

Eskola Arttu & Maanselkä Tero

**LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VALINTA JA MITOITUS TEOLLISUUSKIIN-
TEISTÖÖN**

Opinnäytetyö

CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Huhtikuu 2016

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Kokkola-Pietarsaari	Aika Huhtikuu 2016	Tekijä/tekijät Eskola Arttu ja Maanselkä Tero
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Lämmitysjärjestelmän valinta ja mitoitus teollisuuskiinteistöön		
Työn ohjaaja Martti Härkönen	Sivumäärä [25+9]	
Työelämäohjaaja Markku Maanselkä		
<p>Opinnäytetyö on tehty Steel Production Maanselkä Oy:n toimeksiannosta. Yrityksellä on metalliteollisuuden tuotantotilat Perhossa. Yrityksen ydintoiminta on keskuslämmityskattiloiden valmistus. Yritys tekee myös alihankintatöinä kantavia teräsrakenteita rakennusteollisuuteen, sekä raskaan kaluston huoltoa.</p> <p>Työn tarkoituksena on tuotantotilojen lämmitysjärjestelmän modernisointi. Työ sisältää uuden lämmitysjärjestelmän mitoituksen, investointilaskelmat, asennuksen ja käyttöönoton.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkastellaan lämpöpumppujen toimintaperiaatetta. Opinnäytetyö on toiminnallinen ja tulee painottumaan enemmän käytännön toteutukseen, joka koostuu suurimmalta osin lämpöpumpun asennukseen ja sen vaatimiin toimenpiteisiin.</p>		
Asiasanat Lämmitysjärjestelmä, Lämpöpumppu, Hybridilämmitys		

ABSTRACT

Unit Kokkola-Pietarsaari	Date April 2016	Author/s Eskola Arttu & Maanselkä Tero
Degree programme Mechanical engineering and production technology		
Name of thesis The heating system selection and sizing of industrial building		
Instructor Martti Härkönen	Pages [25+9]	
Supervisor Markku Maanselkä		
<p>The thesis work is done on assignment of Steel Production Maanselkä LTD. The company is in the metal production facilities in Perho. The company's core activity is the manufacture of heating boilers. The company also offers other services for the metal industry.</p> <p>The aim is to modernize the production facilities of the heating system. The work includes a new heating systems dimensioning, investment calculation, installation and commissioning.</p> <p>The theoretical part of the thesis examines alternative heating systems operating principle. The thesis is functional and will mainly focus on the more practical section.</p>		
Key words Heating system, Heatpump, Hybrid heating		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Maalämpöpumpun toimintaperiaate	2
1.2	Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate	3
1.3	Kylmäaineen ominaisuudet	4
2	MITOITUSLASKELMAT	6
2.1	Lämmitykseen käytetty energia	6
2.2	Mitoitusohjelma	6
2.3	Maalämpöpumpun mitoitus	7
2.4	Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus	7
2.5	Säästölaskelmien ja investoinnin vertailu	8
2.6	Valittu lämpöpumppu	9
3	LÄMPÖPUMPUN ASENNUS	10
3.1	Vanha lämmitysjärjestelmä	10
3.2	Lämmitysjärjestelmän vaatimat muutokset	10
3.3	Ilma-vesilämpöpumpun vaatimukset asennukselle	11
3.4	Ilma-vesilämpöpumpun asennus	11
3.4.1	Kylmäainepiirin asennus	12
3.4.2	Vesipiirin asennus	14
3.4.3	Laitteiden sähköistys	16
4	MITTAUKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI	17
5	YHTEENVETO	19
6	LÄHTEET	20

LIITTEET

Liite 1. Maalämpöpumpun mitoitus

Liite 2. Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus

Liite 3. Investointivertailu

Liite 4. SHW230 tehotaulukko

Liite 5. Kytkenäkaavio

Liite 6. Sähkökaavio

Liite 7. Energian kulutus ja tuottoseuranta kuukausitasolla

1 JOHDANTO

Steel Production Maanselkä Oy:n tuotantotilat sijaitsevat Keski-Pohjanmaalla Perhossa. Yhtiö on kotimainen perheyrittäjä, jonka omistaa kokonaisuudessaan toimiva johto. Nykyiset tuotantotilat on rakennettu vuonna 2006. Tuotantotilat on lämmitetty vesikiertoisella lattialämmityksellä ja siihen tarvittava lämpö on tuotettu keskuslämmityskattilalla, jossa on poltettu puu- ja turvepellettiä.

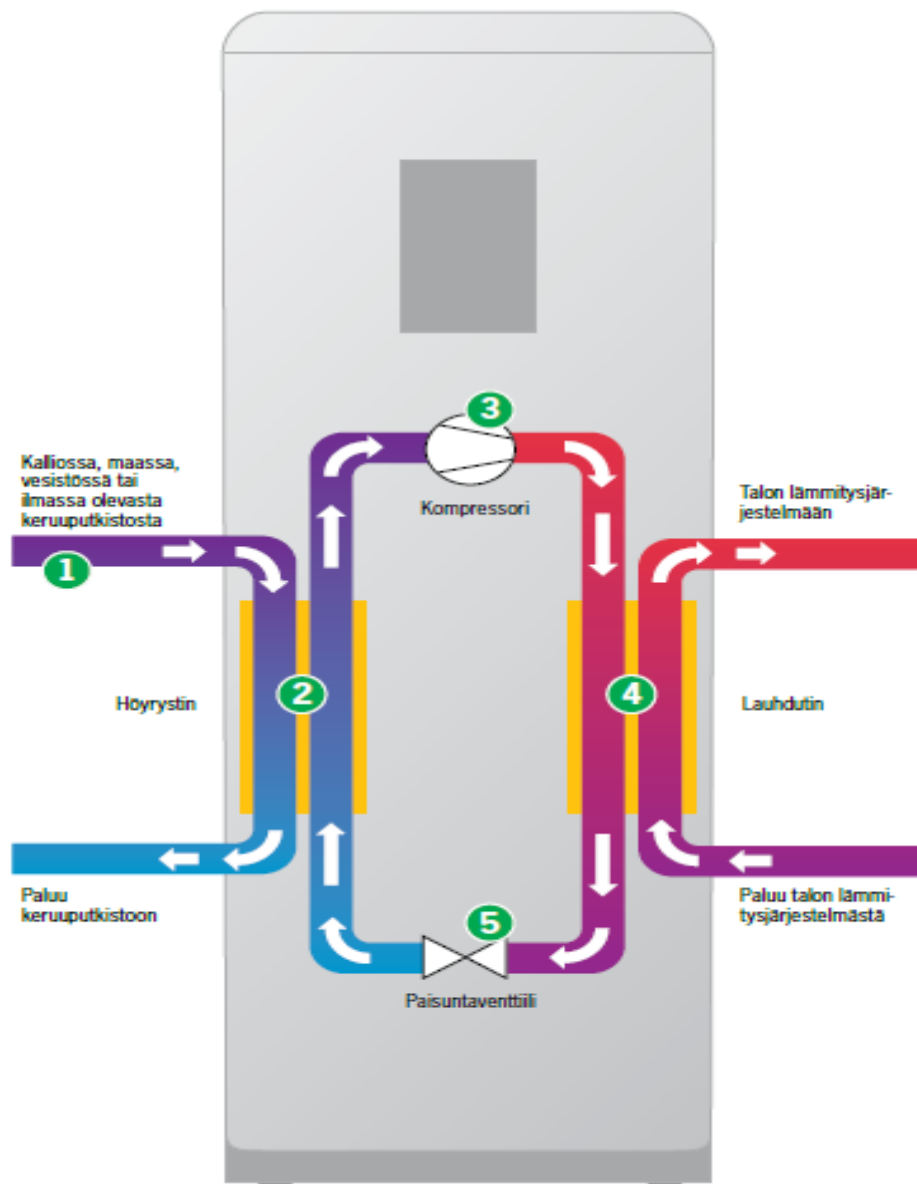
Lämmitysjärjestelmä on alkuperäinen. Kattilan pellettipoltin on vaihdettu kerran, ensimmäisen polttimen oltua liian pieni. Nykyinen lämmitysjärjestelmä on ollut hyvin häiriöherkkä ja vaatinut jatkuvia huoltotoimenpiteitä. Toistuvat huoltotarpeet ja käyttötoimenpiteet ovat vieneet tehokasta tuotantoaika. Myös jatkuva puupelletin kallistuminen on syönyt lämmityksen kannattavuutta.

Työn tavoitteena on modernisoida lämmitysjärjestelmä tehokkaammaksi ja parantaa toimintavarmuutta. Lyhyen tarkastelun jälkeen havaittiin, että kiinteän polttoaineen kattilavaihtoehdot eivät sovellu toimintaepävarmuuden ja huoltotarpeen takia. Alueella on myös kunnan ylläpitämä kaukolämpöverkosto, mutta myös se hylättiin liian kalliin energian hinnan takia. Fossiiliset polttoaineet eivät taas sovellu polttoaineen hinnan ja korkeiden päästöjen takia. Ainoaksi vaihtoehdoksi jäivät erilaiset lämpöpumppuvaihtoehdot.

Tehtävänä oli vertailla vaihtoehtoisia lämpöpumppuratkaisuja lämmitysjärjestelmän saneerausta varten. Vertailuun kuului mitoitus- ja kannattavuuslaskelmien tekeminen, laitteiston asennus, sekä asennuksen tarkastaminen ja laitteiston käyttöönotto. Opinnäytetyön aluksi teoriaosuudessa käsiteltiin lämpöpumpun toimintaperiaatetta yleisellä tasolla. Työ tulee painottumaan käytännön toteutukseen. Työn käytännön toteutuksen aikataulu oli lähtökohtaisesti hyvin joustava. Ainoana rajoittavana tekijänä oli ELY-keskukselta haettu investointituki, joka edellytti laitteiston asentamista maaliskuun 2015 loppuun mennessä.

1.1 Maalämpöpumpun toimintaperiaate

Kohteessa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, joten tarkastelu rajoittuu ilma-vesilämpöpumppuihin ja maalämpöpumppuihin. Molempien toimintaperiaate on hyvin samanlainen. Merkittävin ero on lämmönlähde. Maalämpöpumppu tarvitsee lämmönlähteeksi liuospiirin, joka on putkitettu porakaivo, maahan haudattu vaakaputkisto tai vesistöön upotettu keruuputkisto. (Thermia, Suuri Lämpöpumppukirja.)



KUVIO 1. Lämpöpumpun toiminta

Lämmönkeruuneste kiertää keruuputkistossa (1) ja ottaa lämpöenergiaa maasta, kalliosta tai vesistöistä. Tämän jälkeen keruuneste johdetaan lämpöpumpun höyrystimeen (2), joka on levylämmönsiirrin. Siirtimen toisella puolella kiertää lämpöpumpun kylmäaine, joka lämpenee keruunesteessä olevan energian ansiosta ja höyrystyy. Tämän jälkeen lämpöpumpun kompressorin (3) nostaa kaasumaisessa muodossa olevan kylmäaineen painetta ja paineen noustessa myös lämpötila nousee. Kuumaksi muuttunut kylmäaine johdetaan lauhtuttimeen (4), joka on myös levylämmönsiirrin. Siirtimen toisella puolella virtaa kiinteistön lämmitysvesi. Lämmitysvesi lämpenee siirtimessä samalla jäädyttäen kaasumaisen kylmäaineen lauhtumislämpötilaan, jonka jälkeen kylmäaine alkaa lauhtua takaisin nesteeksi. Kylmäaineen lauhtumisprosessissa lauhtuttimessa vapautuu kylmäaineen höyrystymiseen sitoutunut energia ja kompressorin käyttämiseen tarvittu energia lämmityskierto. Kylmäaineen kierto jatkuu paisuntaventtiilille (5), jossa sen paine ja lämpötila laskevat. Prosessi alkaa alusta ja kylmäaine höyrystyy uudelleen keruupiirin lämpöenergian vaikutuksesta. (Thermia, Suuri Lämpöpumppukirja.)

Lämpöpumpun lämpökerroin on sitä parempi, mitä alemmalla lämpötilalla lämmitysverkosto toimii. Tämä perustuu siihen, että mitä lähempänä lauhtumis- ja höyrystymislämpötilat ovat toisiaan, sitä vähemmän kompressorin täytyy tehdä työtä ja kuluttaa sähköä. Lämmönkeruunesteen ja lämmitysverkoston menoveden lämpötilat vaikuttavat lämpöpumpun tuottamaan tehoon. Mitä alhaisempi keruunesteen lämpötila ja mitä korkeampi menovesi, sitä vähemmän lämpöpumppu tuottaa kilowatteja. Lämmönlähteen lämpötilan ollessa lähes vakio ympäri vuoden, kyetään maalämpöpumpulla tuottamaan myös kylmien jaksojen vaatimat korkeat (+65 °C) lämmitysverkoston menovesilämpötilat. Maalämpöpumppujen tehot ilmoitetaan standardin EN14511 mukaan. (Thermia, Suuri Lämpöpumppukirja.)

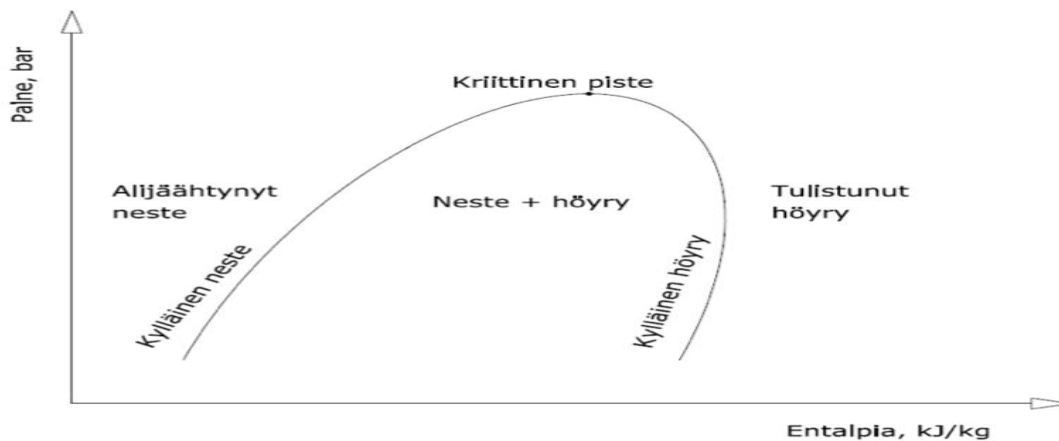
1.2 Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate

Ilma-vesilämpöpumpussa perustoimintaprosessi on samanlainen, kuin maalämpöpumpussa. Merkittävimpänä erona on lämmönlähde. Lämmönlähteenä toimii nyt ulkoilma. Ulkoilman lämpötilan muuttuessa eri vuodenaikoina ilma-vesilämpöpumpusta saatava teho vaihtelee mallista riippuen. Markkinoiden tehokkaimpien mallien teho laskee -20 °C:een ulkolämpötilassa 5-15 % nimellistehosta. Yleisimmissä malleissa teho laskee edellä mainituissa olosuhteissa noin puoleen nimellistehosta. Nimellisteho tarkoittaa standardin EN14511 mukaisesti ilmoitettua antotehoa. Ilma-vesilämpöpumpuille valmistajat takaavat alimman toimintalämpötilan, jotka yleensä ovat -15 ... -28 °C luokkaa. Ilmavesilämpöpumpulla

saavutettavan menoveden lämpötila laskee ulkolämpötilan laskiessa alle $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mallikohtaiset erot voivat olla suuriakin lämpötilassa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tästä johtuen ilma-vesilämpöpumput tarvitsevat Suomen olosuhteissa aina rinnalle toisen täysitehoisen lisälämmitysjärjestelmän. Järjestelmissä pyritään ensisijaisesti tuottamaan lämpö ilmavesilämpöpumpulla ja lisälämpö otetaan rinnalle vasta tarvittaessa. (Motiva 2015., Mitsubishi Electric ATW_DATABOOK 2012, 57.)

1.3 Kylmäaineen ominaisuudet

Kylmäaineen olomuotoa eri prosessin vaiheissa voidaan kuvata Log p, h tilapiirroksella. Pystyasteikkona on logaritminen paine (bar) ja vaaka-asteikkona entalpia (kJ/kg). Yksinkertaistetussa kuvassa (2) näkyy kylmäaineen eri olomuodot. Rajakäyrä jakaa olomuodot kolmeen vaihtoehtoon: nesteeseen, nesteen ja höyryn sekoitukseen ja höyryyn. Rajakäyrän huipulla on kriittinen piste, jonka yläpuolella kaasu ei tiivisty nesteeksi. Eri kylmäaineille on omat yksilölliset tilapiirroksat. (Opetushallitus, Kylmäteknii-
kan perusteet, Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2009.)

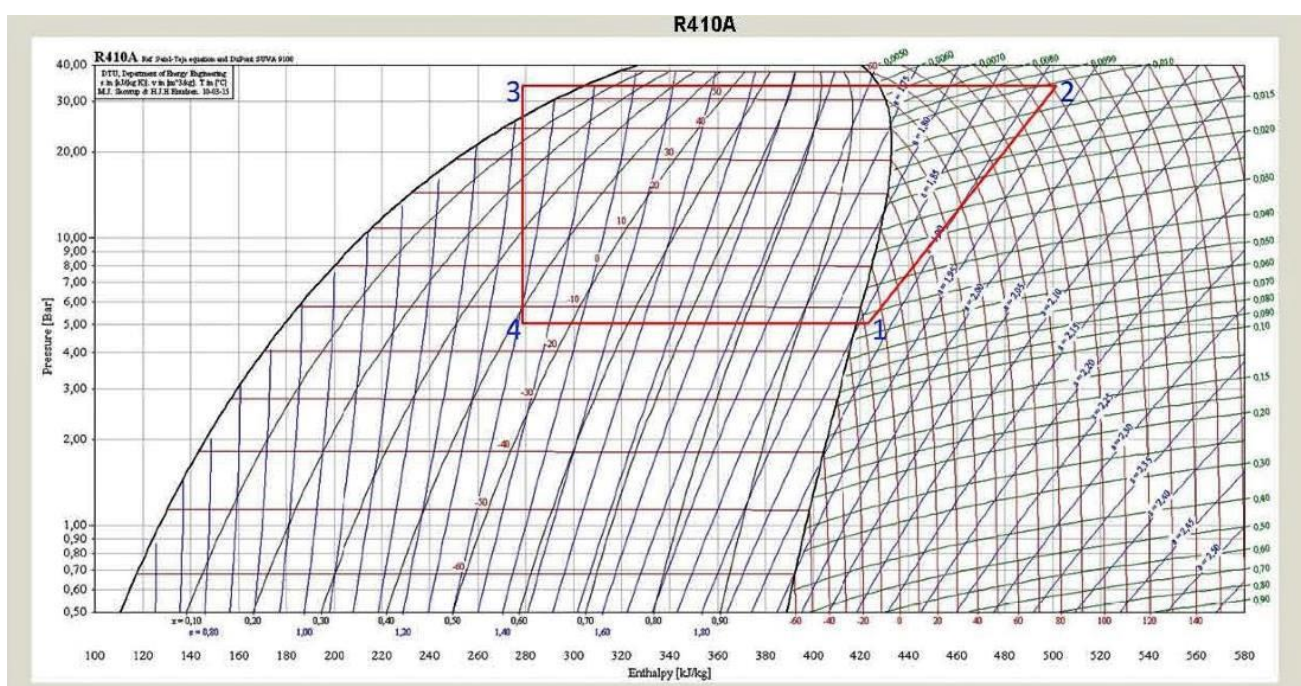


KUVIO 2. Kylmäaineen olomuodot

Lämpöpumpussa oleva nestemäinen kylmäaine on paisuntaventtiilin jälkeen alhaisessa paineessa ja lämpötilassa. Se muutetaan lämmönlähteestä talteen otettavan lämpöenergian avulla höyrystimessä matalapaineiseksi kylmäainehöyryksi, johon on sitoutunut lämmönlähteestä otettu energiamäärä. Tämän jälkeen lämpöpumpun kompressori puristaa kylmäaineen korkeampaan paineeseen, jolloin kylmäainehöyry kuumenee. Kuumentunut korkeapaineinen kylmäainehöyry muutetaan takaisin nestemäiseen

muotoon lämpöpumpun lauhduttimessa, missä kylmäaineeseen sitoutunut höyryslämpö ja kompressorin puristustyöhön tarvittu energia vapautuvat höyryn muuttuessa takaisin nesteeksi (lauhtuminen). Vapautunut energia siirtyy lämmityskäyttöön. Lauhtunut nestemäinen kylmäaine jatkaa matkaa paisuntaventtiilille, josta kiertoprosessi alkaa uudelleen. (Opetushallitus, Kylmätekniiikan perusteet, Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2009.)

Kuvassa (3) on esitetty kylmäprosessin eri vaiheet ja komponenttien osuus. Välin 1-2 kompressoritekee työtä, eli kylmäaineen entalpia kasvaa ja paine nousee. 2-3 on lauhduttimen osuus. Lämpöä luovutetaan kylmäaineesta. Kohdassa 3-4 paisuntaventtiili laskee painetta. 4-1 välissä keruupiiristä tuodaan lämpöä kylmäaineeseen. (Opetushallitus, Kylmätekniiikan perusteet, Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2009.)



KUVIO 3. Log p, h -tilapiirros R410A kylmäaineelle

2 MITOITUSLASKELMAT

Uuden lämmitysjärjestelmän mitoitusperustana käytettiin vanhaa energian kulutusta ja verrattiin sitä rakentamismääräyskokoelman ohjeelliseen mitoitustehoon. Mitoitukseen vaikuttaa myöskin hallissa pidetty normaalia matalampi lämpötila. Hallin sisälämpötila on pyritty pitämään lämpötilassa +15 °C:ssa. Lämmitettävän tilan mitat ovat 48,3 * 15,3 m ja keskikorkeus on 7 m. Lämmitettäviä kuutioita on täten 5172 m³. Nykyisen kulutuksen perusteella kiinteistön huipputehontarve jää arvoon 24,6 kW, joka on merkittävästi suunnitteluarvoja pienempi. Tätä mitoitusta tukee kuitenkin nykyisen lämmitysjärjestelmän huipputeho 35 kW, joka on tähän saakka riittänyt kaikilla ulkolämpötiloilla.

2.1 Lämmitykseen käytetty energia

Aikaisemmin lämmitykseen on kulunut keskimäärin 17 tonnia puupellettiä vuodessa. Kuivan pelletin energiasisällöksi ilmoitetaan 4,8 MWh/t. Kattilan polton hyötysuhdetta ei ole mitattu. Laskelmissa on käytetty vuosihyötysuhdearviona 75 %:a. Tällöin lämmitykseen käytetyksi nettoenergiaksi saadaan $17t * 4,8MWh/t * 0.75 = 61,38 MWh/vuosi$. Kiinteistössä on myöskin vähäistä käyttöveden kulutusta. Lämmin käyttövesi on tehty erillisellä sähköisellä käyttöveden lämmittimellä. Käyttöveden kulutuksen vähyydestä johtuen päätimme jättää sen ennalleen. Käyttöveden lämmitin oli otettu käyttöön vuonna 2006, joten sen laskennallisesta eliniästä oli vielä runsaasti jäljellä. Mikäli lämpöpumpulla olisi lämmitetty myöskin käyttövettä, olisi se edellyttänyt käyttövesivaraajan uusimista. Tämä olisi nostanut investointia merkittävästi, joten se päätettiin jättää ennalleen. Mitoituksessa on huomioitu ainoastaan kiinteistön lämmittämiseen kulunut energia.

2.2 Mitoitusohjelma

Mitoitusohjelmana on käytetty Scanoffice Oy:n kehittämää ohjelmaa, jota käytetään internetselaimella. Samalla ohjelmalla voidaan mitoittaa sekä maalämpöpumppu, että ilma-vesilämpöpumppu. Ohjelmassa

mitoitussuorituslaskelmana käytetään rakentamismääräyskokoelman mukaisia lämpötiloja, jotka ovat ohjelmassa määrättyneet postinumeroon mukaan. Ohjelma huomioi muuttuvan ulkolämpötilan tilastokeskukselta saatavien kymmenen vuoden keskiarvojen mukaan. Laskennassa käytettävien hyötysuhteiden ja tehojen arvot on saatu laitevalmistajien julkaisemista laitetiedoista. Kun mitoitustapana on vanha kulutus, jakaa ohjelma kuluneen energian ulkolämpötilojen keskiarvojen perusteella eri ajanjaksoille. Tällöin ohjelma voi laskea minkälaisen osuuden lämpöpumppu kykenee tekemään tarvittavasta energiasta ja millä lämpökertoimella. Ohjelma laskee myös tarvittavan lisäenergian määrän, mikäli lämpöpumpulla ei kyetä tuottamaan kaikkea tarvittavaa energiaa. Ohjelma laskee myös tarvittavan huipputehon mitoitussuorituslaskelmana.

2.3 Maalämpöpumpun mitoitus

Maalämpöpumpuksi valikoitui Alpha Innotecin SW Alterra 192H3. Lämpöpumpun EN 14511 standardin mukainen antoteho on 18,6 kW ja COP 4,87. Lämpöpumpun energialuokka on A++ (LIITE 1).

Lämpöpumppu suoriutuu mitoitussuorituslaskelman mukaan tuottamaan 99,6 % kiinteistön lämmitysenergian tarpeesta. Pykälää pienemmällä 17 kW lämpöpumpullakin olisi kyetty myös teettämään merkittävän suuri osuus kiinteistön energian tarpeesta. Laitteiden välinen hintaero ei kuitenkaan ollut merkittävä ja myöskään porakaivojen pituuteen sillä ei ollut olennaista merkitystä. Täten päädyimme isompaan kokoon, koska hallin nykyinen lämmitysenergian kulutus on hyvin matala ja mikäli kiinteistön käyttötarkoitus muuttuu se voi nousta olennaisesti. Seuraava suurempi koko olisi ollut 22 kW lämpöpumppu ja tämä taas oli olennaisesti arvokkaampi laite ja nykyisellä kulutuksella sillä ei olisi saatu juurikaan suurempia säästöjä.

2.4 Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus

Ilma-vesilämpöpumpuksi valikoitui Mitsubishi Electricin PUHZ-SHW230. Kytkeväksi PAC-IF032B. Lämpöpumppu kykenee mitoitussuorituslaskelman mukaan tuottamaan 99,1 % kiinteistön lämmitysenergian tarpeesta. Nykyisen kulutuksen perusteella olisi kohteessa optimaalisempi hieman pienempi

lämpöpumppu. Myöskin ilma-vesilämpöpumpun kohdalla päädyttiin suurempaan kokoon mahdollisen kulutuksen kasvun takia. Valittua vaihtoehtoa suurempi ilma-vesilämpöpumppu olisi käytännössä tuplannut investoinnin suuruuden ja taaskaan säästöt eivät olisi juurikaan kasvaneet. Suomessa rakentamismääräyskokoelman mukainen mitoitus vaatii aina ilma-vesilämpöpumpun rinnalle täysitehoisen varalämmön. Tässä tapauksessa vanha kattila olisi jäänyt rinnalle varalämmöksi (LIITE 2).

2.5 Säästölaskelmien ja investoinnin vertailu

Kiinteistössä on lattialämmitys joka on ihanteellinen lämpöpumpputekniikalle menoveden matalien lämpötilojen takia. Tämä mahdollistaa lämpöpumpuille parhaan mahdollisen vuosilämpökertoimen. Maalämpöpumpulle saadaan mitoitusohjelman mukaan lämpökertoimeksi 5,4 ja ilma-vesilämpöpumpulle 2,7. Suoraan sähkölämmitykseen verrattuna tämä antaa maalämmölle vuodessa 1169 € suuremmat säästöt. Investointina maalämpö on 12365 € kalliimpi. 5 % pääomakustannuksilla investointieroon nähden menee yli 10 vuotta, jotta hintaero saadaan katettua. Merkittävin investointiero syntyy maalämpöpumpun tarvitsemista porakaivoista (LIITE 3).

Tässä tapauksessa tontin rajallisesta koosta ja maaperästä johtuen edullisempi vaakaputkisto ei ollut mahdollinen. Lämpöpumppuna maalämpöpumppu oli hieman edullisempi. Asennuskustannukset molemmilla laitteilla olivat samat. Lämpöpumpun laskennallinen ikä on valmistajien mukaan noin 15 vuotta. Tähän toki vaikuttavat paljon lämpöpumpun käyttöolosuhteet. Paremmasta sijoitetun pääomantuotosta (22 %) ja pienemmistä investointikustannuksista johtuen valintana oli ilma-vesilämpöpumppu. Valintaan vaikutti myöskin maaperän heikko tuntemus ja tieto sen soveltuvuudelta lämpökaivoille. Vallinnan yhteydessä tehtiin päätös asentaa mittauslaitteet suoritusarvojen varmistamiseksi. Lämpöpumpun ottoenergiaa mittaamaan laitetaan sähkönkulutusmittari a-collection ja lämpöpumpun antoenergiaa mittaa Kamstrup MULTICAL 402. Mittareiden ansiosta päästään näkemään koko lämpöpumppujärjestelmän lämpökerroin eri tarkasteluväleillä.

2.6 Valittu lämpöpumppu

Valitsemamme ilma-vesilämpöpumppu on Mitsubishi Electricin valmistama PUAZ-SHW230 ZUBADAN ulkoyksikkö. Kyseisessä järjestelmässä kaikki kylmäainetekniikkaan liittyvä on (lauhdutin pois lukien) ulkoyksikössä. Lauhdutin eli tässä tapauksessa levylämmönsiirrin sijoitetaan kiinteistön tekniseen tilaan ja välille rakennetaan kuparinen kylmäainelinja. Kyseinen malli on markkinoiden kehittyneimpiä ilma-vesilämpöpumppuja. Siinä on erinomainen tehontuotto myös kovemmillä pakkasilla (LIITE 4).

3 LÄMPÖPUMPUN ASENNUS

Lämpöpumpun asennus pystyttiin toteuttamaan joustavasti ilman pidempiä lämmityskatkoja. Tämä edellytti hyvää asennuksen valmistelua ja esivalmisteiden tekoa. Ennen asennusta käytiin tarkasti läpi kytkentätapa ja tehtiin luettelo tarvittavista osista, jotta asennus ei keskeytyisi turhaan. Teknisessä tilassa oli runsaasti tilaa uudelle laitteistolle ja putkitukset mahduttiin tekemään vanhan järjestelmän rinnalle. Tällöin ei tarvittu kuin lyhyt katko vesikierrossa kahden t-haaran liittämässä. Myöskin sähkökeskus oli aivan lämmönjakohuoneen vieressä.

3.1 Vanha lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön lämmönjakotapana on vesikiertoinen lattialämmitys. Kiinteistössä ei ole koneellista ilmanvaihtoa. Aikaisemmin kiinteistön tarvitsema lämmitysenergia on tuotettu keskuslämmityskattilalla polttamalla puu- ja turvepellettiä. Kattila on ollut kytkettynä suoraan lämmönjakoverkkoon ilman varaajaa. Lämmönjakohuone on kooltaan 2,4 m * 3,5 m. Lämmönjakohuoneessa oli kattilan lisäksi 1,5 t pellettsiilo ja syöttölaitteisto. Myös erillinen käyttövedenlämmitin ja putkiston jakotukit sijaitsevat lämmönjakohuoneessa.

3.2 Lämmitysjärjestelmän vaatimat muutokset

Uudeksi päälämmönlähteeksi valittu ilma-vesilämpöpumppu on tyypiltään rinnalle asennettava, joten vanha keskuslämmityskattila jää edelleen paikoilleen. Kattilan käyttö tulee kuitenkin olemaan vähäistä, joten siilo ja syöttölaitteisto voidaan purkaa pois. Lisälämpö tuotetaan tarvittaessa polttamalla pakkausjätteitä ja polttopuuta, tällöin kattilan rinnalle asennetaan lämminvesivaraaja, johon tulee myös sähkövastukset 4*10 kW varalämmitysjärjestelmäksi. Lämpöpumppu kytkettiin lämmitysjärjestelmän paluulinjaan ennen kattilan sekoitusventtiiliä. Tällöin lämmönjakohuoneeseen tuli sijoittaa lämpöpumpun levylämmönsiirrin ja ohjauskeskus. Levylämmönsiirtimen vesipuoli kytkettiin vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Itse lämmönjakoverkkoon tehtävät muutokset olivat ainoastaan vesikierron paluulinjan

haaroittaminen levylämmönsiirtimelle. Kylmäainepiiri taas kytketään ulkoyksikölle missä varsinainen lämpöpumppprosessi tapahtuu.

3.3 Ilma-vesilämpöpumpun vaatimukset asennukselle

Ilma-vesilämpöpumpun suurin komponentti on ulkoyksikkö. Valittu ulkoyksikkö on mallia Mitsubishi Electric PUHZ-SHW230. Kyseinen yksikkö painaa 143 kg, joten se vaatii tukevan alustan. Ulkoyksikön paikalle kivijalan viereen valettiin betonista asennuslaatta, jonka päälle asennettiin teräksinen maatuukiteline, jossa on myös katos ulkoyksikölle. Valmistajan mukaan katos ei kuitenkaan ole pakollinen. Arvioimme, että katos voisi vähentää ulkoyksikön kylkeen satavaa lunta. Tällä on merkitystä järjestelmän kokonaislämpökertoimen kannalta. Lämmönjakohuoneeseen sijoitettavat komponentit ovat fyysiseltä kooltaan pieniä, joten käytännössä niiden sijoittaminen lämmönjakohuoneeseen on ongelmatonta. Ulkoyksikölle löytyi paikka läheltä lämmönjakohuoneen ulkoseinää, joten kylmäainelinjan pituus muodostui kohtuulliseksi.

3.4 Ilma-vesilämpöpumpun asennus

Lämpöpumpun ulkoyksikkö asennettiin sille valmistetulle telineelle betonialustan päälle. (KUVIO 4.) Ulkoyksikön ja telineen väliin asennettiin sulatusvesikaukalo johon ulkoyksikön sulatusvedet valuvat. Sulatusvesikaukalosta vedet johdetaan kiinteistön sisälle lattiakaivoon. Ulkoyksikön pohjassa on kiinnitysriivat, joista ulkoyksikkö pultataan kiinni telineeseen ja sulatusvesikaukaloon.



KUVIO 4. Ulkoyksikkö asennettuna maatumitelineelle

3.4.1 Kylmäainepiirin asennus

Kylmäainepiirin asennus aloitettiin levylämmönsiirtimeltä. Levylämmönsiirrin CBH 70 - 60 kiinnitettiin lämmönjakohuoneen seinälle kierretangoilla. Levylämmönsiirtimen höyrylinjan koko on 22 mm ja nestelinja 3/8" (9,52 mm). Höyrylinja rakennettiin suorasta kylmäainekupariputkesta. Kulmat taivutettiin Rems Kurvo taivutuskoneella. Taivutuskohdat hehkutettiin pehmeäksi happi-asetyleeni liekillä ennen taivutusta. Samanaikaisesti käytettiin tyypeä suojakaasuna putken sisällä. Sillä estettiin kylmäainekupa-

riputken sisäpinnan oksidoituminen. Liitokset tehtiin juottamalla 5 %:n fosforikuparilla. Nestelinja rakennettiin hehkutetulla kylmäainekuparilla, joka on rullalla ja käsin taivutettavissa. (KUVIO 5.) Levylämmönsiirrin on materiaaliltaan Alloy 316 haponkestävää terästä. Tästä johtuen levylämmönsiirtimen ja kupariputken välinen liitos tehdään hopeakovajuotteella. Kylmäainelinjaan asennettiin myös nestelasi, josta voidaan tarkastella kylmäaineen virtausta.



KUVIO 5. Kylmäaineputkien juottaminen

Ennen ulkoyksikköä höyrylinjaan liitettiin värinänvaimennin vähentämään linjaan kohdistuvia räsituksia. Seinien läpiviennit tehtiin poraamalla 70 mm reikä, josta kylmäainekupariputket johdettiin ulos ja reiät tiivistettiin polyuretaanivaahdolla. Lämpöpumpun mukana tuli liitoskappaleet kylmäainelinjan kytkemiselle lämpöpumppuun. Kylmäainelinjojen päät juotettiin fosforikuparilla liitoskappaleisiin. Höyrylinja eristettiin 19 mm solukumieristeellä ja nestelinja 13 mm solukumieristeellä. Saumat liimattiin ja lisäksi teipattiin solukumiteipillä. Seuraavaksi linjaan liitettiin tyhjiöpumppu Rothenberger Roairvac 6.0, jolla suoritettiin 30 min esityhjiöinti.

Tämän jälkeen suoritettiin koeponnistus tyypellä paineen ollessa 44 bar. Typpi toimii samalla huuhteluaineena, joka poistaa kosteutta linjastosta ja tällöin lopullinen tyhjiöinti on nopeampaa. Koeponnistuksen kesto oli 1 vrk. Linja todettiin pitäväksi. Koeponnistuksessa käytetty typpi laskettiin pois linjasta ja aloitettiin lopullinen tyhjiöinti. Tyhjiöintiä suoritettiin 120 min. Lopullinen tyhjiö oli 125 Pa. Tyhjiöinnin tarkoitus on poistaa linjasta lauhtumattomat kaasut (ilma) ja kosteus. Mikäli näitä on kylmäainekierrossa, se aiheuttaa prosessin häiriöitä ja heikentää järjestelmän lämpökerrointa. Seuraavaksi avattiin ulkoyksiköstä kylmäaineen täyttöventtiili. Kylmäainepiiri täyttyi kylmäaineella R410A.

3.4.2 Vesipiirin asennus

Lämmönsiirrin kytkettiin lämmitysverkoston paluulinjaan, jossa lämpötilataso on mahdollisimman alhainen, mikä parantaa lämpöpumpun lämpökerrointa. Lämpöpumpun lämmitystehon riittäessä täysimääräisenä kiinteistön lämmitykseen, lämmitysverkon menoveden lämpötilaa säätävä sekoitusventtiili on kokonaan kiinni ja kattilalta tulevaa lisälämpöä ei tarvita. Vanhaan järjestelmään vaaditut muutokset olivat ainoastaan kaksi t-haaraa lämmönsiirtimelle, sekä yksi kuulasulkuventtiili, jonka sulkemalla vesivirta pakotetaan kiertämään lämmönsiirtimen läpi. Heti t-haarojen jälkeen asennettiin sulkuventtiilit, jotka sulkemalla lämmönsiirrin voidaan huollon ajaksi ongelmitta erottaa muusta järjestelmästä. (LIITE 5.)

Ennen lämmönsiirrintä putkistoon asennettiin sihti estämään levylämmönsiirtimen tukkeutumista lämmitysverkoston mahdollisten epäpuhtauksien johdosta. (KUVIO 6.) Lämmönsiirtimen jälkeen putkistoon asennettiin anturitasu lämpöpumpun ohjausta varten. Linjastoon asennettiin myös kaksi anturitasua ennen ja jälkeen levylämmönsiirrintä, energiamittarin antureita varten. Energiamittari asennettiin

3.4.3 Laitteiden sähköistys

Kiinteistön sähköpääkeskus sijaitsee kattilahuoneen seinän takana, mikä helpotti lämpöpumpun sähkönsyötön kytkentää. Sähköpääkeskukseen lisättiin 3x25A sulakkeet lämpöpumpun sähkönsyöttöä varten. Sähkökeskukseen lisättiin sähköenergian mittaus lämpöpumpun sähkönkulutuksen mittaamista varten. Sähkönsyöttökaapelina käytettiin 5x6 mm² MMJ-kaapelia. Sähkönsyöttökaapeli asennettiin kattilahuoneen kautta ulos turvakytkimelle, josta kaapeli jatkettiin ulkoyksikölle ja kytkettiin liitteen piirikaavion mukaan. Ulkoyksikön sähkönsyötön kytkentärimalta kytkettiin myös sulatusvesien saattovastusten sähkönsyöttö. Väliin asennettiin 10 A johdonsuojakytkin. Saattovastuksien käyttöä ohjataan erillisellä ulkotermostaatilla, joka kytkee vastukset päälle ulkoilman lämpötilan laskiessa alle, +3 °C. Lisäksi ulkoyksiköltä vedettiin lämpöpumpun ohjauskeskukselle sähköistys ja ohjauskaapeli (LIITE 6).

Ohjauskeskukseen kytkettiin ohjauskaapelin lisäksi virtausvahti, Trafag As33 ulkotermostaatti, joka sammuttaa lämpöpumpun ulkolämpötilan laskiessa alle lämpöpumpun taloudellisen käyttölämpötilan. Valmistaja takaa ulkoyksikön toiminnan -25 °C saakka. Lämmitysverkoston matalan toimintalämpötilan ansiosta säätöarvoksi voitiin asettaa, -25 °C. Ohjauskeskukseen kytkettiin kolme lämpötila-anturia, kaksi kylmäainepiirin meno- ja paluulinjaan, sekä kolmas anturi lämmönsiirtimeltä lähtevään vesilinjaan. Antureiden mittaamien lämpötilojen mukaan ohjauskeskus ohjaa ulkoyksikköä. Lopuksi ohjauskeskukseen kytkettiin PAR-31MAA-J langallinen kaukosäädin.

4 MITTAUKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI

Levylämmönsiirtimen meno- ja paluulinjoihin asennettuihin anturitaskuihin asetettiin Kamstrup MULTICAL 402 energiamittarin mittausanturit. Virtausmittari ja lukulaite ovat kiinni vesilinjassa. Mittauslaitteesta näkee hetkellisen tilavuusvirran, meno- ja paluueden lämpötilat, hetkellisen tehon ja lämpötilaeron, kumulatiivisen energiamäärän, sekä kumulatiivisen tilavuusvirran. Mittauksen pääasiallinen tarkoitus on tuotetun kokonaisenergiämäärän selvittäminen. Mittareihin tallentuu kumulatiivinen energiamäärä. Lähtötilanteessa lämmitysverkoston tilavuusvirta oli 2780 l/h. Lämmitysverkoston tilavuusvirta on pysynyt koko käytön aikana samana ± 50 l/h. Lämmitysverkoston meno- ja paluueden lämpötilaero on liikkunut mittausjakson aikana 3...7 K välillä. Mittaustulosten kirjaaminen tapahtui käsin seurantavihkoon. Tallennetuista arvoista koottiin Excel-taulukko. (LIITE 7.) Mittaustuloksista kirjattiin sähkönkulutus, tuotettu energiamäärä ja mittaushetken ulkolämpötila.

Mittausajanjakso aloitettiin 17.2.2015 lämpöpumpun ensimmäisestä käynnistyksestä. Lämpöpumppu on toiminut mittausjakson aikana alusta alkaen häiriöttä. Ensimmäisen kuukauden aikana ulkolämpötila liikkui nollan tuntumassa, eikä alle -10 °C pakkasia mitattu. Ensimmäisen kuukauden aikana lämpöpumppu tuotti kaiken tilan tarvitseman lämmitysenergian 8,33 MWh käyttämällä siihen sähköenergiaa 2,44 MWh. Lämpöpumpun lämpökerroin (COP) oli tuolloin 3,4, joka saadaan suoraan jakamalla tuotettu energia siihen kulutetulla energialla. Seuraavan kuukauden aikana ulkolämpötila vaihteli mittaushetkinä välillä -15 °C ja $+5$ °C. Kylmimmät pakkasjaksot olivat lyhyitä ja lämpöpumppu tuotti kaiken tilan tarvitseman lämmitysenergian 8,61 MWh käyttämällä siihen sähköenergiaa 2,36 MWh. Lämpöpumpun lämpökerroin (COP) oli tuolloin 3,6.

Ulkolämpötilan noustessa arvoihin $+5$... 10 °C on tilan lämmitystarve niin pieni, että laite on sammutettu välillä 1-2 vuorokauden ajaksi. Lämmityskausi päättyi kokonaan 27.5.2015, jolloin ulkolämpötila liikkui välillä $+9$ °C ja $+14$ °C. Koko kevätkauden lämmitysajanjakson lämpöpumppu kykeni tuottamaan koko lämmitysenergian 21,32 MWh käyttäen siihen sähköä 5,80 MWh. Lämpöpumpun lämpökerroin (COP) oli koko kevätjakson aikana keskimäärin 3,7.

Syksyllä lämmitys aloitettiin uudelleen 3.9.2015, tuolloin ulkolämpötila oli laskenut alle, $+10$ °C. Ulkolämpötila pysytteli nollan tuntumassa vuoden lopulle saakka. Kireät pakkasjaksot alkoivat 2.1.2016. Tuolloin ulkolämpötila laski jopa arvoon -30 °C 6.1.2015. Tällöin myös mitattiin lämpöpumpun heikoin

lämpökerroin 1,52. Yhtäjaksoiset kireät pakkaset jatkuivat 23.1.2016 saakka. Tuona aikana lämpökerroin liikkui keskimäärin 1,5 ja 2,3 välillä. 23.1.2016 mennessä lämpöpumppu oli tuottanut energiaa 52,5 MWh ja kuluttanut sähköä 16,0 MWh. Kovien pakkasten aikana havaittiin, että lämpöpumpun antoteho riitti lämmitykseen $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ulkolämpötilassa. Tätä kylmemmillä ulkolämpötiloilla sisälämpötila lähti laskemaan, mikäli lisäenergiaa ei käytetty lämmityksen tuottamiseen. Lisälämpöä tuotettiin keskuslämmityskattilalla sekahalkoa polttamalla.

17.2.2016 tuli vuosi lämpöpumpun käyttöönotosta. Mittausjakson aikana on ollut niin leutoja kuin koviakin pakkasjaksoja. Ilmatieteenlaitoksen tilastojen mukaan mittausjakson aikaiset lämmitystarveluvut ovat normaalitasolla. Mittausjakson aikana sähköenergiaa kului 18 732 kWh ja lisälämpönä sekahalkoa 6 pinokuutiometriä. Lämpöpumppu tuotti lämpöä 60 840 kWh ja polttopuusta saadun nettoenergian määräksi arvoitiin 6 000 kWh. Tämä on yhteensä 66 840 kWh, joka on hieman enemmän kuin mitoitustilanteessa olimme laskeneet. Se on kuitenkin linjassa aikaisemman lämmitysmuodon energiankulutuksen kanssa. Pitkältä osin arvioitua suurempi lisäenergian tarve selittyy tammikuun kovalla pakkasjaksolla, joka oli hieman normaalia talvea pidempi. Mitoitustilanteessa olimme saaneet lämpöpumpun lämpökertoimeksi 2,70. Mittausjakson aikana lämpöpumpun lämpökertoimeksi muodostui 3,25. Lukuarvoa voidaan pitää erittäin hyvänä. Laskettua parempi lämpökerroin johtuu mitoitustilannetta matalammasta menovedenlämpötilasta, joka parantaa prosessin lämpökerrointa.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa yrityksen tuotantotilojen lämmitysjärjestelmän tehokkuutta ja toimintavarmuutta. Valintakriteereistä johtuen selvisi hyvin nopeasti, että lämpöpumppuratkaisut ovat ainoita vaihtoehtoja, jotka täyttävät valintakriteerit. Teoriaosuudessa tarkasteltiin lämpöpumppujen ja kylmäprosessin toimintaperiaatetta.

Alkuvaiheessa arvioitiin laskennan avulla keskimääräiseksi lämmitysenergian kulutukseksi 61,38 MWh vuodessa. Tästä saadaan rakentamismääräyskokoelman mukaiseksi mitoitustehoksi 24,6 kW. Aikaisemmassa lämmitysjärjestelmässä ei ollut energiamittausta, joten kulutettu energiamäärä laskettiin kulutetun polttoaineen avulla. Laskennassa käytetty kattilahyötysuhde arvioitiin laitteiston kunnan ja polttoaineen laadun perusteella.

Säästölaskelmien ja kustannusarvion perusteella uudeksi lämmityslaitteistoksi valikoitui ilma-vesilämpöpumppu, joka kytketään nykyisen lämmityslaitteiston rinnalle muodostaen täten hybridilämmityksen. Lämmitysjärjestelmän toimintaperiaatteena on, että lämpöpumppu tuottaa ensisijaisesti kaiken tarvittavan lämmitysenergian ja mahdollisesti tarvittava lisälämpö tuotetaan kattilalla.

Hybridilämmityksen rakentaminen vanhaan laitteistoon tukeutuen osoittautui hyvin joustavaksi ja pieniä muutoksia vaativaksi vaihtoehdoksi. Täten sen asennus ei aiheuttanut pitkää lämmityskatkoa. Huolellisen suunnittelun ja valmistelun ansiosta lämmitykseen tarvittiin vain kolmen tunnin katkos lämmityksessä. Näin lyhyen katkon ansiosta laitteisto voitiin asentaa talvella kesken lämmityskauden. Järjestelmään asennettiin energiamittaus, jotta järjestelmän tehokkuus voitiin todentaa seurannalla.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin energiamittauksia hybridilämmityksen ensimmäisen käyttövuoden ajalta. Mittaustulokset ovat osoittautuneet lähes samansuuruisiksi, kuin alkutilanteen arvioidut laskelmat osoittavat. Laitteisto on osoittautunut odotetun toimintavarmaksi. Myöskin alkutilanteessa arvioitu tehokkuus on toteutunut.

6 LÄHTEET

Mitsubishi Electric ATW_DATABOOK 2012

MOTIVA 2015. Ilma-vesilämpöpumppu. Www-dokumentti. Saatavissa: www.motiva.fi. Luettu 3.10.2015

Kaappola, Hirvelä, Jokela. 2009. Kylmätekniiikan perusteet. 3 painos Helsinki: Opetushallitus.

Thermia lämpöpumput. 2014. Suuri lämpöpumppukirja.

Laitetyypit

Maalämpöpumput SWC AI

Laitteet

SWC 192(HK)3

Mitoitusperuste

W/m³

Pinta-ala	739	m ²
Huonekorkeus	7	m
Kerros määrä	1	
Sisälämpötila	15	°C
Henkilömäärä	0	
Tilavuus	5173	m ³
Pinta-ala yhteensä	739	m ²

Laitteistojen määrä	1
Teho lämmitys W/m ³	6,25
Menovesi [°C]	30
Käyttövesi [°C]	Sähkö
Vuoden keskilämpötila [°C]	3,2
MUL [°C]	-32

Yritys/Kohde	Steel Production Maanselk
Yhteyshenkilö	Tero Maanselkä
Puhelin	
Sähköposti	
Katuosoite	Teollisuustie 13
Postinumero	69950
Postitoimipaikka	PERHO
Korkeus	0
Maa	Suomi

Keruupiirin valinta	Porakaivo
Lambda, kallio [W/m K]	3
Keruun. vuosikesk. [°C]	0
Keruuneste MUL [°C]	-3
Suurin por. syvyys [m]	230
Kaivon aktiivisyvyys [m]	221
Kaivoja/Piirejä [kpl]	2

Yritys	Scanoffice Oy
Yhteyshenkilö	Eskola Arttu
Puhelin	050-4481691
Sähköposti	arttu.eskola@scanoffice.fi

Laskelman tulos

Lämmitysteho [kW]

Tilat 24,6

Käyttövesi 0

Yhteensä 24,6

Lämmitysenergia [kWh/v]

Tilat 61387

Käyttövesi 0

Yhteensä 61387

Tuotettu/kulutettu [kWh]

Lämpöpumppu 61148

Lisäenergia 239

LP-ostoenergia 11365

Lämpöpumpun osuus [%] 99,6

Lämpökerroin

COP

5,4

Lämmityskustannukset eri energiamuodoilla

Valitse vertailukohde

Sähkölämmitteinen vesikiertolämmitys

Hyötysuhde [%] 100

Kulutus [kWh/v] 61387

Hinta [€/kWh] 0,1000

Lämmityskustannus [€/v] 6139

Säästö lämpöpumpulla [€/v] 4978

Öljyyn Sähköön Kaukolämpöön

SWC 192(HK)3

Sähköenergian kulutus [kWh/v] 11365

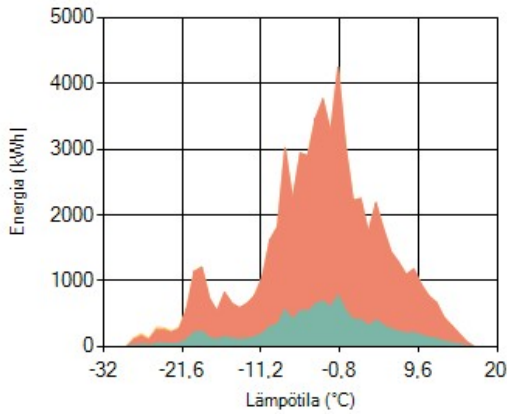
Lisäenergia [kWh/v] 239

Säästö [kWh/v] 49783

Lämmityskustannus [€/v] 1160

Laskelma perustuu saatuihin tietoihin ja tilastopohjaisiin astepäivälukuihin. Laskelma ei takaa että laskettu tulos saavutetaan.

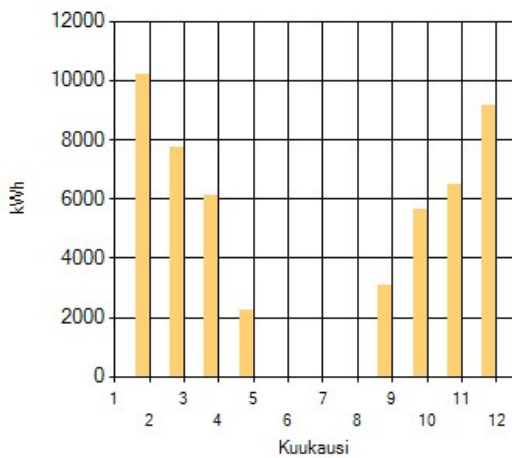
Graafit



■ Lämmitysenergian tarve
■ Lämpöpumpun tuottama energia
■ Energian kulutus



■ Lämpöpumpun tuottama energia
■ Lisäsähkön tarve
■ Lämpöpumpun sähkökulutus



■ Kokonaislämmitys ■ Käyttövesi

Laitetyypit

Ilma-vesi PAC-IF032/IF061

Laitteet

PUHZ-SHW230YKA

Mitoitusperuste

W/m³

Pinta-ala	739	m ²
Huonekorkeus	7	m
Kerros määrä	1	
Sisälämpötila	15	°C
Henkilömäärä	0	
Tilavuus	5173	m ³
Pinta-ala yhteensä	739	m ²

Laitteistojen määrä	1
Teho lämmitys W/m ³	6,25
Menovesi [°C]	30
Käyttövesi [°C]	Sähkö
Vuoden keskilämpötila [°C]	3,2
MUL [°C]	-32

Yritys/Kohde	Steel Production Maanselk
Yhteyshenkilö	Tero Maanselkä
Puhelin	
Sähköposti	
Katuosoite	Teollisuustie 13
Postinumero	69950
Postitoimipaikka	PERHO
Korkeus	0
Maa	Suomi

Yritys	Scanoffice Oy
Yhteyshenkilö	Eskola Arttu
Puhelin	050-4481691
Sähköposti	arttu.eskola@scanoffice.fi

Laskelman tulos

Lämmitysteho [kW]

Tilat 24,6

Käyttövesi 0

Yhteensä 24,6

Lämmitysenergia [kWh/v]

Tilat 61387

Käyttövesi 0

Yhteensä 61387

Tuotettu/kulutettu [kWh]

Lämpöpumppu 60832

Lisäenergia 555

LP-ostoenergia 22738

Lämpöpumpun osuus [%] 99,1

Lämpökerroin

COP

2,7

Lämmityskustannukset eri energiamuodoilla

Valitse vertailukohde

Sähkölämmitteinen vesikiertolämmitys

Hyötysuhde [%] 100

Kulutus [kWh/v] 61387

Hinta [€/kWh] 0,1000

Lämmityskustannus [€/v] 6139

Säästö lämpöpumpulla [€/v] 3809

Öljyyn Sähköön Kaukolämpöön

PUHZ-SHW230YKA

Sähköenergian kulutus [kWh/v] 22738

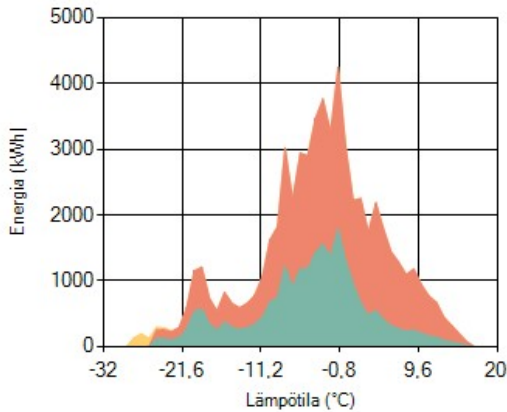
Lisäenergia [kWh/v] 555

Säästö [kWh/v] 38094

Lämmityskustannus [€/v] 2329

Laskelma perustuu saatuihin tietoihin ja tilastopohjaisiin astepäivälukuihin. Laskelma ei takaa että laskettu tulos saavutetaan.

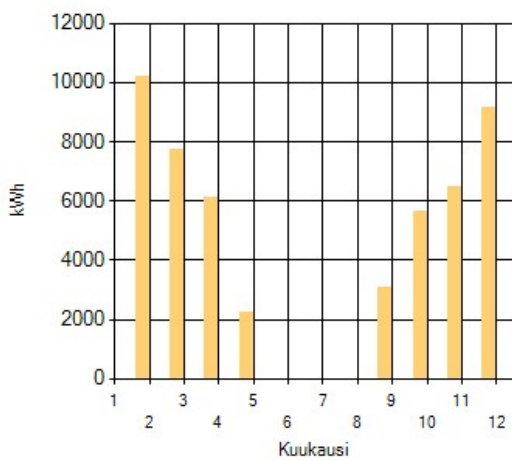
Graafit



Lämmitysenergian tarve
Lämpöpumpun tuottama energia
Energian kulutus



Lämpöpumpun tuottama energia
Lisäsähkön tarve
Lämpöpumpun sähkökulutus



Kokonaislämmitys
Käyttövesi

Investointivertailu

LIITE 3

	Ilmavesilämpöpumppu	Maalämpöpumppu
Lämpöpumppu (sis. Lisälaitteet)	14 526 €	11 911 €
Porakaivo		14 160 €
Asennus	2 480 €	3 300 €
Summa	17 006 €	29 371 €
Säästö	3 809 €	4 978 €
Takaisinmaksuaika	4,5	5,9
Sijoitetunpääomantuotto	22 %	17 %

5 Performance data

Outdoor unit

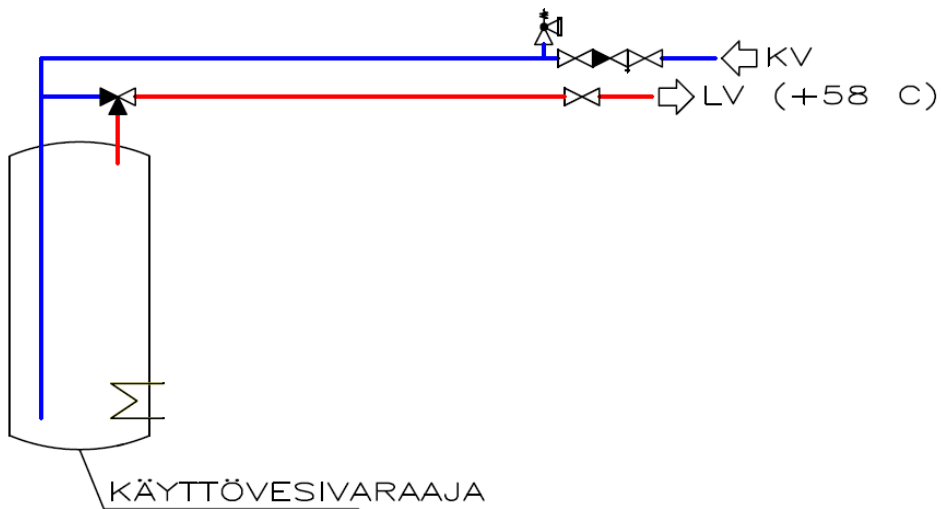
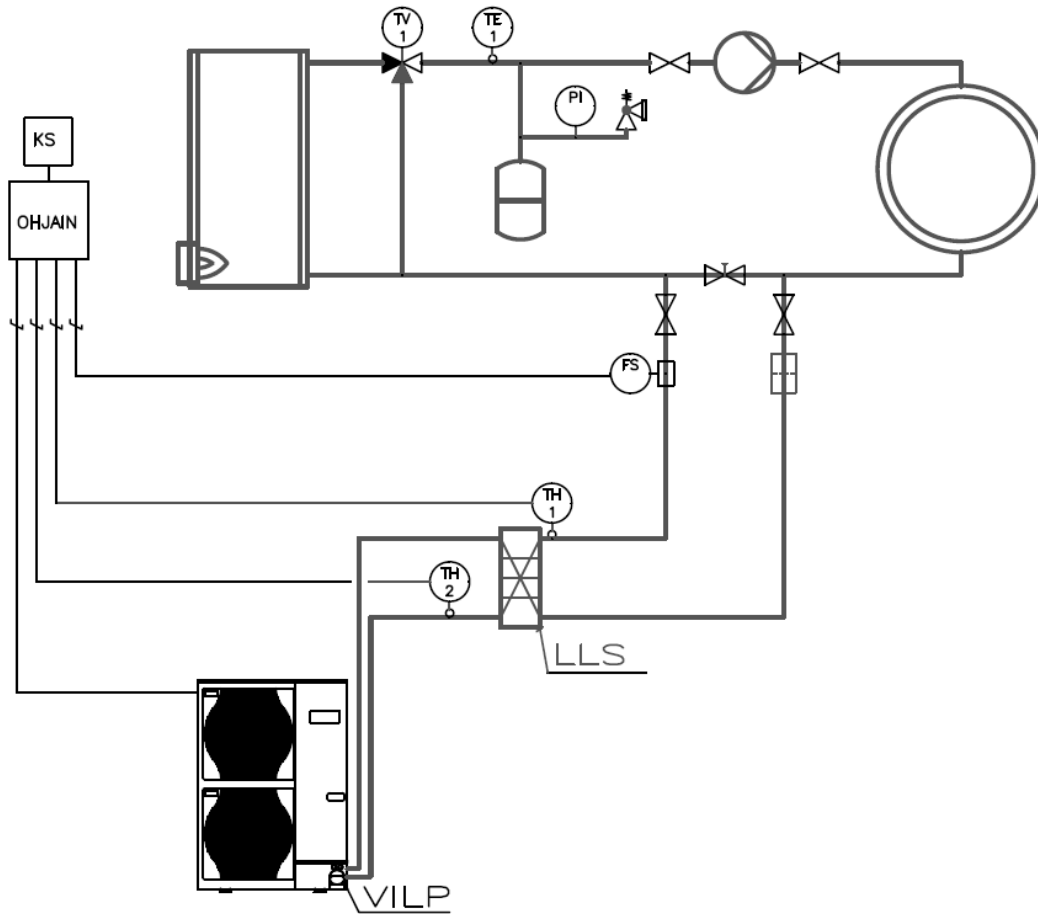
Outdoor unit

■ PUHZ-SHW140YHA

Water outlet temperature[°C]		25		35		40		45		50		55		60	
Ambient temperature[°C]		Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP
Max	(INJ) -20	-	-	11.77	2.08	11.77	1.89	11.77	1.69	-	-	-	-	-	-
	(INJ) -15	-	-	14.00	2.15	14.00	1.95	14.00	1.75	13.25	1.54	13.00	1.32	-	-
	(INJ) -10	15.21	2.64	15.04	2.33	14.95	2.11	14.87	1.89	14.60	1.68	14.33	1.46	-	-
	(INJ) -7	15.93	2.76	15.66	2.44	15.53	2.21	15.39	1.98	15.26	1.76	15.13	1.55	-	-
	(INJ) 2	16.77	3.02	15.79	2.71	15.30	2.43	14.82	2.16	14.58	1.91	14.35	1.66	13.84	1.41
	7	17.28	4.33	16.42	3.79	15.98	3.39	15.55	2.98	15.15	2.68	14.75	2.37	14.36	2.13
	12	20.01	4.78	18.95	4.23	18.22	3.75	17.48	3.27	17.05	2.94	16.62	2.61	16.32	2.38
	15	21.49	5.05	20.63	4.52	19.64	3.98	18.64	3.43	18.19	3.14	17.74	2.84	17.84	2.54
	20	22.63	5.21	21.60	4.69	21.09	4.20	20.57	3.72	20.09	3.35	19.60	2.99	19.45	2.70
	Nominal	(INJ) -20	-	-	11.77	2.08	11.77	1.89	11.77	1.69	-	-	-	-	-
(INJ) -15		-	-	14.00	2.15	14.00	1.95	14.00	1.75	13.25	1.54	13.00	1.32	-	-
(INJ) -10		14.00	2.77	14.00	2.42	14.00	2.17	14.00	1.92	14.00	1.70	14.00	1.48	-	-
(INJ) -7		14.00	2.98	14.00	2.58	14.00	2.30	14.00	2.02	14.00	1.80	14.00	1.58	-	-
(INJ) 2		14.00	3.34	14.00	2.96	14.00	2.70	14.00	2.44	14.00	2.13	14.00	1.83	13.84	1.41
7		14.00	4.75	14.00	4.22	14.00	3.75	14.00	3.28	14.00	2.85	14.00	2.41	14.00	2.14
12		16.16	5.21	16.16	4.60	16.16	4.08	16.16	3.55	16.16	3.12	16.16	2.68	16.16	2.40
15		17.60	5.52	17.60	4.86	17.60	4.29	17.60	3.73	17.60	3.29	17.60	2.86	17.60	2.56
20		18.99	5.81	18.99	5.10	18.99	4.50	18.99	3.90	18.99	3.47	18.99	3.03	18.99	2.73
Mid		(INJ) -20	-	-	9.41	2.16	9.41	1.94	9.41	1.73	-	-	-	-	-
	(INJ) -15	-	-	11.20	2.31	11.20	2.06	11.20	1.80	10.60	1.56	10.40	1.33	-	-
	(INJ) -10	11.20	3.12	11.20	2.65	11.20	2.33	11.20	2.01	11.20	1.76	11.20	1.50	-	-
	(INJ) -7	11.20	3.38	11.20	2.85	11.20	2.50	11.20	2.14	11.20	1.87	11.20	1.60	-	-
	(INJ) 2	11.20	3.90	11.20	3.34	11.20	3.02	11.20	2.70	11.20	2.33	11.20	1.96	11.07	1.59
	7	11.20	4.98	11.20	4.45	11.20	3.94	11.20	3.44	11.20	3.00	11.20	2.55	11.20	2.25
	12	12.93	5.57	12.93	4.98	12.93	4.40	12.93	3.82	12.93	3.35	12.93	2.89	12.93	2.54
	15	14.08	5.93	14.08	5.33	14.08	4.70	14.08	4.07	14.08	3.59	14.08	3.11	14.08	2.74
	20	15.19	6.47	15.19	5.67	15.19	4.99	15.19	4.31	15.19	3.82	15.19	3.32	15.19	2.92
	Min	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-15		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-7		5.95	3.57	4.89	2.82	4.70	2.46	4.50	2.10	4.30	1.86	4.11	1.61	-	-
2		8.00	4.35	5.71	3.67	5.46	3.19	5.21	2.72	4.95	2.38	4.69	2.04	-	-
7		8.99	5.15	5.51	4.38	5.27	3.81	5.04	3.23	4.78	2.83	4.53	2.43	-	-
12		10.49	5.69	4.38	4.88	4.19	4.23	4.00	3.58	3.80	3.14	3.60	2.69	-	-
15		11.30	6.13	4.76	5.30	4.58	4.61	4.40	3.93	4.18	3.44	3.97	2.95	-	-
20		12.27	6.66	10.03	5.90	9.73	5.19	9.43	4.49	9.05	3.93	8.67	3.38	-	-

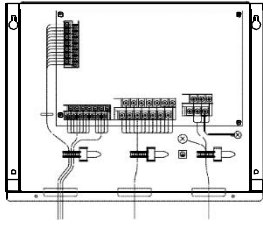
■ PUHZ-SHW230YKA

Water outlet temperature[°C]		35		40		45		50		55		60	
Ambient temperature[°C]		Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP
Max	(INJ) -20	20.27	2.06	19.76	1.84	19.25	1.62	-	-	-	-	-	-
	(INJ) -15	22.91	2.20	22.70	2.00	22.49	1.80	21.64	1.58	20.79	1.36	-	-
	(INJ) -10	25.55	2.34	25.64	2.16	25.73	1.98	25.65	1.81	25.57	1.64	-	-
	(INJ) -7	27.13	2.43	27.40	2.26	27.67	2.09	28.05	1.95	28.43	1.80	-	-
	(INJ) 2	23.20	2.29	23.00	2.16	22.86	2.02	22.82	1.99	22.78	1.95	22.65	1.91
	7	27.95	3.28	27.93	3.07	27.90	2.85	27.90	2.60	27.50	2.34	26.26	1.97
	12	29.53	3.48	29.32	3.21	29.11	2.94	28.81	2.70	28.50	2.46	27.44	2.15
	15	30.48	3.60	30.16	3.30	29.84	3.00	29.47	2.76	29.10	2.52	28.15	2.26
	20	32.06	3.80	31.56	3.45	31.05	3.09	30.58	2.87	30.10	2.64	29.33	2.44
	Nominal	(INJ) -20	20.27	2.06	19.76	1.84	19.25	1.62	-	-	-	-	-
(INJ) -15		22.91	2.20	22.70	2.00	22.49	1.80	21.64	1.58	20.79	1.36	-	-
(INJ) -10		23.00	2.60	23.00	2.36	23.00	2.12	23.00	1.95	23.00	1.78	-	-
(INJ) -7		23.00	2.85	23.00	2.58	23.00	2.32	23.00	2.18	23.00	2.04	-	-
(INJ) 2		23.00	2.37	23.00	2.16	22.86	2.02	22.82	1.99	22.78	1.95	22.65	1.91
7		23.00	3.65	23.00	3.34	23.00	3.02	23.00	2.71	23.00	2.39	23.00	2.01
12		24.28	4.10	24.28	3.68	24.28	3.26	24.28	2.92	24.28	2.58	24.28	2.25
15		25.71	4.29	25.71	3.84	25.71	3.39	25.71	3.04	25.71	2.70	25.71	2.40
20		28.10	4.61	28.10	4.10	28.10	3.59	28.10	3.24	28.10	2.89	28.10	2.64
Mid		(INJ) -20	16.22	2.00	15.81	1.87	15.40	1.73	-	-	-	-	-
	(INJ) -15	18.33	2.36	18.16	2.16	17.99	1.97	17.31	1.79	16.63	1.60	-	-
	(INJ) -10	18.40	2.72	18.40	2.46	18.40	2.21	18.40	2.02	18.40	1.84	-	-
	(INJ) -7	18.40	2.93	18.40	2.64	18.40	2.35	18.40	2.16	18.40	1.98	-	-
	(INJ) 2	18.40	2.90	18.40	2.60	18.29	2.30	18.26	2.22	18.22	2.13	18.12	2.00
	7	18.40	4.01	18.40	3.58	18.40	3.14	18.40	2.77	18.40	2.40	18.40	2.16
	12	19.42	4.58	19.42	4.05	19.42	3.52	19.42	3.09	19.42	2.67	19.42	2.45
	15	20.57	4.91	20.57	4.34	20.57	3.76	20.57	3.31	20.57	2.86	20.57	2.63
	20	22.48	5.55	22.48	4.89	22.48	4.23	22.48	3.73	22.48	3.23	22.48	2.93
	Min	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-15		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-7		12.64	2.72	12.14	2.41	11.63	2.10	10.65	1.79	9.66	1.48	-	-
2		11.80	3.52	11.31	3.11	10.83	2.70	9.99	2.30	9.14	1.90	-	-
7		11.43	4.31	10.49	3.73	9.55	3.15	8.40	2.59	7.24	2.03	-	-
12		11.37	5.08	10.37	4.39	9.36	3.70	8.29	3.32	7.22	2.94	-	-
15		13.47	5.58	12.43	4.87	11.38	4.17	10.43	3.77	9.47	3.38	-	-
20		19.95	5.94	19.11	5.29	18.26	4.63	17.48	4.13	16.71	3.62	-	-



K.O.SA/KYLÄ	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN:O	VIRANOMAISTEN ARKISTOMERKINTÖJÄ VARTEN	
RAKENNUSTOIMENPIDE		PIIRUSTUSLAJI		JUOKS. N:O
PERIAATEKUVA		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVAT
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI JA OSOITE		PACIF032B-E		
SUUNN.		PIIRT.	SUUNNITTELUJÄ, TYÖN NUMERO JA PIIRUSTUKSEN NUMERO	
YHT.JÄLÖ		TARK.	LÄMMITYS	
PVM.				
ALUEJ.RJ.			TILAAJAN N:O	

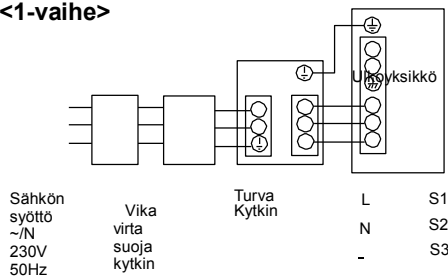
4. Sähköasennus



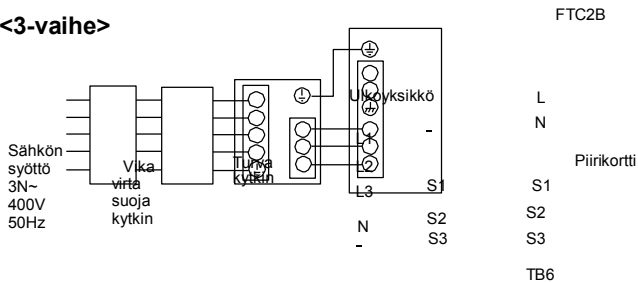
INPUT OUTPUT Ulkoyksikkö
Kaukosäädin
Termistorit

<Kuva 4.1.1>
FTC2B:n kaapelit

<1-vaihe>



<3-vaihe>



<Kuva 4.2.1>
Sähköliitännät, 1-vaihe / 3-vaihe

Johtojen määrä x koko	FTC2B – ulkoyksikkö *2	3 x 1,5 mm ²
	FTC2B – ulkoyksikkö maadoitus *2	1 x min. 1,5 mm ²
Piirin luokitus	FTC2B – ulkoyksikkö S1-S2 *3	AC 230 V
	FTC2B – ulkoyksikkö S2-S3 *3	DC 24 V

4.1. Sähköliitännät

LIITE6

Pätevän asentajan pitää suorittaa kaikki sähköasennukset. Muussa tapauksessa seurauksena voi olla sähköisku, tulipalo tai kuolema. Se myös mitätöi tuotteen takuun. Kaikki sähköliitännät on tehtävä kansallisten asennusmääräysten mukaan.

Liitännät on tehtävä seuraavissa kuvissa esitettyihin riviliittimiin vaiheen mukaan.

Kun kaapelit kytketään vieressä oleviin liittimiin, käytä rengasliittimiä ja eristä kaapelit.

Huomautukset:

1. Älä vedä pienjännitekaapeleita samasta aukosta, josta vedät suurjännitekaapelit.
2. Älä niputa kaapeleita toisten kaapeleiden kanssa.
3. Niputa kaapelit kuvan 4.1.1 mukaisesti kiristimillä.

FTC2-laitteen virta syötettynä ulkoyksiköstä

*1 Jos asennetussa vikavirta kytkimessä ei ole ylivirtasuojasta asenna toiminnosta huolehtiva katkaisin samaan virtajohtoon.

*2 Kiinnitä oppaiden mukana toimitettu tarra A FTC2B:n ja ulkoyksiköiden johdotuskaavioiden viereen.

Huomautus:

IEE-määräysten mukaan ulkoyksiköllä olevan turvakytimen on oltava

lukittavissa

*1. Turvakytin, jonka kunkin navan kosketusväli on vähintään 3 mm.

Katkaisin kuuluu asentaa ja sillä varmistetaan kaikkien käytössä olevien vaihejohtojen irtikytkentä sähkönsyötöstä.

*2. Maks. 45 m

Jos 2,5 mm² käytössä, enint. 50 m

Jos 2,5 mm² käytössä ja S3 erillään, enint. 80 m

*3. Taulukossa ilmoitetut arvot eivät ole aina mitattu maadoitusta vasten.

Huomautukset:

1. Johtojen koon on vastattava soveltuvia paikallisia ja kansallisia määräyksiä.
2. FTC2B-laitteen ja ulkoyksikön kytkentäkaapelit eivät saa olla polyklooropreenivaipalla varustettuja taipuisia kaapeleita keveämpiä. (Malli 60245 IEC 57)
3. Asenna maadoitusjohdin, joka on pidempi kuin muut johtimet.

Energian kulutus ja tuottoseuranta kuukausitasolla

LIITE 7

	Sähkönkulutus kWh	Lämmöntuotto kWh	Lämpökerroin	Lisälämpö *
Helmikuu 2015	966	3660	3,79	0
Maaliskuu 2015	2831	9330	3,30	0
Huhtikuu 2015	1419	5530	3,90	0
Toukokuu 2015	600	2800	4,67	0
Kesäkuu 2015	0	0	-	0
Heinäkuu 2015	0	0	-	0
Elokuu 2015	0	0	-	0
Syyskuu 2015	223	1240	5,56	0
Lokakuu 2015	1482	5820	3,93	0
Marraskuu 2015	1699	6730	3,96	0
Joulukuu 2015	2567	8880	3,46	0
Tammikuu 2016	5151	11390	2,21	6000
Helmikuu 2016	1794	5460	3,04	0
YHT	18732	60840	3,25	

*arvio