asentaa lämmönmyyjän hyväksymään paikkaan, joka on mahdollisimman lähellä kaukolämpöverkostoa. [8, s. 5.] Kuvassa 6 esitetään lämmönjakokeskuksen toimintaperiaatetta.



Kuva 6. Lämmönjakokeskuksen periaatekytkentäkaavio [8, s. 5]

### 3.2.4 Lämmönsiirtimet

Lämmönsiirtimessä on kaksi piiriä, ensiö- ja toisiopiiri. Ensiöpiirissä virtaa kuuma kaukolämpövesi ja toisiopiirissä kiinteistön käyttöön tuleva lämmitys- tai käyttövesi. Lämmönsiirtimessä ensiöpiiri luovuttaa lämpöenergiaa kiinteistön käyttöön toisiopiiriin. Ensiö- ja toisiopiirin vesivirrat eivät sekoitu keskenään lämmönsiirtimessä.

Lämmönjakokeskuksessa on yleensä vähintään kaksi lämmönsiirintä, usein kolme. Yksi lämmönsiirrin on rakennuksen lämmitystä varten, toinen käyttöveden lämmitystä varten ja kolmas ilmanvaihdon tuloilman lämmitystä varten. Jokaisen lämmityspiirin lämmönsiirtimet mitoitetaan erikseen lämmitystehontarpeen mukaan. [7, s. 68.]

Rakennuksen lämmitysverkoston lämmönsiirtimen tehontarve saadaan uudiskohteissa lämmitystehontarpeen laskennan kautta. Ilmanvaihdon lämmönsiirtimen teho riippuu rakennuksen tuloilmavirran suuruudesta, mitoitusulkolämpötilan ja sisäänpuhalluslämpötilan erotuksesta ja ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton tehokkuudesta. Käyttöveden lämmönsiirtimen teho lasketaan lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaaman sekä kylmän käyttöveden ja lämpimän käyttöveden lämpötilaeron mukaan. [7, s. 68.]

Lämmönsiirtimen teho lasketaan yhtälöllä:

$$\phi = q_v * C_p * \rho * \Delta T \quad (1)$$

jossa

$\phi$  = lämmönsiirtimen teho (kW)

$q_v$  = virtaama (dm<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = tiheys (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta T$  = lämpötilaero (°C)

$C_p$  = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

Laskennassa käytetään sen virtauspiirin ominaislämpökapasiteettia ja lämpötiloja, jonka tilavuusvirralla lasketaan. Lämmönsiirtimen laskettu teho on sama laskettuna ensiö- ja toisiopiirin tiedoilla. [7, s. 69.]

Lämmönsiirtimen lämmönsiirto-ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä on myös lämmönsiirtopinta-ala sekä lämmönsiirtimen pituus. Lämmönsiirtimen pituus vaikuttaa vesivirran kulkemaan matkaan lämmönsiirtimessä. Mitä pienempi siirtimessä kulkevien vesivirtojen lämpötilaero on, sitä suuremman lämmönsiirtopinta-alan ja pituuden lämmönsiirrin vaatii. Tämän takia mitoituksessa ei kannata pyrkiä liian pieniin lämpötilaeroihin ensiö- ja toisiopiirin paluulämpötilojen välillä. [7, s. 69.]

Nykyään lämmönsiirtimet valmistetaan yleensä juotetuista levylämmönsiirtimistä, jotka ovat materiaaliltaan ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Tällaisten juotetuiden lämmönsiirtimien etuina ovat siirtimen keveys, kestävyys ja siirtimen kokoon nähden suuri tehoalue.

### **3.2.5 Säätolaitteet**

Kaukolämpöjärjestelmän taloudellisuus perustuu täysin lämmönjakokeskukseen säätolaitteisiin, joilla säädetään järjestelmän käyttämää tehoa. Lämmönmyyjällä ei suoranaisesti ole vaikutusmahdollisuutta näihin säätolaitteisiin, vaan lämmönmyyjä keskittyy kaukolämmön menoveden lämpötilan ylläpitämiseen sekä paine-eroon ja painetason takaamiseen. [7, s. 79.]

Säätolaitteiden tehtävänä on säädellä toisiopuolen menoveden lämpötilaa. Lämpötilaa säädetään säätöventtiileillä, joita ohjataan ulkolämpötilan mukaan. Säätolaitteet ovat yleensä moottoriventtiileitä, joissa on toimilaite, jota ohjataan rakennusautomaation avulla. Yleensä järjestelmässä jokaisella lämmönsiirtimellä on oma säätölaite.

Yleisimmät säätöventtiilit ovat 2-tie- ja 3-tieventtiileitä, 2-tieventtiilillä säädetään puhtaasti vesivirtaamaa, kun taas 3-tieventtiilillä sekoitetaan meno- ja paluuvettä keskenään, jolloin menoveden lämpötila laskee.

## 4 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

### 4.1 Kompressorijäähdytys

Kompressorijäähdytyksellä tarkoitetaan kylmätekniseen kiertoprosessiin perustuvaa jäähdytysjärjestelmää eli kylmäkonetta, jossa kylmäaineen kierto saadaan aikaan kompressorilla. Tällaisia järjestelmiä ovat mm. vedenjäähdytyskoneet ja lämpöpumppujärjestelmät. Kylmäkoneen toimintaperiaate on käytännössä käänteinen kuin lämmitykseen käytettävän lämpöpumpun.

Kylmäprosessi perustuu aineen olomuodon muutokseen ja siinä tapahtuvaan energian vapautumiseen tai sitoutumiseen. Nestemäisen kylmäaineen höyrystyessä se sitoo itseensä lämpöenergiaa, ja kun kylmäainehöyry lauhtuu eli nesteytyy, se luovuttaa lämpöenergiaa. Yksinkertaisimmillaan kylmäkone koostuu kuvan 7 mukaisista osista eli höyrystimestä, kompressorista, lauhduttimesta ja paisuntalaitteesta. [9.]

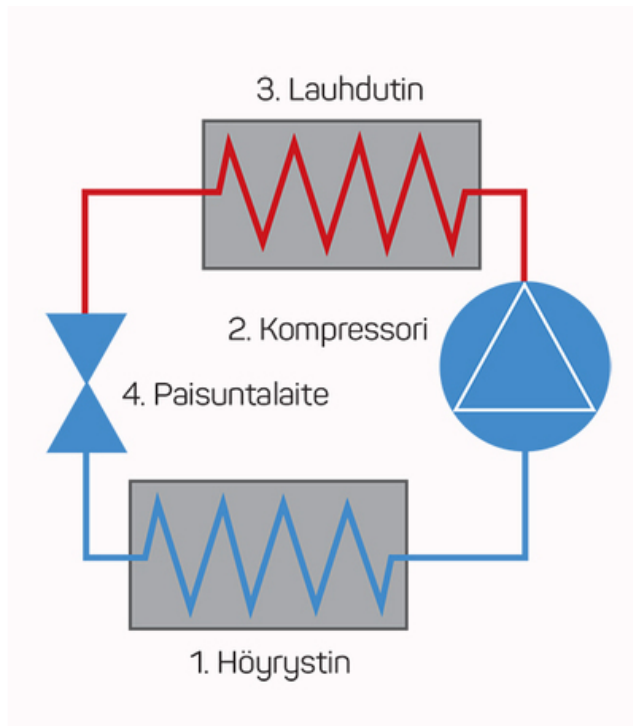
Höyrystimessä nestemäinen kylmäainehöyry höyrystyy, kun höyrystimessä oleva lämpötila ylittää kylmäaineen kiehumispisteen. Höyrystyessään kylmäaine sitoo itseensä lämpöenergiaa, joka aiheuttaa ympäristönsä jäähtymisen. Tätä lämpöenergian sitomista käytetään hyödyksi rakennuksen jäähdytyksessä. [9.]

Kompressorin imee höyrystimestä kylmäainehöyryä ja puristaa sen pienempään tilavuuteen, jolloin kaasun paine ja lämpötila nousee. Kylmäaine nesteytyy korkeassa paineessa, kun kylmäaineen kiehumispiste ylittää lämmönsiirtimen lämpötilan. Kyseistä lämmönsiirintä kutsutaan lauhduttimeksi [9.]

Lauhduttimessa kylmäaineen nesteytyessä se vapauttaa kompressorin puristustyössä syntyneen lämpöenergian ja lauhdutin kuumenee. Tätä lämpöenergian luovutusta käytetään hyväksi lämpöpumpuissa tilojen lämmitykseen sekä lämpimän käyttöveden valmistukseen. [9.]

Paisuntalaite säätelee höyrystimelle tulevaa nestemäistä kylmäainetta, paisuntalaite on yleensä paisuntaventtiili. Paisuntaventtiilin tarkoitus on varmistaa, että kompressorin imuun pääsee vain täysin höyrystynyttä kylmäainetta.

Paisuntaventtiilin tarkoitus on myös aiheuttaa järjestelmään painehäviötä yhdessä kompressorin kanssa. [9.]



Kuva 7. Yksinkertaisen kylmäkoneen toimintaperiaate [9]

## 4.2 Vapaajäähdytys

Vapaajäähdytyksellä tarkoitetaan rakennuksen jäähdyttämistä ilman kylmäaineen kiertoprosessia. Yleensä vapaajäähdytyksessä hyödynnetään viileää ulkoilmaa tai maalämmitysjärjestelmän energiakaivoja.

Suurempien rakennusten koneellisissa jäähdytysjärjestelmissä pyritään hyödyntämään myös vapaajäähdytystä aina kun mahdollista. Tällaisissa järjestelmissä vapaajäähdytys toteutetaan kylmäkoneen ulkona sijaitsevan nestejäähdyttimen ja erillisen vapaajäähdytyksen lämmönsiirtimen avulla. [10, s. 33.]

Vapaajäähdytys voidaan toteuttaa myös ns. maaviileällä eli käyttämällä maalämmitysjärjestelmän energiakaivoja rakennuksen jäähdyttämiseen. Järjestelmissä, joissa jäähdytysverkoston tilavuus on suuri, erotetaan yleensä jäähdytysverkosto ja maapiiri toisistaan lämmönsiirtimellä. [6, s. 10.]

## 5 KYSELY

Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä hybridijärjestelmien käyttämisestä ja toiminnasta tietoa järjestelmien käyttäjiltä. Tutkimusta varten lähestyttiin viittä eri isännöitsijää, huoltovastaavaa tai muussa vastaavassa olevaa henkilöä, jotka edustavat tahoillaan eri kohteita, joihin on Granlund Häme Oy:n toimesta suunniteltu hybridilämmitys- tai hybridijäähdytysjärjestelmä tai joissa Granlund Häme Oy on ollut muulla tavoin urakassa mukana, esimerkiksi valvomassa urakkaa. Näistä viidestä kohteesta kahteen Granlund on suunnitellut hybridijäähdytyksen, sekä kahteen muuhun kohteeseen Granlundin toimesta on suunniteltu hybridilämmitys. Yksi kohteista ei ole Granlundin suunnittelema, mutta Granlund valvoi kohteen saneerauksen LVI-työt, tähän kohteeseen on toteutettu hybridilämmitysjärjestelmä.

Tärkeimpinä kriteereinä tutkimuskohteille oli Granlundin osallisuus kohteen suunnitteluun tai työmaavaiheeseen sekä rakennus on työmaan valmistuttua ollut käytössä, joten rakennuksia, joissa on suunnittelu tai työmaavaihe käynnissä, ei voitu tutkimuksessa käyttää. Tutkimukseen suostui osallistumaan kolmesta kohteesta edustaja.

Tutkimus toteutettiin käyttäen Webropol-työkalulla luotua verkkokyselyä. Kyselylomakkeet ovat opinnäytetyön liitteessä 1. Kysely yksilöitiin rakennuksessa olevan järjestelmän mukaan niin, että lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille luotiin omat kyselyt. Kyselyyn pyydettiin vastaamaan rakennuksen isännöitsijä tai vastaavassa virassa palvelevan henkilö sekä rakennuksen huoltohenkilö. Kyselyn rakenne luotiin sellaiseksi, että kysymysten sisältö muuttuu vastaajan roolin mukaan.

## 6 ESIMERKKIKOhteet

### 6.1 Hämeenlinnan vanhusten asuntosäätiö, Aulangontie 4

Kohde on Hämeenlinnan Vanhusten Asuntosäätiön viisikerroksinen asuinkerrostalo, joka sijaitsee Hämeenlinnassa Hätilän kaupunginosassa. Talossa on 40 asuntoa. Kohde on esitetty kuvassa 8. Säätiö tarjoaa asumispalveluita ikäihmisille ja erityisasumisjärjestelyitä vaativille ihmisille Hämeenlinnassa. [11].



Kuva 8. Aulangontie 4 [11]

### 6.1.1 Järjestelmäkuvaus

Kiinteistöön on suunniteltu Granlund Hämeen toimesta lämmitysjärjestelmän muutos vuonna 2017. Kiinteistöön suunniteltiin kaukolämpökeskuksen saneeraus yhteydessä osatehoinen maalämpöjärjestelmä kaukolämmityksen rinnalle. Kaukolämpö jätettiin siis täysitehoiseksi varalämmitysjärjestelmäksi. [13.]

Maalämmityksen on tarkoitus hoitaa kiinteistön lämmitys kaikissa ”normaaliolosuhteissa”, mutta jos ulkolämpötila laskee erittäin alhaiseksi, päästää patteriverkoston toisiopuolen kolmitie-säätöventtiili kaukolämpösiirtimeltä kuumaa menovettä verkostoon, mikäli maalämpöpumppu ei pysty tuottamaan tarpeeksi kuumaa menovettä tilojen lämmitystä varten. Maalämpöpumpulla tuotetaan pelkästään patteriverkoston lämmitysvettä, käyttöveden lämmitys tapahtuu edelleen kaukolämmöllä. [13.]

## 6.2 Parolan terveysasema, Hattula

Kohde on keväällä 2020 valmistunut Parolan terveysasema Hattulassa. Uusi terveysasema korvasi viereisellä tontilla sijainneen vanhan terveysaseman. Kohde on julkinen rakennus, ja asiakaskunta koostuu kaikista ikäryhmistä, jo-

ten kohteen suunnittelussa ensisijaisen tärkeitä on ollut tilojen käytännöllisyys, turvallisuus ja esteettömyys. Kuvassa 9 Parolan uusi terveysasema. Uuden terveysaseman rakennusala on 1490 m<sup>2</sup>.



Kuva 9 Parolan Terveysasema [12]

### 6.2.1 Järjestelmäkuvaus

Kohteen pääsääntöinen lämmitysjärjestelmä on maalämmitys, mutta tämän rinnalla tukilämmitysjärjestelmänä toimii sähkökattila. Maalämmitysjärjestelmää käytetään myös kohteen jäähdytykseen. Jäähdytyksessä hyödynnetään sekä vapaajäähdytystä energiakaivoista että maalämpöpumppujen kompressoreita. [13.]

Jäähdytyksen vaihtoa aktiivijäähdytyksen ja vapaajäähdytyksen välillä ohjataan jäähdytysverkoston menoveden lämpötilan mukaan. Kun lämpötila verkoston menopuolella nousee tarpeeksi korkeaksi ja maapiiristä saatava jäähdytysteho ei riitä kattamaan rakennuksen lämpökuormaa, alkaa lämpöpumpun kompressori tuottamaan jäähdytysvettä kylmäainekierron avulla. [13.]

### 6.3 Tervakosken Liikuntahalli, Janakkala

Tervakosken Liikuntahalli on tammikuussa 2021 valmistunut sisäurheiluhalli Tervakoskella Janakkalassa. Kuvassa 10 on valmistunut liikuntahalli. Hallin

käyttäjät ovat päiväsaikaan koululaisia sekä iltaisin ja viikonloppuisin eri urheilu- ja harrasteseurat. [14.]



Kuva 10 Tervakosken Liikuntahalli [14]

Hallin varusteluun kuuluu täysimittainen salibandykenttä sekä mahdollisuus harrastaa muun muassa kori-, lento- ja sulkapalloa sekä futsalia. Tilojen suunnittelussa on otettu myös huomioon muunneltavuus, joten hallin tilat muuntautuvat tarpeen vaatiessa esimerkiksi juhla- tai konserttisaliksi. [14.]

### 6.3.1 Järjestelmäkuvaus

Rakennuksen lämmitys on toteutettu maalämpöpumpuilla ja energiakaivokentällä, jonka lisälämmönlähteenä tarvittaessa toimii energiavaraajien sähkövastukset sekä sähkökattila. Liikuntahallin jäähdytysvesi tuotetaan ensisijaisesti energiakaivokentän vapaajäähdytyksellä, mutta jos vapaajäähdytys ei riitä viilentämään tiloja, tuotetaan jäähdytysvesi lämpöpumppujen kompressoreilla. [13.]

Jäähdytyksen vaihtoa aktiivijäähdytyksen ja vapaajäähdytyksen välillä ohjataan jäähdytysverkoston menoveden lämpötila-anturin mukaan. Kun lämpötila verkoston menopuolella nousee tarpeeksi korkeaksi ja maapiiristä saatava vapaajäähdytysteho ei riitä kattamaan rakennuksen lämpökuormaa, alkaa lämpöpumpun kompressori tuottamaan jäähdytysvettä kylmäainekierron avulla. [13.]

## **7 KYSELYN TULOKSET**

Tässä kappaleessa on käsitelty isännöitsijöille ja huoltohenkilöille lähetetty kysely, jonka avulla pyrittiin keräämään dataa hybridijärjestelmien toiminnasta. Kappale on jaettu neljään alaotsikkoon kysymysten vastaajan ja sisällön perusteella.

### **7.1 Isännöitsijät**

Kyselyn osuus, joka kohdistui isännöitsijöille tai vastaavassa virassa palveleville henkilöille, keskittyi heidän mielipiteisiinsä lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmän vaihtamisen kannattavuudesta verrattuna perinteisiin järjestelmiin.

Kyselyn vastauksista kävi ilmi, että kyseisessä kohteessa hybridijärjestelmään siirtymisestä tehtiin kustannuslaskelma, joka on tähän mennessä pitänyt paikkansa, ja vaikka järjestelmän suunniteltua takaisinmaksuaikaa ei ole vielä saavutettu, ollaan tähän näillä näkymin pääsemässä suunnitellusti. Järjestelmän käyttöönotossa ei myöskään havaittu ongelmia, ja hybridijärjestelmään siirtymistä isännöitsijän näkökulmasta pidettiin kannattavana. Kyselyssä pyydettiin arvioimaan liittymisen kannattavuutta kokonaisuudessaan asteikolla 0–10 ja vastaukseksi saatiin 9. Selkeänä kehityskohteenä järjestelmässä pidetään maalämpöpumpulta saatavien kulutusraporttien tulkittavuutta, vaikka raportteja saadaankin tarpeeksi.

### **7.2 Järjestelmien helppokäyttöisyys**

Kyselyyn vastanneiden huoltohenkilöiden mukaan hybridijärjestelmien helppokäyttöisyys koettiin vaihtelevaksi. Vastajia pyydettiin arvioimaan helppokäyttöisyyttä asteikolla 0–10, ja keskiarvotulokseksi saatiin 6,5. Kyselyssä pyydettiin myös vapaamuotoisesti esittämään ajatuksia siitä, miten järjestelmän käyttöä voisi tehdä yksinkertaisemmaksi.

Vastauksissa korostui teknisten tilojen puutteelliset opastukset käyttäjän kannalta sekä järjestelmän käytön ohjeistuksen puutteellisuus. Järjestelmän käyttöpaneeli, jonka avulla säädetään esimerkiksi tilojen lämpötilaa, on myös huoltohenkilön kannalta tärkeä osa järjestelmää. Paneelin käyttämisestä sekä tulkitsemisesta toivottaisiin mahdollisimman yksinkertaista.

### 7.3 Järjestelmän käyttöönotto

Kyselyn vastaajilta pyydettiin kokemuksia hybridijärjestelmän käyttöönotosta ja sen sujuvuudesta. Käyttöönotossa olevat ongelmat jäähdytysjärjestelmissä liittyivät osaltaan suunnitelmien tulkitsemisen haastavuuteen. Aktiivi- ja vapaajäähdytyksen vaihtoon liittyvien asetusten sekä tätä prosessia säätevien säätöventtiilien toiminnassa oli haasteita. Vastanneiden huoltohenkilöiden mukaan kohteissa ei ole ollut tarvetta lämpöpumppuvalmistajien suorittamille takuuajan huolloille.

### 7.4 Järjestelmän käyttö

Kyselyssä kartoitettiin myös järjestelmän käyttöä ja siihen liittyneitä mahdollisia ongelmia. Kohteissa on vastaajien mukaan ollut jonkin verran ongelmia käyttöönoton jälkeen.

Eräessä kohteessa huoltohenkilön mukaan ilmeni ongelma, että lämpöpumpulle aiheutui ristiriitaisia hälytyksiä lämmitys- ja jäähdytystarpeesta. Ongelman syyksi paljastui, että lattialämmitysjärjestelmän jakotukille oli asennettu toimilaitteita väärään järjestykseen. Vika oli korjaantunut, kun LVI-asentaja oli korjannut toimilaittejärjestyksen oikeaksi. Vastauksesta ei ilmene, oliko toimilaitteiden virheellinen järjestys asennus- vai suunnitteluvirhe. Kohteessa on myös tullut jonkin verran aiheettomia hälytyksiä automaatiojärjestelmästä koskien lämmitysverkoston meno- ja paluulämpötiloja.

Toisessa kohteessa hybridijäähdytysjärjestelmän käytössä oli ilmennyt ongelmia, että lämmityksen ja jäähdytyksen ohjauksessa oli päällekkäisyyksiä syksyllä siirryttäessä takaisin lämmityskaudelle. Lämmityksen ja jäähdytyksen vaihdon ohjauksessa oli puutteita tai ongelmia jo kohteen vastaanoton aikaan. Vastaaja epäili, että nämä johtuisivat ainakin osittain kokemattomuudesta kyseisten järjestelmien käytöstä.

Hybridijäähdytysjärjestelmien käyttäjiltä pyydettiin tietoja siitä, miten vaihto aktiivi- ja vapaajäähdytyksen välillä on toiminut, kun vapaajäähdytys ei riitä vii-

lentämään rakennuksen yllämpenemistä. Toisena kysymyksenä aktiivi- ja vapaajäähdytyksen vaihtoon liittyen kyselyssä oli, millaisella ohjelmalla vaihtoa on ohjattu.

Vastaukset näihin kysymyksiin olivat vaihtelevia, eräs huoltohenkilö ei osannut vastata näihin kysymyksiin ollenkaan. Toisessa kohteessa ilmeni jäähdytyksen vaihtoon liittyen vapaajäähdytyksen yllättävä teho. Järjestelmä ei ollut poikkeuksellisen aurinkoisen ja lämpimän kesän aikana käynyt aktiivijäähdytyksellä ollenkaan. Koko jäähdytyskauden ajan tilat saatiin viilennettyä vapaajäähdytyksellä. Testaustilanteessa jäähdytyksen vaihdon todettiin toimivan, mutta todellisen vaihtotilanteen toimivuutta ei vielä tiedetä.

Kyselyn viimeisessä osiossa vastaajia pyydettiin kuvailemaan, minkälaista informaatiota he haluaisivat saada lämpöpumpulta taloautomaatiojärjestelmän kautta. Vastauksissa korostettiin muun muassa lämpöpumpun käyntiaikatietojen ja tilatiedon tärkeyttä. Tärkeitä tietoa huoltohenkilölle ovat myös maapiirin sekä lämmitys- ja jäähdytysverkostojen lämpötila- ja painetiedot. Tärkein yksittäinen automaatiojärjestelmän kautta saatava tieto huoltohenkilön näkökulmasta on hälytystiedot. Automaatiojärjestelmä lähettää lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän vikatilanteissa hälytystiedon esimerkiksi GSM-verkon kautta huoltohenkilön puhelimeen.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kysely teetettiin viiden eri esimerkkikohteen edustajalle, joista kolme halusi vastata kyselyyn. Näin ollen saadut tulokset eivät kuvasta valtakunnallisia tai edes kunnallisia kokemuksia hybridilämmitys- ja hybridijäähdytysjärjestelmien käytöstä. Kyselyn vastaanottajien ja vastaajien vähäinen lukumäärä kuvastaa hyvin tutkimuksen ongelmallisuutta, joka johtuu hyvin pitkälti siitä, että hybridijärjestelmät ovat vielä suhteellisen uusi tapa tuottaa lämmitys tai jäähdytys rakennukselle. Kanta-Häme on myös toiminta-alueena tutkimuksen kannalta haastava, sillä alueella ei ole kovin montaa Granlundin suunnittelemaa jo käytössä olevaa kohdetta, jossa olisi lämmityksen tai jäähdytyksen hybridijärjestelmä.

Kyselyn tuloksien perusteella saatiin selville joitakin ongelmakohtia hybridijärjestelmien käytöstä. Näistä ongelmista osa on suunnitteluteknisiä asioita ja osa liittyy laitteiston käyttäjien puutteelliseen opastukseen. Isännöintipuolelta ongelmakohtaksi nostettiin lämpöpumpulta saatavien raporttien tulkinnan hankaluus, mutta tähän en ota näissä päätelmissä kantaa, sillä raportit tulevat lämpöpumpun ja rakennusautomaation kautta, joten tämä ongelma koskee laitevalmistajia, eikä suunnitteluorganisaatiota.

Työn lopputuloksena saatiin liitteen 2 mukainen selvitys kyselyn perusteella tietoon tulleista ongelmakohtista ja kehityskohteista sekä ehdotukset näiden osa-alueiden parantamiselle.

Insinööriyön sisältö on hyvin pitkälti teoriapainotteinen, mutta työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ainakin osittain. Työn tuloksena toimeksiantajalle saatiin suppeasta vastausmäärästä huolimatta muutamia tärkeitä kehityskohteita hybridijärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen. Suppean vastaajamäärän johdosta suosittelen myös jatkotutkimuksia siten, että kyselyn vastaanottajamäärää nostettaisiin kattamaan esimerkiksi Granlund Oy:n Etelä-Suomen tytäryhtiöt. Tällä saataisiin vastaajamäärää nostettua huomattavasti ja käyttäjätien luotettavuus paranisi.

## LÄHTEET

1. Granlund Oy. Meistä. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.granlund.fi/granlund/meista> [viitattu 14.1.2021].
2. Granlund Oy. Yhteys, Riihimäki. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.granlund.fi/yhteys/riihimaki/> [viitattu 14.1.2021].
3. Kantaputki Oy. Hybridi päivän sana, mitä tarkoittaa hybridilämmitys?. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.kantaputki.fi/2021/03/25/hybridi-paivan-sana-mita-tarκοittaa-hybridilammitys/> [viitattu 25.1.2021].
4. Juvonen, J. & Lapinlampi, T. Energiakaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöministeriö. PDF-dokumentti. 2013. Saatavissa: <https://www.pipelife.fi/content/dam/pipelife/finland/marketing/general/stakeholder-publications/brochures/ymparistoopas-energiakaivo-2014.pdf> [viitattu 25.1.2021].
5. RT 50-0755. 2001. Rakennustieto. Maalämmitys.
6. LVI 11-10624. 2018. Rakennustieto. Maalämpöpumput.
7. Mäkelä, V-M. & Tuunanen, J. Suomalainen kaukolämmitys. E-kirja. Tampere: Tammerprint. 2015. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1> [viitattu 10.2.2021].
8. LVI 10-10398. 2006. Rakennustieto. Kaukolämmitys.
9. Kapanen, M. Kylmäprosessi eli miten kylmä syntyy. *Kylmäextra 2/2020*. Verkko-lehti. 2020. Saatavissa: [https://www.kylmaextra.fi/lehdet/kylma-extra\\_2\\_2020/kylmaprosessi\\_eli\\_miten\\_kylma\\_syntyy](https://www.kylmaextra.fi/lehdet/kylma-extra_2_2020/kylmaprosessi_eli_miten_kylma_syntyy) [viitattu 16.3.2021]
10. Laitinen, A, Rämä, M. & Airaksinen, M. Jäähdytyksen teknologiset ratkaisut. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. PDF-dokumentti. 2016. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1359/Jaahdytysteknologiaselvitys\\_VTT\\_221216.pdf](https://energia.fi/files/1359/Jaahdytysteknologiaselvitys_VTT_221216.pdf) [viitattu 20.3.2021]
11. Hämeenlinnan vanhusasuntosäätiö. Yleistä. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.hvas.fi/yleista/> [viitattu 6.4.2021]
12. Oksala, S. 2020. Kaksi isoa terveydenhuollon muutosta osuu samaan saumaan Hattulassa. *Hämeen Sanomat 22.2.2020*. Verkko-lehti. Saatavissa: <https://www.hameensanomat.fi/kanta-hame/hattulassa-kaksi->

[isoa-terveydenhuollon-muutosta-osuu-samaan-saumaan-1068428/](#) [viitattu 14.9.2021].

13. Granlund Häme Oy, suunnitelma-arkisto

14. Kuntarahoitus. Tervakosken liikuntahalli – Delfort Areena, Janakkala. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.kuntarahoitus.fi/ajankohtaista/cases/tervakosken-liikuntahalli-delfort-areena-janakkala/> [viitattu 14.9.2021]

**Kysely hybridilämmitysjärjestelmän käyttäjälle****Granlund****1. Olen**

- Isännöitsijä/Vastaavassa virassa toimi
- Huoltohenkilö

**2. Tehtiinkö lämpöpumpun liittämistä kaukolämmön rinnalle investointilaskelmaa?**

- Kyllä
- Ei

**3. Onko suunniteltu takaisinmaksuaika saavutettu tai ollaanko etenemässä siihen suuntaan?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**4. Ovatko kiinteistön energiakustannukset pienentyneet suunnitellulla tavalla?**

- Kyllä

Jatkuu

## Liite 1

Ei

**5. Paljonko energiakustannukset ovat laskeneet suurin piirtein?**



**6. Saadaanko lämpöpumpulta tarpeeksi raportteja?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**7. Oliko järjestelmän käyttöönotossa ongelmia? Millaisia?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**8. Pidätkö lämpöpumpun liittämistä kaukolämmön rinnalle kokonaisuudessaan kannattavana?**



**9. Jos sinulla on muita huomioita lämmitysjärjestelmään liittyen voit kirjoittaa ne tähän.**

|  |
|--|
|  |
|  |

Jatkuu

## Liite 1

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

**10. Kuinka helpoksi koet lämpöpumppu-kaukolämpöjärjestelmän käyttämisen**



**11. Onko järjestelmän käyttäminen helpompaa vai vaikeampaa, verrattuna pelkkään kaukolämmitykseen**

- Helpompaa
- Vaikeampaa

**12. Oliko järjestelmän käyttöönotossa ongelmia? Millaisia?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**13. Onko järjestelmälle tehty takuuajan huoltoja laitetoimitajan toimesta? Mitä huoltoja?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**14. Minkälaista tietoa huoltohenkilönä tarvitset lämpöpumpulta**

Jatkuu

## Liite 1

**automaatiojärjestelmän kautta?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**15. Jos sinulla on muita huomioita lämmitysjärjestelmään liittyen voit kirjoittaa ne tähän.**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

Liite 2

**Kysely hybridijäähdytysjärjestelmän käyttäjälle****1. Olen**

- Isännöitsijä/vastaavassa virassa toimiva
- Huoltohenkilö

**2. Onko investointilaskelma jäähdytysjärjestelmän osalta pitänyt tähän mennessä paikkaansa?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**3. Saadaanko maalämpöpumpulta tarpeeksi raportteja energiankulutuksesta?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |

Jatkuu

## Liite 2

**4. Oliko jäähdytysjärjestelmän käyttöönotossa ongelmia? Millaisia?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**5. Jos sinulla on muita huomioita jäähdytysjärjestelmään liittyen, voit kirjoittaa ne tähän.**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**6. Kuinka helpoksi koet järjestelmän käyttämisen?****7. Miten järjestelmän käyttöä voisi mielestäsi tehdä yksinkertaisemmaksi?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**8. Oliko jäähdytysjärjestelmän käyttöönotossa ongelmia? Millaisia?**

|  |
|--|
|  |
|  |

Jatkuu

## Liite 2

**9. Onko jäähdytysjärjestelmälle tehty takuuajan huoltoja? Mitä huoltoja?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**10. Onko jäähdytysjärjestelmän käytössä ilmennyt muita ongelmia?  
Millaisia?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**11. Toimiiko vaihto aktiivijäähdytyksestä vapaajäähdytykseen?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**12. Palautuuko järjestelmä vapaajäähdytyksestä takaisin  
aktiivijäähdytykseen? Millaisella ohjelmalla tätä on ohjattu?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

Jatkuu

## Liite 2

**13. Minkälaisia tietoja huoltohenkilönä haluaisit saada maalämpöpumpulta automaatiojärjestelmän kautta?**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**14. Jos sinulla on muita huomioita jäähdytysjärjestelmään liittyen voit kirjoittaa ne tähän.**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

## Liite 3

Sakke Männikkö

29.09.2021

Granlund Häme Oy

**Selvitys hybridijärjestelmien käytöstä ja sen parantamisesta**

Osana insinööriyötäni teetin Granlund Häme Oy:n suunnitteleminen hybridilämmitys- ja hybridijäähdytysjärjestelmien käyttäjille kyselyn, jonka avulla pyrittiin keräämään tietoja järjestelmien käyttöön liittyen. Kysely lähetettiin viiden eri kohteen isännöitsijälle tai vastaavassa virassa toimivalle, sekä huoltohenkilölle. Näistä viidestä kohteesta kolmen kohteen edustajat halusivat osallistua kyselyyn. Kyselytulokset olivat vaihtelevia, mutta siitä huolimatta tuloksena saatiin muutamia huomionarvoisia asioita. Osa käyttäjien ongelmista koskee enemmänkin laitevalmistajaa, joten niitä en ole tässä asiakirjassa käsitellyt.

**Suunnitelmien tulkinnan parantaminen**

Yhtenä asiana, joka nostettiin esiin, oli suunnitelmien tulkinnan hankaluus. Maalämmitysjärjestelmässä jonka lämpöpumpua käytetään jäähdytykseen yhdessä energiakaivojen kanssa on useita moottoriventtiileitä joilla säädetään kulloinkin käytössä olevan jäähdytystavan toimintaa. Näiden venttiilien oikeaoppisessa ohjauksessa on ollut haasteita. Vastausten perusteella tämä on johtunut suunnitelmien epäselvyydestä ja kokemuksen puutteesta tämän kaltaisista järjestelmistä.

Suunnitelmien epäselvyyteen mielestäni paras ratkaisu on tällaisissa haastavissa järjestelmissä hyvä kommunikaatio erityissuunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä. Järjestelmän suunnittelu on riippuvainen LVI- ja automaatio-suunnittelijasta ja heidän yhteistyönsä on erittäin tärkeää toimivan järjestelmän suunnittelun takaamiseksi.

Toteutuksen sujuvuuden kannalta olisi tärkeää pitää ennen hybridijärjestelmän asennusta olisi pitää yhteispalaveri, johon osallistuvat LVI- ja automaatio-suunnittelija, sekä putki- ja automaatiourakoitsija. LVI-valvojan olisi myös hyvä

Jatkuu

## Liite 3

2

osallistua. Palaverissa käytäisiin järjestelmän kytkentäkaavio ja säätökaavio, sekä toimintaselostus yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa kohta kohdalta läpi. Tällä voidaan välttää monia suunnitelmien epäselvyydestä johtuvia asennusvirheitä.

Yhtenä asiakirjana, joka voisi helpottaa urakoitsijaa, sekä loppukäyttäjää on yksinkertaistettu säätöventtiili luettelo, jossa on ns. maallikkokielellä kuvattu venttiilien toiminta eri jäähdystilanteissa.

**Huoltohenkilöiden opastus**

Mielestäni suurimpana ongelmana, joka liittyy järjestelmien käyttöön kyselyn tuloksien perusteella on huoltohenkilöiden puutteellinen opastus. Huoltohenkilöt ovat eniten tekemisissä valmiin ja käyttöönotetun järjestelmän kanssa.

Kyselyssä kävi ilmi eri tavoilla, että huoltohenkilöillä ei ole välttämättä edes perustason tietämystä tällaisten yhteisjärjestelmien toiminnasta. Tämä tuli ilmi esimerkiksi sillä, etteivät huoltohenkilöt osanneet vastata esitettyihin kysymyksiin ja erään kohteen huoltohenkilö toivoi järjestelmän toiminnan opastusta ruohonjuuritasolla.

Huoltohenkilön ei tarvitse olla hybridijärjestelmien ammattilainen, mutta mielestäni on tärkeätä kiinteistön hoidon kannalta, että heillä olisi perustason tietämys järjestelmän toiminnasta. Tämän ratkaisemiseksi ehdotan, että huoltohenkilöille pidettäisiin ennen käyttöönottoa koulutus järjestelmän käytöstä. Koulutuksen voisi pitää LVI-suunnittelija yhteistyössä putkiurakoitsijan kanssa. Koulutuksessa käytäisiin teknisen tilan laitteet ja niiden toiminta läpi sellaisessa laajuudessa, että huoltohenkilölle jäisi perustason kuva järjestelmän toiminnasta.

Koulutukseen liittyen voisi LVI-suunnittelija laatia huoltokirjakoordinaattorin kanssa yhteistyössä huoltokirjaan yksinkertaistetun ohjeistuksen järjestelmän toiminnasta, sekä eri laitteiden ja venttiilien toiminnasta eri lämmitys- tai jäähdystilanteissa.