

Niklas Laiho

Omakotitalon hybridilämmitysjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka koulutusohjelma

Insinöörityö

12.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Niklas Laiho Omakotitalon hybridilämmitysjärjestelmä
Sivumäärä Aika	34 sivua 12.5.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, tuotantopainotteinen
Ohjaaja	Seppo Innanen
<p>Tässä insinööriyössä perehdytään yhden omakotitalon hybridilämmitysjärjestelmän toteutukseen. Työssä käydään läpi järjestelmän toimintaa ja laitteiston valintaperusteita. Tavoite on antaa lukijalle tarkka kuva kuinka yhdellä tapaa toteuttaa hybridilämmitysjärjestelmä omakotitaloon, sekä perustella toteutettuja ratkaisuja.</p> <p>Työssä käsiteltävä hybridilämmitysjärjestelmä on toteutettu haja-asutusalueella sijaitsevaan uudisomakotitaloon. Laitteiston valinta perusteisiin ovat vaikuttaneet rakentajan omakohtaiset kokemukset, sekä kohteen lvi-suunnittelijan ja lämmitysjärjestelmän toteuttajan eli minun tiedot ja kokemus aiheesta.</p> <p>Lähtökohtana on ollut hyödyntää olemassa olevaa talonomistajan omaa metsää kovimmilla pakkasilla, joten järjestelmän toisena lämmönlähteenä hyödynnetään vesikiertoista takkaa. Päälämmön lähteeksi kohteeseen valittiin ilma-vesilämpöpumppu, jonka ulkoyksikön sijoitus paikaksi valittiin avara maakellari.</p> <p>Molemmat lämmitysjärjestelmät lämmittävät oman ohjauksen perusteella hybridienergiavaraajaa, josta lämpöenergiaa jaetaan käyttöveden ja talon lämmitykseen. Energiavaraajaan voidaan haluttaessa tulevaisuudessa liittää lisäksi vaikka aurinkolämmitys.</p> <p>Tietoperustassa pohjustetaan lukijan tietoutta omakotitaloon sopivista päälämmönlähteistä. Käydään lyhyesti läpi yleisimmät omakotitalon päälämmönlähteet ja kerrotaan eri järjestelmien hyviä ja huonoja puolia. Lisäksi perehdytään hieman lämpöpumppujen toimintaperiaatteisiin ja käsitellään eri lämpöpumppujen toiminnan eroavaisuuksia ja käyttötarkoituksia</p>	
Avainsanat	ilma-vesilämpöpumppu, hybridilämmitys, vesikiertotakka

Author(s) Title	Niklas Laiho Detached house with a hybrid heating system
Number of Pages Date	34 pages 12 May 2016
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor(s)	Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>This bachelor's thesis discussed the design and building of a hybrid heading system for a detached house. The choice of the apparatus for the heating system and the operation of the system were studied to give a comprehensive picture of how to execute a hybrid system.</p> <p>The basics of heating in a detached house, the sources for heating and the advantages and disadvantages of each source were discussed. Also, various ways to combine the sources and forms of supplement heating were touched.</p> <p>The final year project studied the alternative hybrid heating systems of a detached house, located in the countryside. The forest of the owner was also to be used as a part of the heating system. On the basis of the study it was decided to use a hybrid system combining an air-to-water heat pump system and a water circulation fireplace.</p> <p>The system was installed for the heating season 2016. Warm water was not produced, because the house was not in residential use. Because of this, the final energy use has not been tested and the functioning of the system is still unclear. For house heating purposes, however, the system worked flawlessly for the whole heating season.</p>	
Keywords	air-water heat pump, hybrid heating system, water circulation fireplace

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Päälämmönlähteitä omakotitaloon	1
2.1	Öljylämmitys	2
2.2	Pellettilämmitys	4
2.3	Puulämmitys	6
2.4	Kaukolämpö	7
2.5	Lämpöpumppu	8
3	Katsaus lämpöpumppeihin	9
3.1	Yleisimmät lämpöpumput	9
3.2	Lämpöpumpun toimintaperiaate	10
3.3	Lämpöpumpun hyötysuhteen määritelmä	12
4	Hybridijärjestelmä	15
5	Rakennuskohteen tiedot	16
6	Lämmitysjärjestelmän kuvaus	16
6.1	Ulkoyksikkö	17
6.2	Sisäyksikkö	19
6.3	Energiavaraaja	21
6.4	Vesikiertotakka	23
6.5	Ouman EH-800B, lämmönsäädin	24
7	Lämmitysjärjestelmän toiminta	24
7.1	Ilma-vesilämpöpumpun toiminta	27
7.2	Vesikiertotakan toiminta	29
7.3	Energiavaraajan toiminta	29
7.4	Lämmönsäätimen toiminta	30
7.5	Muut laitteet ja toteutustavat	30
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

1 Johdanto

Omakotitalojen lämpimän käyttöveden ja lämmityksen tuotto pystytään toteuttamaan nykyään monella tapaa. Eri lämmitysratkaisujen vaihtoehtojen kirjo on hyvin laaja. Käytössä on vanhoja jo pitkään käytössä olleita menetelmiä, joiden rinnalle on tullut tarjolle tekniikan kehityksen myötä uusia ulottuvuuksia. Ympäristökijät ovat tuoneet omat haasteensa rakennusten lämmitysratkaisujen valintaan. Uusia asuntoja esimerkiksi Suomessa on nykyään lähes mahdotonta toteuttaa perinteisellä suoralla sähkölämmityksellä. Tämä lämmitysmuoto ei mene enää läpi rakennukselta vaadittavista energiatehokkuusvaatimuksista. Teoreettiset energiatehokkuuslaskelmat lämmitysmuodon painoker-toimella ovat aiheuttaneet paljon keskustelua puolesta ja vastaan. Prosessi tunnetaan paremmin myös E-luku laskentana, jolla määritellään rakennuksen energia- ja koko energiatuotantoketjun tehokkuutta sekä luokitellaan sitä.

Tämän työn tavoitteena on ymmärtää omakotitalon lämpimän käyttöveden ja lämmityksen tuotannon eri vaihtoehtoja, käsittämään tarjolla olevien lämmitysmuotojen hyviä ja huonoja puolia sekä tiedostetaan yhdistämismahdollisuuksia eri lämmitysjärjestelmien välillä.

Työssä käsitellään yksityiskohtaisemmin yhden uudisomakotitalon lämmitysratkaisua. Paneudutaan sen toteutukseen ja käsitellään hieman muita mahdollisuuksia toteuttaa lämmitysratkaisu omakotitaloon.

Työssä annetaan lukijalle mahdollisimman tarkka kuvaus yhdestä vaihtoehdosta toteuttaa ilma-vesilämpöpumppuyksikön ja vesikiertoisen takkaratkaisun yhdistäminen. Järjestelmän toimintaperiaate ja sen vaatimat ratkaisut selostetaan mahdollisimman tarkasti.

2 Päälämmönlähteitä omakotitaloon

Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi varteenotettavia päälämmönlähteitä uudisomakotitaloon. Monet niistä pystytään toteuttamaan myös saneerattaviin kohteisiin, mutta silloin tulisi tapauskohtaisesti miettiä oikean päälämmönlähteen valintaa, koska useasti on jo

lähtökohtaisesti olemassa joitain hyötyjä tai haittoja joidenkin tiettyjen järjestelmien osalta.

Tässä kohtaa voidaan ottaa esille eri järjestelmien hyviä ja huonoja puolia sekä soveltuvuuksia eri tilanteissa. Eri järjestelmien hintoihin ei tässä työssä oteta kantaa. Mielestäni siihen vaikuttaa niin moni asia ja päätös, joten jätän hintojen vertailun kaikkien omaksi tehtäväksi.

2.1 Öljylämmitys

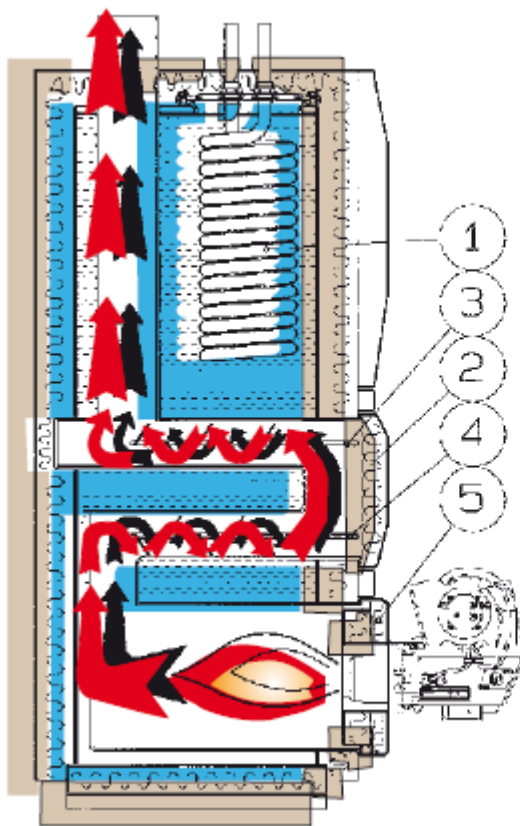
Öljylämmitys yleistyi Suomessa 1960-luvulla. Öljylämmitteisten pientalojen määrä oli suurimmillaan vuonna 2005. Nykyisin öljylämmitteisiä pientaloja arvioidaan olevan noin 190 000. [1.] Öljy omaa hyvän lämpöarvon, (kuva 1) ja on tästä syystä energiatehokas lämmönlähde. Pientalot polttavat lämmitysprosessissa kevyttä polttoöljyä. Öljyä poltetaan lämmityskattilan kylkeen asennetulla öljypolttimella (kuva 2).

Polttoaine	Lämpöarvo	Kosteus %
Moottoribensiini	8,96 kWh/litra	
Dieselöljy	10,05 kWh/litra	
Nestekaasut	12,83 kWh/kg	
Kevyt polttoöljy	10,02 kWh/litra	
Raskas polttoöljy	11,42 kWh/kg	
Maakaasu	10 kWh/m ³	
Biokaasu	4,4-7,4 kWh/ m ³	
Kivihiili	7,08 kWh/kg	10
Jyrsinturve	2,7 kWh/kg	48,5
Palaturve	3,3 kWh/kg	38,9
Puupelletit	4,7 kWh/kg	9
Polttohake	700 kWh/irto-m ³	40
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)	1 300 kWh/pino-m ³	20
Pilkkeet (koivu)	1 700 kWh/pino-m ³	20
Ruokohelpi	4,1 kWh/kg	14
Kaura	3,6 kWh/kg	20
Olki	3,8 kWh/kg	20

Kuva 1. Polttoaineiden lämpöarvoja [2].

Öljyn palamisprosessissa muodostuu eräitä haitallisiksi päästöiksi luokiteltuja yhdisteitä. Näitä ovat hiilidioksidin ohella kaasumaiset rikin ja typen oksidit ja häkä. Päästöt suh-

teessa palamiskaasumääriin ja hyödyksi saatavan lämpöenergian määrään ovat kuitenkin pienet. Öljylämmityskattilat ovat tyypillisesti lämminvesikattiloita, joissa kattilaveden käyttölämpötila on alle 100 °C. [3, s. 64 – 65.] Öljylämmityskattilan vesitilavuus on pientalojärjestelmissä monesti kokoluokkaa 200 litraa. Lämmityskattilan vesitilan sisään lähes poikkeuksitta on upotettuna kuparista valmistettu putkikierukka/käyttövesikierukka, jonka lävitse virtaa kylmä talousvesi, joka lämmitessään muuttuu lämpimäksi käyttövedeksi. Kattilassa ja rakennuksen lämmitysverkostossa, radiaattori tai lattialämmitys, kiertää yleensä sama vesi. Veden lämpötilaa vain säädetään kattilan läheisyydessä säätöventtiilin avulla, ennen kuin se johdetaan lämmityskiertoon.



Osat:

1. Käyttövesikierukka
2. Puhdistusluukku
3. Ylempi turbulenssielin
4. Alempi turbulenssielin
5. Poltinluukku, jossa liekintarkkailulasi

Kuva 2. Pientalon öljykattila [4].

Kuvan mukaisen kattilalaitoksen lisäksi öljylämmitysjärjestelmä vaatii öljysäiliön ja savupiipun. Tavallisesti öljysäiliö on kooltaan 1500 – 3000 litraa. Lisäksi öljylämmityslaitteisto suunnittelevan täytyy muistaa, että lämmitysjärjestelmä vaatii oman paloluokitellun tilan rakennuksesta.

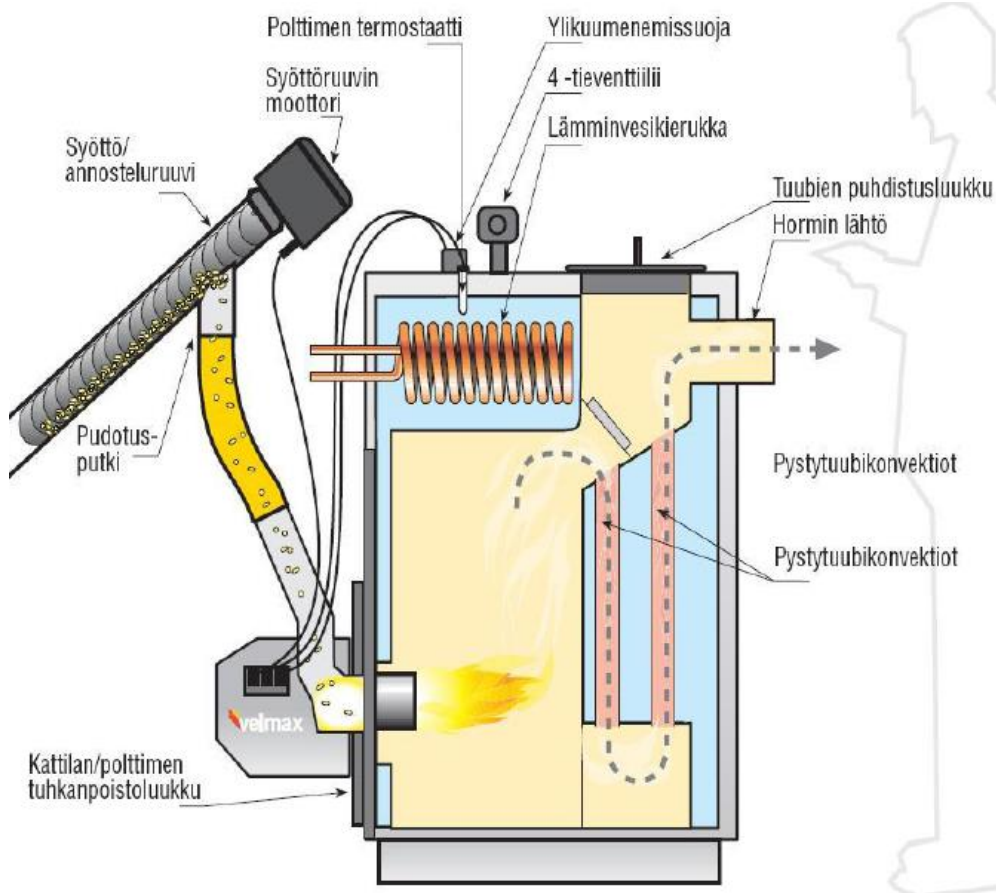
Hyvinä puolina näkisin öljylämmityksessä toimintavarmuuden. Järjestelmä soveltuu hyvällä hyötysuhteella radiaattorilämmitteisiin taloihin. Ottaen huomioon, kuinka kauan laitteistoja on käytetty, mahdolliset huolto- ja korjauskustannukset ovat edulliset. Myös valmistus- ja malliversiovirheet on ehditty korjata valmistajien taholta.

Huonoina puolina pitäisin järjestelmän vaatimaa erillistä paloluokiteltua tilaa sekä öljysäiliön sijoitettavuutta tapauskohtaisesti. Öljyn hinnanvaihtelun luokittelisin myös huonoksi asiaksi sekä polttotapahtumasta vapautuvat hiilidioksidipäästöt.

2.2 Pellettilämmitys

Pellettilämmityksen sydän eli lämmityskattila on rakenteeltaan hyvin pitkälle samanlainen öljylämmityskattilan kanssa. Lämpimän käyttöveden tuotto ja lämmönjakelu tapahtuu samoilla periaatteilla. Erona lähinnä se, että öljypolttimen paikalla on tässä tapauksessa pellettipoltin.

Pellettikattilajärjestelmä vaatii öljykattilan tavoin oman paloluokitellun tilan. Tämän lisäksi pellettijärjestelmä vaatii öljykattilasta poiketen pellettisiilon ja syöttöruuvin, jota pitkin poltettavat pelletit syötetään siilosta polttimelle. Kuvassa 3 periaatekuva pellettilämmityskattilasta.



Kuva 3. Pellettikattila [5].

Edellä mainittujen asioiden lisäksi pellettilämmitysjärjestelmän pelletin syöttöruuvi ja poltinoso on varustettava sammutinjärjestelmällä, mihin on toki valmiit ratkaisut helposti saatavilla eri valmistajilta.

Pellettilämmityksen hyvinä puolina voidaan ajatella lämmitysjärjestelmän ympäristöystävällisyyttä ja uusiutuvaa lämmönlähdettä.

Huonoina puolina voidaan pitää erillistä paloluokiteltua tilaa, pellettisiilon vaatimaa tilaa sekä pelletin ostohintaa. Kokemuksien perusteella voin tuoda huonoina puolena esille myös pellettijärjestelmän toimintavarmuuden öljylämpöön verrattuna. Syöttöruuvien syöttötahtumassa on havaittu ongelmia.

2.3 Puulämmitys

Tässä luvussa käydään lävitse pientalon päälämmönlähteitä, joiden avulla on tarkoitus tuottaa myös lämminkäyttövesi rakennuksen tarpeisiin.

Perusideana on siis tuottaa lämpöä samantyyppisellä lämmityskattilalla kuin edellä mainituissa öljy- ja pellettilämmitysjärjestelmissä. Puukattila on kooltaan vaan monesti hieman suurempi, jotta halkoja mahtuisi kerralla enemmän. Puukattilajärjestelmät tulee varustaa ylikuumenemissuojaventtiilillä, jolla ehkäistään kattilaveden lämpötilan nousu liian korkeaksi. Vaihtoehtoina on ala- ja yläpalokattila, mutta niiden eroavaisuuksiin ei tässä lähdetä ottamaan enempää kantaa. Puulämmitysjärjestelmä varustetaan kuitenkin monesti kattilan lisäksi energiavaraajalla, jonka tilavuus on käyttökohteesta ja käytettävissä olevasta tilasta riippuen noin 1 500–3 000 litraa. Lämpimän käyttöveden tuotto tapahtuu useasti kierukan avulla joko itse kattilassa tai joissain tapauksissa energiavaraajassa.

Energiavaraajaan varastoidaan puilla lämmitettäessä lämpöenergiaa, jota hyödynnetään myöhemmin. Tavallisesti, kun energiavaraajan vedenlämpötila saadaan nostettua kauttaaltaan lähelle 80 °C, pystytään tällä lämmittämään rakennusta ja lämmintä käyttövettä kulutuksesta riippuen noin 1 – 3 päivää talvikelillä. Puulämmityksellä toteutettu lämmönjakuhuone on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Puulämmitys, lämmönjakuhuone [6].

Puulämmityksen hyvinä puolina voidaan pitää ympäristöystävällisyyttä ja uusiutuvaa lämmönlähdettä. Mikäli on omaa metsää ja hyötyliikunnan haluja, se on myös lähes ilmainen lämmitysmuoto.

Huonoina puolina voidaan pitää vaadittua erillistä paloluokiteltua tilaa sekä energiavaarajan ja paisunta-astioiden tilavaatimuksia. Puulämmitys vaatii myös käyttäjältä läsnäoloa, joten paljon kotoa poissa olevalle se ei sovellu.

2.4 Kaukolämpö

Kaukolämpö on lämmitysmuoto, joka on yleisesti saatavilla tiheästi asutuilla alueilla, kaupungeissa ja paikkakuntien keskustojen läheisyydessä. Nimensä mukaisesti lämpö tuotetaan keskitetysti, kapasiteetiltaan isossa lämpölaitoksessa ja jaetaan lämpöenergiana asuinkiinteistöihin maan alla kiertävän kaukolämpövesiverkoston avulla. Itse lämpöenergia tuotetaan lämpölaitoksessa useimmiten puuhakkeen avulla, mutta myös muita lämmönlähteitä hyödynnetään tapauskohtaisesti.

Kaukolämpölaitoksen ja lämmönjakeluverkoston kiinteistöihin asennettaviin energiämittauspisteisiin asti omistaa kunta tai kaupunki. Mikäli valitaan omakotitalon päälämmönlähteeksi kaukolämpö, vaatii se kaukolämmön jakelusopimuksen allekirjoituksen ja tilaamisen asuinpaikkakunnalta. Asuinpaikkakunta toimittaa tällöin kaukolämmön energiämittauspisteelle saakka kiinteistöön. Energiämittaukselta asukas kytkee verkoston hankkimaansa kaukolämmön alajakokeskukseen (kuva 5). Alajakokeskuksia on saatavilla eri valmistajilta valmiita paketteja, jotka pitävät sisällään kaiken, mitä vaaditaan omakotitalon lämmönjakeluun ja lämpimän käyttöveden tuotantoon. Alajakokeskus on kooltaan pieni, ja on helposti sijoitettavissa vaikka kodinhoituhuoneeseen. Halutessa se voidaan naamioida kaapin sisään.



Kuva 5. Omakotitalon kaukolämmön alajakokeskus [7].

Kaukolämmön hyvinä puolina voidaan ajatella toimintavarmuus ja ympäristöystävällisyys. Näiden lisäksi laitteisto voidaan sijoittaa pieneen tilaan, muistaen viemäröintitarpeet, joten yleinen sijoituspaikka onkin tuo edellä mainittu kodinhoitohuone. Mikäli lämpimän käyttöveden kulutus on normaalia suurempaa, on kaukolämpö järkevä vaihtoehto.

Huonoina puolina voidaan pitää pakollisia tehomaksuja kulutuksesta riippumatta sekä lämmönjakelijan monopoliasemaa. Lämmönjakelijaa kun ei voi vaihtaa, vaan hinnankorotukset on kestävä tai investoitava kokonaan toiseen järjestelmään.

2.5 Lämpöpumppu

Lämpöpumppujen suosio päälämmönlähteeksi on ollut kasvussa viime aikoina. Tuotteiden yleistymistä ovat avittaneet uudet energiamääräykset, jotka tulivat voimaan 2012 ja

toivat mukanaan kiinteistöille pakollisen E-luvun määrittämisen rakennuslupaa haettaessa. Tämän lisäksi on myönnettävä, että lämpöpumppujen markkinointiin on panostettu kiitettävästi.

Päälämmönlähteeksi lämpöpumppumalleja omakotitaloihin on tarjolla kolmea erilaista menetelmää, joissa kaikissa on kuitenkin sama toimintaperiaate. Nämä ovat maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ja poistoilmalämpöpumppu. Olen käsitellyt lämpöpumppuja hieman tarkemmin luvussa 3.

3 Katsaus lämpöpumppuihin

Lämpöpumpuilla pystytään vähentämään lämmitysenergian kulutusta, keräämällä ilmaista lisäenergiaa lämmitykseen rakennuksen ulkopuolelta. Lämpöpumppujen avulla ilmaista lämpöenergiaa voidaan kerätä joko maasta, vedestä, ulkoilmasta tai rakennuksen poistoilmasta. Oikeanlainen lämpöpumppu täytyy vain valita energialähteen mukaan edellä mainituista vaihtoehdoista, mistä lähdetään ottamaan lämmitysenergiaa hyötykäyttöön. [8, s. 27.]

3.1 Yleisimmät lämpöpumput

Ylivoimaisesti yleisin käytössä oleva lämpöpumppu Suomessa on ilmalämpöpumppu. Vuoden 2012 tilastojen mukaan niitä oli käytössä noin 450 000, vastaavasti maalämpöpumppuja 50 000, ilma-vesilämpöpumppuja noin 10 000 ja poistoilmalämpöpumppuja noin 25 000 kpl. [8, s. 27.]

Ilmalämpöpumpun suosio on helposti ymmärrettävissä. Se pystytään asentamaan rakennukseen kuin rakennukseen lähes poikkeuksitta. Se sisältää ulkoyksikön ja sisäyksikön ja on yleensä täysin itsenäinen järjestelmä. Sen avulla voidaan huoneistoa lämmitellä talvisin ja viilentää kesähelteillä. Ilmalämpöpumpun investointi- ja asennuskustannukset ovat edulliset sekä sen hyötysuhde on hyvä. Suoraan sähkölämmitykseen verrattuna se pystyy maksamaan itsensä takaisin hyvinkin nopeassa ajassa lämmityskustannus säästöillä.

Maalämpöpumppu eroaa käyttötarkoitukseltaan ilmalämpöpumpusta. Ilmalämpöpumpulla pystytään joko lämmittämään tai viilentämään huoneilmaa. Maalämpöpumpulla pystytään toteuttamaan halutessa samat ominaisuudet kuin ilmalämpöpumpulla, mutta se ei monesti ole tarkoitus. Maalämpöpumppu valitaan yleensä nimenomaan talon lämmitysjärjestelmäksi ja lämpimän käyttöveden tuottoon. Ilman lämmitys toteutetaan näin ollen yleensä ilmanvaihtokoneella ja vain viilennys rakennetaan maalämpöjärjestelmää hyödyntäen. Maalämpöpumpulla voidaan siirtää lämpöä hyvällä hyötysuhteella lattioihin vesikiertoisen lattialämmityksen avulla tai heikommalla hyötysuhteella seinissä oleviin lämmityspattereihin. Tämän lisäksi pystytään tuottamaan lämmin käyttövesi rakennuksen tarpeisiin. Maalämpö sopii hyvin päälämmönlähteeksi erikokoisiin rakennuksiin käyttötarkoituksen mukaan. Maalämpöpumppujärjestelmä käsittää aina vähintään sisäyksiön ja keruuputkiston, joka sijoitetaan yleensä maahan tai energiakaivoon.

Ilma-vesilämpöpumppu toimii täysin samalla periaatteella kuin maalämpöpumppu ja pitää sisällään samat ominaisuudet. Sen investointi ja asennuskustannukset ovat maalämpöpumppua pienemmät, koska se kerää lämpöä ilmasta, kun taas maalämpöpumppu kerää lämpöä maasta, keruuputkiston avulla. Vastaavasti ilma-lämpöpumpun hyötysuhde on maalämpöä heikompi yleisesti ottaen. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä käsittää yleensä ilmalämpöpumpun tavoin sisä- ja ulkoyksikön.

Poistoilmalämpöpumppu on ikään kuin kaikkien edellä mainittujen yhdistelmä hieman heikommalla hyötysuhteella. Hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että poistoilmalämpöpumppu sisältää itsessään kaiken. Lämpöä voidaan jakaa vesikiertoiisiin lämmitysjärjestelmiin, lämmittää käyttövettä ja viilentää kesäisin rakennusta. Se pitää sisällään monesti myös ilmanvaihtokoneen, joten tämän hankinnalta vältytään. Näiden ominaisuuksien siivittämänä se onkin yksi järkevä vaihtoehto pienen rakennuksen kokonaisvaltaiseksi ja tilaa säästäväksi pakettiratkaisuksi. Yhdessä noin jääkaapin kokoisessa laitteessa on kaikki tarvittava tekniikka.

3.2 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Toimintaperiaate on kaikilla lämpöpumpuilla samanlainen, vaikka lämpöenergiaa kerätäänkin eri kohteista. Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon. Toiminnan edellytyksenä tarvitaan tietyt komponentit, jotta kylmäaineen kiertokulku mahdollis-

tetaan. Järjestelmän toiminta pidetään yksinkertaisena ja tässä kohtaa keskitytään pääkomponentteihin. Nämä ovat höyrystin, lauhdutin, kompressori ja paisuntaventtiili. Näiden lisäksi lämpöpumput pitävät sisällään paljon automatiikkaa ja muita hyödyllisiä komponentteja.

Markkinoilla on todella monen valmistajan tuotteita ja kaikki pyrkivät parantamaan tuotteitaan erilaisten ratkaisujen avulla. Pääkomponenttien lisäksi kaikilla on siis hieman erilaisia ratkaisuja, ja tämän takia on parempi, että pysytään tässä kohtaa vain päätoimintaperiaatteessa.

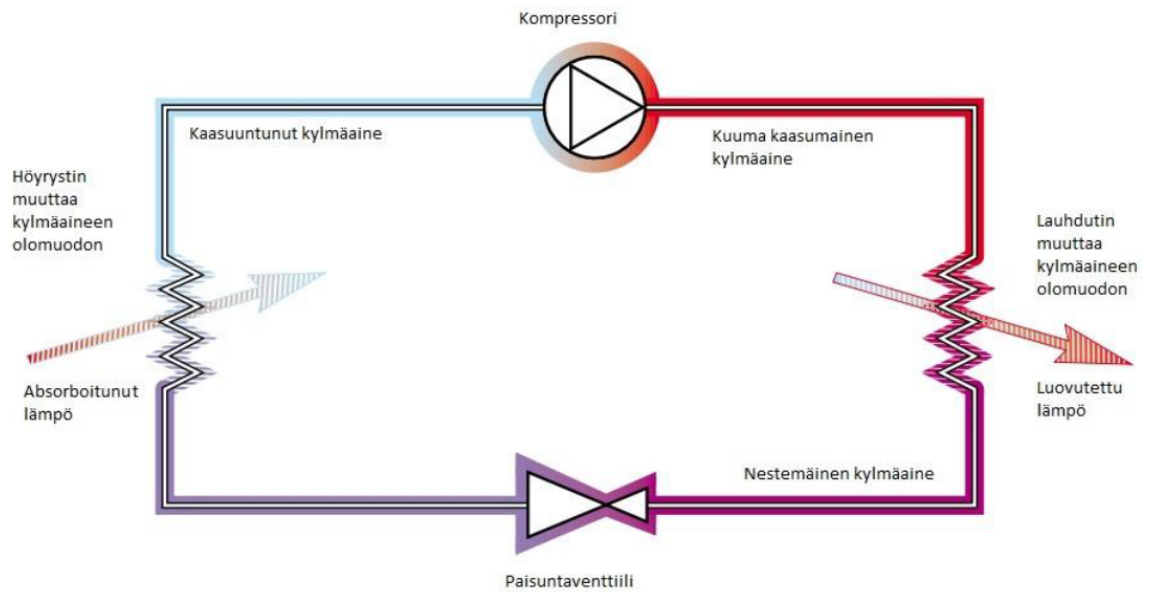
Tuotettaessa lämpöpumpulla lämpöenergiaa höyrystin on sijoitettu joko rakennuksen ulkopuolelle (ilmalämpöpumput ja ilma-vesilämpöpumput) tai rakennuksen sisään itse muun koneikon yhteyteen (maalämpöpumput ja poistoilmalämpöpumput). Höyrystimessä kylmäaine on aluksi nestemäistä, mutta se sitoo itseensä lämpöenergiaa, joko ulkoilmasta (ilmalämpöpumput, ilma-vesilämpöpumput) tai väliaineesta (maalämpöpumput) maaliuospiirin nesteestä ja muuttaa lämmitessään olomuotoaan kaasumaiseksi. Poistoilmalämpöpumpuissa höyrystin on sijoitettu rakennuksesta poistettavan ilman kanavaan tai kammioon.

Höyrystimessä kaasuuntunut kylmäaine imetään kompressoriin, jossa se puristetaan korkeaan paineeseen ja sen lämpötila saadaan kohoamaan ja tulistumaan.

Kuumentunut kaasumainen kylmäaine johdetaan kompressorilta lauhduttimeen, missä se luovuttaa keräämänsä lämmön ilmalämpöpumpun tapauksessa lämpönä huoneilmaan tai muissa tapauksissa vesivaraajan. Sieltä lämpöä voidaan hyödyntää sekä lämmittämiseen että lämpimän käyttöveden tuottoon. Poistoilmalämpöpumppu voi mallista riippuen luovuttaa lämpöä ilmaan, veteen tai molempiin.

Luovuttaessaan lämpöä lauhduttimessa kaasumainen kylmäaine muuttaa myös olomuotoaan takaisin nesteeksi, ja samalla sen paine alenee.

Lauhdukselta nestemäinen kylmäaine johdetaan paisuntaventtiilille, jossa sen painetta lasketaan vielä reippaasti ja samalla sen olomuoto saadaan muutettua kokonaan nesteeksi ja lämpötila alennettua takaisin. Paisuntaventtiililtä kylmäaine menee takaisin höyrystimelle, ja kiertokulku alkaa alusta (kuva 6).



Kuva 6. Lämpöpumpun toimintaperiaate yksinkertaisimmillaan [9, s. 7].

3.3 Lämpöpumpun hyötysuhteen määritelmä

Puhutaan yleisesti lämpöpumppujen kohdalla lämpökertoimesta eli COP-arvosta (Capacity of Performance). Tämä tarkoittaa lämpöpumpun tuottaman ja sen kuluttaman energian suhdetta tietyllä hetkellä ja tietyissä olosuhteissa.

Tämä kertoo lukuna, kuinka moninkertaisesti lämpöpumppu pystyy tuottamaan lämpöä kuluttamaansa energiaan nähden. Esimerkiksi lämpökertoimen arvolla $COP = 3$ pumppu luovuttaa jokaisen itse sähköverkosta ottamaansa kilowattitunnin lisäksi rakennukseen kaksi ylimääräistä kilowattituntia lämpöä.

Lämpökertoimen suuruus riippuu lämmön keruu- ja luovutuslämpötiloista ja sen teoreettisen arvon voi laskea yhtälöstä

$$\text{Teoreettinen lämpökerroin COP} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$

T_1 tarkoittaa kohteen lämpötilaa, josta lämpö kerätään, eli ulkoilman, poistoilman tai maan lämpötilaa, kelvin-asteina.

T_2 tarkoittaa lämmön luovutuslämpötilaa eli sisäilman tai lämmitysveden lämpötilaa, kelvin-asteina.

0°C 273 K (kelvin-astetta)

Laskukaavan avulla voidaan laskea teoreettinen COP-arvo. Tällä tavoin saadaan kuitenkin harhaanjohtava arvo, koska tässä ei oteta huomioon ollenkaan kompressorin ja muiden lämpöpumpun sähköä kuluttavien laitteiden kuluttamaa sähköenergiaa. [8, s. 30.]

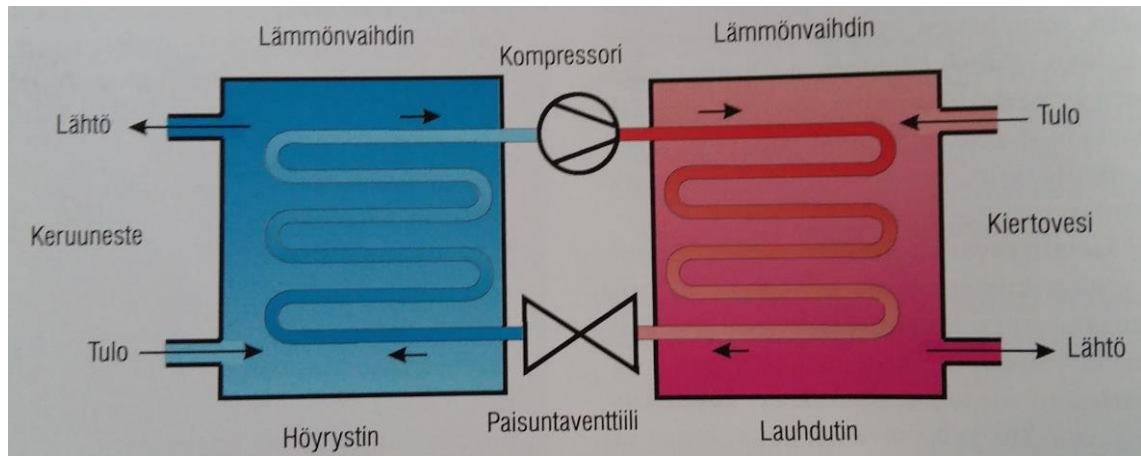
Laskettaessa tarkkaa COP-arvoa täytyy tietää lämpöpumpun todellinen sähkönkulutus kaikkine laitteineen mittaushetkellä, jotta todellinen COP-arvo eli lämpökerroin saadaan selville juuri kyseiselle lämpöpumpulle. Tämä saadaan selville seuraavan kaavan avulla. [10, s. 230.]

$$\text{Todellinen lämpökerroin COP} = \frac{\text{Tuotettu lämpö (kWh)}}{\text{Käytetty sähkö (kWh)}}$$

Lämpöpumppujen vertailu keskenään on todella hankalaa. Ilmalämpöpumppujen kohdalla ei ole olemassa standardia, jonka avulla pystyttäisiin siinä määritellyillä mittausarvoilla saatuja COP-arvoja vertailemaan keskenään lämpöenergiaa tuottaessa. Jäähdytyskäyttöä varten sen sijaan on olemassa EU-standardi, jolla päästään suorittamaan vertailua. Tosin VTT on Suomessa ryhtynyt valmistajien tilauksesta testaamaan ilmalämpöpumppuja, jotta saataisiin luotettavia mittaustuloksia.

Maalämpöpumppujen kohdalla tilanne on hieman parempi, ja niillä lämpöenergiaa tuottaessa pystytään COP-arvoja vertailemaan keskenään standardin EN 14511 avulla. [11.]

Maalämpöpumpun COP-arvoa vertailtaessa vakioidut lämpötilat ovat seuraavanlaiset: maalämpöpumpussa lämmönvaihtimesta maapiiriin palaavan nesteen lämpötila on 0°C ja lämmitysvesipiirin menoveden lämpötila on $+35^\circ\text{C}$. Testausarvojen yhteydessä käytetään silloin merkintää 0/35. [8, s. 32.]



Kuva 7. Maalämpöpumpun toimintakaavio [8, s. 34].

Maalämpöpumppujen kohdalla COP-arvojen vertailu onkin viisasta tietyssä määrin, koska maan lämpötila siellä, mistä maalämmön kohdalla lämpöä kerätään, ei vaihtele Suomessakaan vuodenajasta riippumatta kovinkaan suuresti. Näin COP-arvossa ei tapahdu radikaalia muutosta kylmällä talvipakkasellakaan. Kuvassa 8 on esitetty maalämpöpumppujärjestelmän toimintakaavio.

Ilmalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujen kohdalla COP-arvoihin sen sijaan tulee suhtautua kriittisesti. Näiden lämpöpumppujen COP-arvot määritellään monesti suhteessa 7/21. Siten maalämpöpumppujen tavoin höyrystimeen imettävän ulkoilman lämpötila on +7 °C ja lämpimänä huoneilmana puhallettava ilma tai lämmitysvesipiirin menoveden lämpötila on +21 °C.

Poistoilmalämpöpumpun COP-arvoa tarkasteltaessa tulee pitää mielessä muutama seikka. Mikäli pumppu pitää sisällään ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistopuhaltimien, kuluttavat nämä myös energiaa toimiakseen. Tärkeämpänä tulee kuitenkin pitää mielessä tässä tapauksessa, että tuo rakennuksen tuloilma tulee lämmittää jollain, ja muita lämpöpumppuja käytettäessä tuon tekee erillinen ilmanvaihtokone.

Pääosin ilmanvaihtokone suorittaa rakennuksen tuloilman lämmityksen lämmöntalteenoton avulla, eli rakennuksesta poistettava ilma lämmittää tuloilman. Perinteisesti lämmöntalteenotto omakotitaloihin tarkoitetuissa ilmanvaihtokoneissa on toteutettu joko ristivirtauskennon avulla tai pyörivällä lämmöntalteenotolla. Lisälämpö tuloilman lämmittämiseen kovimmilla pakkasilla toteutetaan jälkilämmityspatterilla, joka on yleisesti sähköllä toimiva tai vesikiertoinen.

Poistoilmapumppu, joka sisältää ilmanvaihtokoneen, menettää kilpailijoihin nähden hyötysuhdettaan, kun se joutuu lämmittämään tuloilman myös uudelleen, koska se pyrkii imemään rakennuksesta poistettavan ilman lämpöenergian lämpöpumppuprosessiin. Toki tuotteiden kehittyessä markkinoille on tullut jo malleja, joissa tuo tuloilman lämmitys hoidetaan perinteisen ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton tavoin, ennen lämpöpumppuprosessia ja näin on saatu COP-arvoja parannettua.

Kaikkien muiden lämpöpumppujen paitsi maalämpöpumpun kohdalla täytyy kuitenkin muistaa, että ulkoilman laskiessa lämpöpumppujen hyötysuhde muuttuu. Toiset markkinoilla olevat lämpöpumput eivät esimerkiksi pysty itse lämpöpumppuprosessissa tuottamaan yhtään lämpöenergiaa enää ulkolämpötilan laskiessa alle -20°C . Tässä tapauksessa kaikki lämmitys tapahtuu pelkästään sähkövastusten tai rinnalla toimivan puun, pelletin, kaukolämmön tai öljyn avulla. Lämpöpumppujen COP-arvo ilmoitetaan tavallisesti ulkoilman ollessa $+7^{\circ}\text{C}$, ja tällöin moni pumppu pääseeikin hyviin tuloksiin. Suomessa talvisin harvemmin vain on noin lämmintä, ja siksi kehotan lämpöpumpun valinnassa olemaan maltillinen ja vertailemaan käytössä olleiden lämpöpumppujen todellisia kulutuslukemia.

4 Hybridijärjestelmä

Hybridijärjestelmä on käsitteenä useamman lämmönlähteen yhdistäminen lämpöenergiantuotantoon kiinteistössä. Lähtökohtana on usein valita omakotitalo lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa yksi päälämmönlähde ja sen rinnalle yksi tai useampi muu lisälämmönlähde. Hybridijärjestelmän voi halutessaan toteuttaa vaikka kahden edellä mainittujen päälämmönlähteiden yhdistämisellä, mikäli kokee saavuttavansa näin taloudellisesti kannattavimman ratkaisun. Lämpöpumppujen yleistyessä monet ovatkin liittäneet saaneerausien yhteydessä vanhan öljy- tai puulämmityksen rinnalle ilma-vesilämpöpumpun.

Päälämmön lisäksi on myös mahdollisuus liittää lämmitysjärjestelmän lisälämmönlähteeksi esimerkiksi vesikiertotakka, -puuhella tai aurinkopaneelijärjestelmä. Edellä mainitut järjestelmät ovat hyviä valintoja lisälämmönlähteeksi lämmöntuotantoon päälämmönlähteen rinnalle.

Toisaalta voi vain valita lisälämmönlähteeksi ilmalämpöpumpun tai varaavan takan, jotka toimivat omina järjestelminään, eivätkä vaadi toimiakseen päälämmönlähteen toimimista.

5 Rakennuskohteen tiedot

Työssä käsiteltävä lämmitysjärjestelmä toteutettiin Etelä-Suomessa kaksikerroksiseen omakotitaloon haja-asutusalueella. Kohdetta on alettu rakentamaan 2013. Rakennuksen alempi kerros on osittain maan pinnan alapuolella, ja sen runko on toteutettu valueristeharkoilla. Ensimmäisen ja toisen kerroksen erottavat toisistaan ontelolaatat, joiden päälle on rakennettu toisen kerroksen puurunko. Perustukset on tehty kallion päälle maanvaraisella alapohjalla. Julkisivuna on tiiliverhous ja kattona konesaumapeltinen harjakatto. Asuinpinta-alaa rakennuksessa on 180 m², maanpäälliset kerrostasoalat ovat yhteensä 211 m². Talosta on jouduttu tekemään rakennuslupaa haettaessa energiaselvitys, ja tämän pohjalta on laskettu E-luku.

6 Lämmitysjärjestelmän kuvaus

Kohteen lämmitysjärjestelmän valintaan vaikutti muutama seikka. Ensimmäisenä asiana haluan nostaa esille halun käyttää päälämmönlähteenä ilma-vesilämpöpumppua, maalämpöpumpun sijasta. Tämä päätös lähti rakentajan taholta, joka oli selvittellyt teoreettisia takaisinmaksuaikoja laitteistojen välillä ja samalla pitänyt mielessä ajatusta, että vesikiertotakkaratkaisu olisi tarkoitus toteuttaa lisälämmönlähteeksi.

Rakentajan omistamaa hallirakennusta on lämmitetty useampi talvi kahden Mitsubishin ilmalämpöpumpun voimin. Kokemukset ovat olleet todella positiivisia, eli rakentaja valitsi Mitsubishin ilma-vesilämpöpumpun. Päälämmön lähteen rinnalle valittiin eri valmistajien toimitusvaikeuksien jälkeen Kratki-merkinen vesikiertoinen takka. Lämmön kerääjäksi eli energiavaraajaksi, päädyttiin tuotteen rakenteen ja tilan ahtauden johdosta Jäspän

GTV 500 -hybridivaraajaan. Toteutuksessa on ajateltu useamman lämmönlähteen liittämistä.

Lämmitysjärjestelmän pääkomponentit ovat

- Mitsubishi PUHZ - SW75VHAR3, ulkoyksikkö
- Mitsubishi EHSC - YM9C Hydrobox, sisäyksikkö
- Jäspi GTV 500, energiavaraaja
- Kratki ALDI-1V, vesikiertotakka
- Ouman EH-800B, lämmönsäädin.

6.1 Ulkoyksikkö

Lämmitysjärjestelmän ulkoyksikkönä toimii Mitsubishin PUHZ - SW75VHAR3, jonka tekniset tiedot ovat helposti luettavissa maahantuojan ilmoittamista tiedoista (kuva 8). Lämmityskäytössä toimiessaan Mitsubishin ulkoyksiköt pitävät sisällään useasti höyrystimen ja kompressorin, kuten kohteen ulkoyksikkökin. Tällöin kompressorin tuottama ääni jää rakennuksen ulkopuolelle, ja näin vältetään mahdolliset ääniongelmät sisätiloissa. Useimmilla valmistajilla toteutustapa on samanlainen kuin Mitsubishilla, mutta myös poikkeuksia löytyy.

ULKOYKSIKKÖ	
MALLI	PUHZ-SW75VHA
Energialuokka	A++
Lämmitysteho, min-maks (kW)	3.8–10.2
Nimellisteho (kW)**	8.0
Maksimi menoveden lämpötila (°C)	60
COP (lämpökerroin) *	4,40
Alin toimintalämpötila kompressorikäytöllä (°C)	-20
Jännite, vaihe/taajuus	230, 1/50
Omakäyttöteho (kW) **	1,82
Sulake (A)	1 x 16/20
Kylmäaine putkikoot ø	3/8" + 5/8"
Kylmäaine R410A määrä, kg	3,2
Paino (kg)	75
Mitat (mm)	Leveys 950 Syvyys 330+30 Korkeus 943
Äänitaso dB(A) ***	51



Kuva 8. ulkoyksikön tekniset tiedot ja ulkoyksikkö [12].

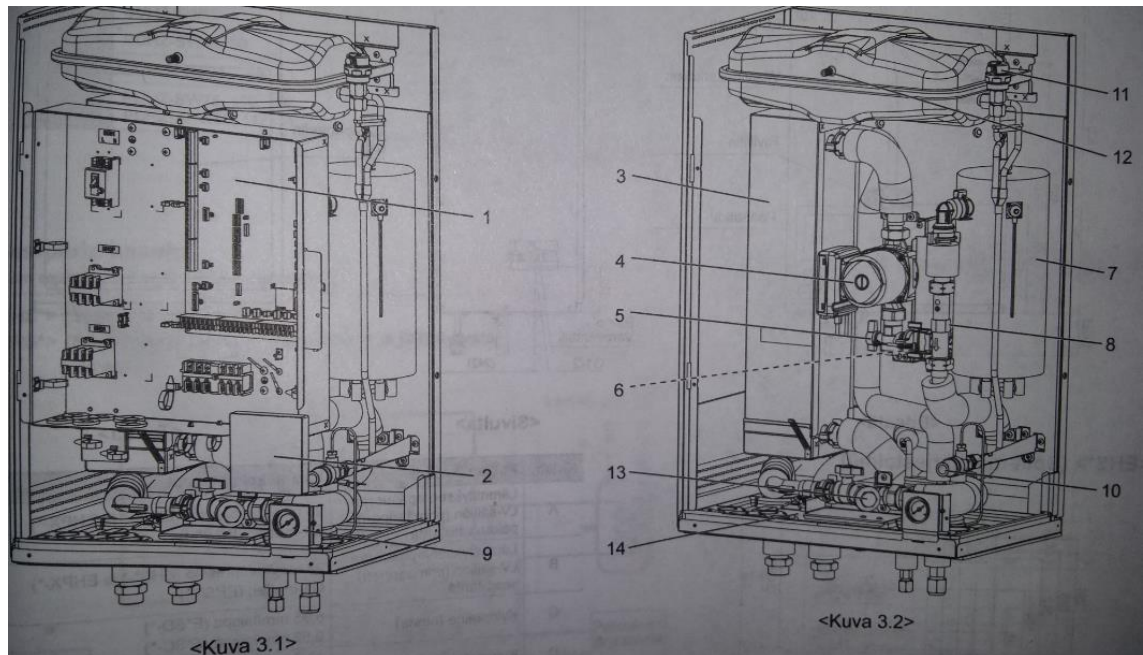
Kohteen ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö on sijoitettu kokeilumielessä talon taakse tehtyyn kellaritilaan, joka rajoittuu alapuolelta kallioon ja yläpuolella on ontelolaatat. Näiden päälle on kasvatettu takapihan nurmikko. Kellarilla on tilavuutta noin 100 m³. Kuvassa maassa näkyvä jää on muodostunut enimmäkseen sulaneista vuotovesistä talvikelien lauhtuessa, mutta toki osa on peräisin myös ulkoyksikön sulatusjaksolla syntyneestä vedestä. Ulkoyksikkö joutuu siis aika ajoin sulattamaan itseensä kertyneen jään ja tästä syntyy vettä, jota esiintyy talvisin jäänä ulkoyksikön alapuolella.

Lähtökohtaisena ajatuksena tässäkin ratkaisussa on saavuttaa energiakustannussäästöjä. On mahdollista, että ulkoyksikkö saa tilan lämpötilan laskemaan ulkoilmaa kylmemmäksi, ja tuolloin haettu hyöty luonnollisesti menetetään. Ilma-vesilämpöpumppu on ollut toiminnassa rakennuksen lämmitysjärjestelmänä talvikauden 2016.

Lämmintä käyttövedettä ei kuitenkaan ole tuotettu ollenkaan, joten varaajan lämpötila on pidetty maltillisena noin 35 °C, koska rakennusta ei ole otettu vielä asuinkäyttöön.

6.2 Sisäyksikkö

Lämmitysjärjestelmän sisäyksikkönä ja samalla ulkoyksikön toiminnan ohjaajana toimii Mitsubishiin EHSC - YM9C Hydrobox. Sisäyksikön sisältämät osat on selitetty kuvan 9 ja kuvaviitteiden avulla.



Kuva 9. Hydrobox, sisäyksikkö [12].

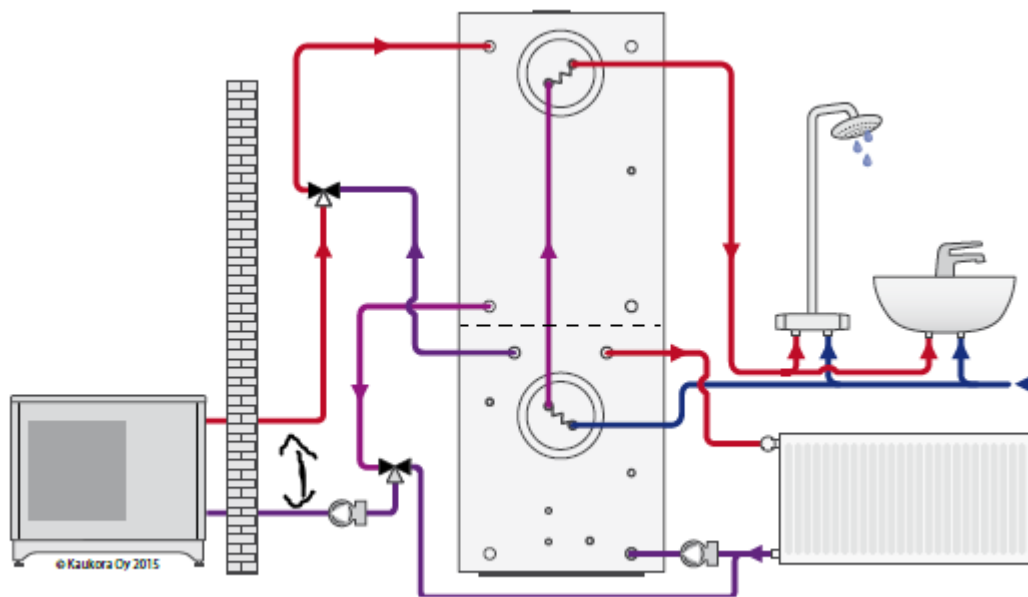
1. ohjaus- ja sähkörasia. 2. Pääsädin. 3. Levylämmönsiirrin. 4. Kiertovesipumppu. 5. Pumpun venttiili. 6. Tyhjennysyhde. 7. Sähkövastus. 8. Virtausanturi. 9. Painemittari. 10. Varoventtiili. 11. Ilmanpoistin. 12. Paisunta-astia. 13. Siiviläventtiili. 14. Tyhjennysastia.

Sisä- ja ulkoyksikön välillä kiertää kohteen järjestelmässä kylmäaine R410A. Järjestelmiä on saatavilla myös versioina, joissa ulko- ja sisäyksikön välillä kiertää vesi.

Tämän kaltaista järjestelmää ei kuitenkaan valittu kohteeseen, koska haja-asutusalueella sähkökatkot voivat olla osittain pitkäkestoisiaakin. Silloin kiertovesipumpun ollessa pysähdyksissä ulkona ”seisoo” vesi ja on olemassa jäätymisvaara.

Edellä mainitsin myös kylmäaineen, joka kohteen järjestelmässä kiertää. Kylmäaineet ovat lähivuosina kokeneet monia haasteita, ja niitä on eri säädösten sekä lakien puit-

teissa milloin mistäkin syystä poistettu käytöstä ja korvattu uudella järkevämmällä vaihtoehdolla. En tässä työssä lähde sen enempää käsittelemään kylmäaineita, todetaan vain, mikä kylmäaine kohteen järjestelmässä kiertää. Tällä hetkellä omakotitalojen lämmitysjärjestelmän kylmäainevaihtoehtoja on muutamia. Lämpöpumppujärjestelmien valmistajat valitsevat näistä itselleen parhaiten sopivan ja käyttävät tätä omissa järjestelmissään, ja aine on jo asiakkaalle toimitettaessa koneen sisällä. Enemmän tietoa aiheesta haluavien suosittelen tutustumaan kylmätekniikkaa käsitteleviin artikkeleihin ja kirjoihin.



Kuva 10. Järjestelmän kytkentäperiaate [13].

Kuvassa 10 on esitetty kotimaisen Kaukora Oy:n kytkentä, joka antaa lukijalle mielikuvan ilma-vesilämpöpumppuun kytketyn energiavaraajajärjestelmän toimintaperiaatteesta. Toteutetun kohteen järjestelmä eroaa siltä osin kuvan järjestelmästä, että ulkoseinän sisäpuolella on sisäyksikkö energiavaraajan ja ulkoyksikön väliin kytkettynä nuolien osoittamassa kohdassa. Lämmitysjärjestelmän toimintaa on käsitelty tarkemmin luvussa 7.

6.3 Energiavaraaja

Energiavaraajan on tarkoitus varastoida lämpöä. Lämmitysjärjestelmien kehittyessä myös varaajilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Kohteeseen valittiin Jäspin GTV 500-energiavaraaja sen ulkoisen koon ja rakenteen vuoksi. Vesitilavuutta varaajassa on 500 litraa, minkä voi jo nimestäkin päätellä. Varaajan sijoituspaikka päätti varaajan koon, mutta muuten olisi kohteessa lähdetty miettimään vesitilavuudeltaan hieman isompaa varaajaa.

Valittaessa lämmitysjärjestelmään osaksi puulämmitys jossakin muodossa, olisi toki hyvä pyrkiä asentamaan aina mahdollisimman suuri varaaja, jotta kuumaksi lämmitetty varaaja luovuttaisi lämpöä pidempään yhden onnistuneen lämmitysjakson jälkeen. Puilla tapahtuvaa lämmittämistä ja tietoutta poltettavien puiden määrästä ei mikään automaattijärjestelmä hoida, vaan sen ohjaajana toimii itse lämmittäjä. Jotta järjestelmää ei lämmitettäisi ylikuumaksi ja varolaitteiden peliin puuttumista vältettäisiin, antaa tässä kohtaa enemmän armoa isolla vesitilavuudella varustettu varaaja.

Käyttäjän oppiessa tuntemaan oman lämmitysjärjestelmän vaatiman lämmitysmäärän sekä energiavaraajan luovuttaman lämmön keston ei myöskään ongelmia yleensä synny. Näin päästään parhaaseen energiatehokkuuteen. Täytyy kuitenkin tässä kohtaa myös muistaa, että energiavaraajan koon valinnassa täytyy puntaroida, tapahtuuko lämmittäminen vain harvoin puilla, jolloin varaajan koon kasvattamisella suhteessa hankintahintaan saavutetaan vain tappioita.



Kuva 11. Jäspi GTV 500, halkileikkaus [14].

Jäspin GTV 500 (kuva 11) pitää sisällään kaksi lämminvesikierukkaa: toinen toimii esilämmityskierukkana varaajan alaosassa ja toinen varsinaisena kierukkana varaajan yläosassa. Lisäksi varaajassa on yksi lämmityskierukka, johon voidaan kytkeä aurinkolämpöpiiri, sekä paljon mahdollisuuksia putkikytkentälähdöiksi lämmitysjärjestelmään liittymistä varten. Halutessaan varaajan pystytään myös ongelmitta asentamaan 3 kpl lämmitysvastuksia.

Hieman puolenvälin alapuolelle varaajaa on asennettu laipio eli teräslevy, joka kerrostaa varaajassa olevan veden lämpötilaa ja jolla pyritään pitämään alapuolinen osio esim. lattialämmitysjärjestelmällä rakennusta lämmitettäessä noin 30–40 °C:ssa. Vastaavasti yläosion lämpötila on noin 50–65 °C. Laipio on kuitenkin osittain avoin, joten koko varaaja pystytään lämmittämään halutessa tasalämpöiseksi. Varaajan toiminnasta kohteen lämmitysjärjestelmän osana on selitetty tarkemmin luvussa 7.

6.4 Vesikiertotakka

Rakennuskohteessa Ilma-vesilämpöpumpun rinnalle on toteutettu vesikiertotakkajärjestelmä. Molemmat järjestelmät tuottavat lämpöä energiavaraajaan, josta lämpöä siirretään lämpimään käyttöveeseen ja lattialämmityspiiriin. Kokonaisuudessaan järjestelmässä on tavallaan kolme erillistä ohjausjärjestelmää, jolla kokonaisuuden saa fiksusti kohteen tapauksessa toimimaan. Näiden toiminnasta selviää lisää luvussa 7.



Kuva 12. Kratki ALDI-1V, vesikiertotakka [15].

Vesikiertotakkapaketti pitää sisällään kohteen tapauksessa järjestelmän sydämen eli tulipesän ja sen ympärille toteutetun vesisäiliön sekä vesisäiliön ympärille asennettavan eristeen ja ulkokuoreksi tarkoitetut levyt, jotka voidaan pinnoittaa halutulla tavalla. Kohteen tapauksessa valmistaja lupaa takan tuottavan lämmitystehoa 5 – 13 kW sekä hyötysuhteen olevan 72 %, joista voitaisiin siirtää lämpöenergiaa veden välityksellä energiavaraajaan 90 %. [16]

Takan vesitilavuus (kuva 12) on noin 60 litraa. Putkikytkentälähtöjä on neljä kappaletta. Lisäksi on tarvittavat anturipesät ja vesitilan sisälle on toteutettu hätäjähdytyslenkki. Kytkentää ja toimintaa käsitellään luvussa 7. Lämmitysjärjestelmän toiminta.

6.5 Ouman EH-800B, lämmönsäädin

Haluan tuoda esille yhtenä järjestelmän pääkomponenttina myös lämmönsäätimen. Lämmönsäätimiä on tarjolla monelta eri valmistajalta. Oikeanlainen säädin tulee valita käyttötarkoituksen ja halutun valmistajan mukaan.

Lämmönsäädin omakotitaloissa asennetaan sekoitusventtiin karaan, ja sen tehtävä on ohjata sekoitusventtiiliä. Säädintä ohjataan monesti halutun menoveden lämpötilan ja ulkolämpötilan mukaan määritellyllä lämmönsäätökäyrällä. Säätimen kytkentää ja toimintaa käsitellään tarkemmin luvussa 7.

7 Lämmitysjärjestelmän toiminta

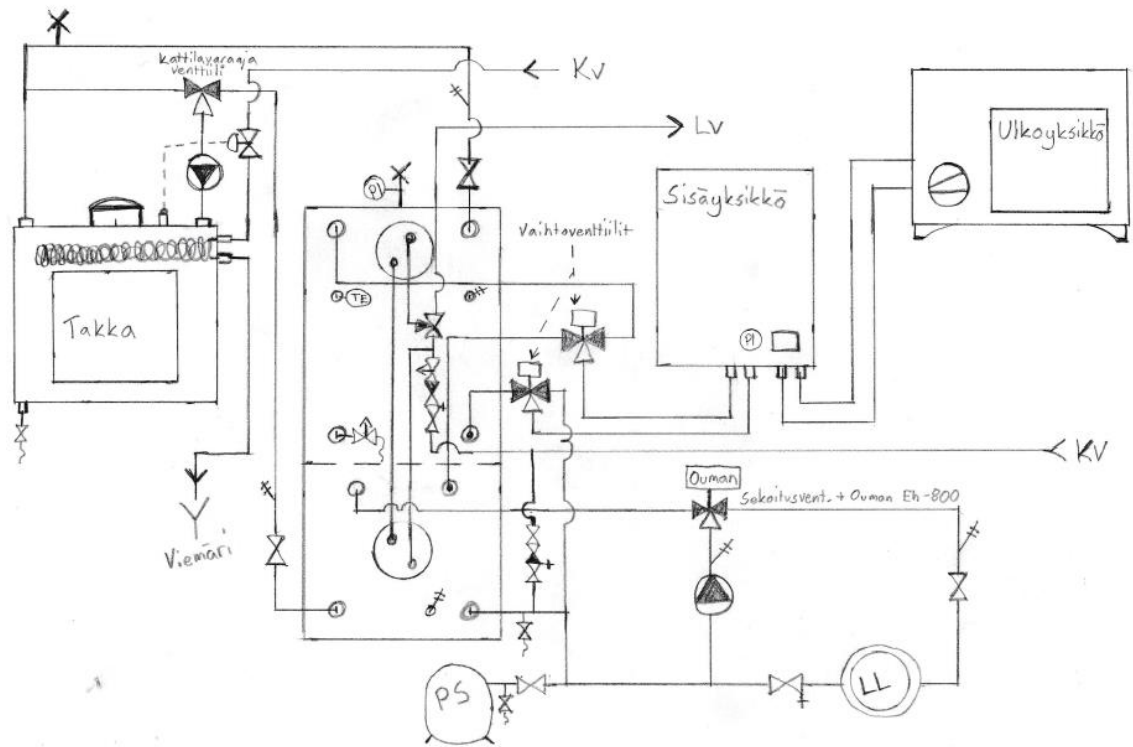
Käsiteltäessä tässä työssä puhuttua kohdetta sisäistetään ensin ajatus siitä, että energiavaraajaan varataan lämpöenergiaa kahden eri lämmitysjärjestelmän avulla. Molemmat lämmitysjärjestelmät toimivat käytännössä omalla ohjausjärjestelmällään. Energiavaraajasta luovutettavaa lämpöenergiaa lattialämmityskierto on ohjataan vielä kolmannella säätöjärjestelmällä, tässä kohteessa Ouman EH-800B:n avulla. Tämän lisäksi lämpimän käyttöveden lämpötilaa ohjataan mekaanisen käyttöveden sekoitusventtiin avulla. Kohteen lämmitysjärjestelmän toteutus lämmönjakohuoneessa on esitetty (kuvissa 13 ja 14). Lämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio on esitetty (kuvassa 15).



Kuva 13. Kohteen lämmitysjärjestelmä teknisessä tilassa, takan kytkentä toteuttamatta



Kuva 14. Kohteen lämmitysjärjestelmä teknisessä tilassa, vaihtoventtiilit ja lämmönsäädin



Kuva 15. Kohteen lämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio

7.1 Ilma-vesilämpöpumpun toiminta

Sisäyksikössä on ilma-vesilämpöpumpun äly eli automatiikka, ja se ohjaa ulkoyksikköä sekä kahta vaihtuventtiiliä. Ulko- ja sisäyksikön välillä kiertää kylmäaine, joka kerää ulkoilmasta lämpöä itseensä ja luovuttaa keräämänsä lämmön sisäyksikön lämmönsiirtimessä talon lämmitysjärjestelmään.



Kuva 16. Suuntaa antava kuva lämmönsiirtimestä [17].

Kuva 16 antaa lukijalle mielikuvan millainen on lämmönsiirrin. Käytännössä lämmönsiirrin on lämpöpumppujärjestelmissä toisella nimellä ilmaistuna lauhdutin. Punaiset lähtöpäät ja keltaiset lähtöpäät on eroteltu toisistaan. Tässä tapauksessa voidaan ajatella, että toisten päiden kautta kiertää järjestelmän kylmäaine ja toisten päiden kautta taas lämmitysverkoston vesi ja lämpö siirtyy kylmäaineesta veteen.

Vaihtuventtiilien ohjaamisella määritetään, tuotetaanko taloon lämpöenergiaa, jolloin lämmitysvedettä kierrätetään sisäyksikön lämmönsiirtimen ja varaajan laipion alapuolella, vai valmistetaanko lämmintä käyttövedettä, jolloin lämmitysvesi kiertää varaajan yläosan ja lämmönsiirtimen välillä.

Varaajan yläosaan on asennettu käyttövesianturi, joka kertoo sisäyksikön automatiikalle, kuinka lämmintä vesi on. Mikäli veden lämpötila laskee alle asetetun raja-arvon, ohjataan vaihtuventtiilit kierrättämään vettä varaajan yläosaan. Tämän lisäksi määritellään automatiikalle, kuinka usein varaajan yläosan lämpötila nostatetaan muutamiksi minuuteiksi yli 60 °C:n jolloin Legionellabakteeri kuolee [18.]

Varaajan alaosan lämmitysvedenkierto määritellään ulos asennetun ulkolämpötila-anturin ja lämmönsäätökäyrän mukaan. Lämmönsäätökäyrä valitaan sisäyksikön automatiikkaohjelmasta lämmönluovutusmuodon perusteella. Lattialämmitysverkostossa kierrätetään matalalämpöistä vettä, kun taas patterilämmitysverkossa kierrätetään huomattavasti kuumempaa vettä. Kohteen lämmönjakelu on toteutettu lattialämmityksen muodossa, ja siksi laipiolla varustettu varaaja vaihtuventtiilein on viisas valinta. Tällä tavalla toimittaessa pystytään kerrostamaan varaajaan kahta eri lämpötasoista vettä ja lämmitystarpeen mukaan lämmitetään vain toista osaa. Lämmitysveden Δt saadaan pidettyä tällä tavalla pienenä ja säästetään energiakustannuksissa.

Tarkasteltaessa kuvaa 9 huomataan, että lämpöpumppujärjestelmän sisäyksikköön on asennettu automatiikan ja lämmönsiirtimen lisäksi myös lämmityspiirin kiertovesipumppu, paisunta-astia ja sähkövastus. Automatiikka ohjaa haluttaessa automaattisesti lämmitysvastusta toimimaan lämpöpumppuprosessin rinnalla haluttujen asetusarvojen mukaan.

7.2 Vesikiertotakan toiminta

Vesikiertoinen takka on kytketty energiavaraajaan ristikytkennällä aivan varaajan ylä- sekä alaosaan. Ratkaisulla pyritään takkaa lämmitettäessä lataamaan koko energiavaraaja kauttaaltaan kuumaksi ja varastoimaan näin mahdollisimman paljon lämpöenergiaa. Varaajaan on asennettu kolme lämpötilamittaria näyttämään varaajan veden lämpötilaa eri kohdissa.

Takan lämmitysvesikiertoon on asennettu oma kiertovesipumppu ja termostaattiohjattu sekoitusventtiili. Kun takkaan sytytetään tulet, ohjaa savupiippuun asennettu savukaasutermostaatti käyntiin kiertovesipumpun, joka alkaa kierrättämään vettä sekoitusventtiiliin ja takan vesisäiliön välillä.

Sekoitusventtiiliin termostaatin saavuttaessa lämpötila-arvonsa alkaa se kierrättämään vettä varaajan kautta. Samalla se sekoittaa kuitenkin joukkoon kuumaa vettä niin, että takkaan palaavan veden lämpötila saadaan pidettyä yli 55 °C:n. Lämpötilan tulee ylittää kastepiste, jotta vältetään tervaaminen ja siihen liittyvä alhaisen lämpötilan aiheuttama korroosio takassa [19].

Vesikiertotakan vesisäiliöön on lisäksi asennettu kuparinen jäähdytyskierto. Jäähdytyskiertoa ohjaa mekaaninen kiehunnanestoverventtiili, jonka termostaatti on asennettu takan vesitilaan. Mikäli veden lämpötila takassa nousee yli termostaatin arvon, aukeaa kiehunnanestoverventtiili ja alkaa juoksuttamaan kylmää käyttövettä jäähdytyskiertolenkin läpi viemäriin. Häätävarjelun liioitteluna takan vesitilaan on asennettu tyhjennysyhde viemäriin ja energiavaraajan kytkentäpäihin sulkuventtiilit, joiden avulla takkajärjestelmä voidaan ottaa pois käytöstä ja tyhjentää.

7.3 Energiavaraajan toiminta

Energiavaraajaan varastoidaan lämpöpumpun ja vesikiertoisentakana lämpöenergia. Varaajan laipion alapuolella kierrätetään lämmitysverkoston vettä, ja sinne on asennettu myös lämpimän käyttöveden esilämmityskierukka sekä mahdollista aurinkolämpöä varten oma kierukka. Laipion avulla pyritään kerrostamaan paremmin varaajan lämpötilaeroja ja hillitsemään pumppujen aiheuttamia virtauksia. Laipion yläpuolella varaajan yläosassa on lämpimän käyttöveden lämmityskierukka.

Lämpöpumpulla tuotettaessa lämpöenergiaa on energiatehokkuuden kannalta hyvin suotavaa kerrostaa lämpötiloja varaajassa. Takalla tuotettaessa lämpöenergiaa pyritään varaajan lämpötila nostattamaan kerroksittain, mutta tarkoituksena on kuitenkin saada koko varaaja tasalämpöiseksi, jolloin saavutetaan paras hyöty.

Kohteen normaalitilanteessa lämpöpumpun automatiikan säädöt on aseteltu niin, että se hoitaa itsenäisesti koko lämmityksen ja ohjaa tarvittaessa sähkövastusta tuottamaan lisälämpöä. Lämpöpumpun automatiikka on kuitenkin hyvin pitkälle jalostettua, ja se tietää käyttövesianturin ja virtausmittarin tuottamien tietojen perusteella, että energiavaraajaan tuotetaan lämpöenergiaa vesikiertoisentakan avulla ja lopettaa lämmitysprosessin.

7.4 Lämmönsäätimen toiminta

Rakennuskohteessa tuotetaan lämpöenergiaa kahden eri lämmitysmuodon voimin energiavaraajaan ja hyödynnetään sieltä lämpöenergiaa kiinteistön lämmittämiseen sekä lämpimän käyttöveden tuotantoon. Tuotettaessa takan avulla lämpöenergiaa varaajan lämpötila kohoaa kauttaaltaan, ja sieltä lämpöenergian siirtäminen lattialämmitysverkoon suoraan ei ole suotavaa. Liian kuumaa vettä lattialämpöverkossa kierrätettäessä voidaan aiheuttaa lattiassa rakenneaurioita. Tästä syystä varaajan ja lattialämmitysverkoston väliin on toteutettava oma kiertopiiri, joka on varustettu kiertovesipumpulla ja sekoitusventtiilillä. Sekoitusventtiiliin on asennettu automaattinen lämmönsäädin EH-800B.

EH-800B ohjaa lattialämmitysverkostoon oikean lämpöistä vettä ulkoilma-anturin ja menoveden lämpötila-anturin mukaan lämmönsäätökäyrän avulla. Tällä tavoin varmistetaan, että lattiassa kiertää aina oikeanlämpöinen vesi, huolimatta siitä, mikä on energiavaraajan lämpötila tai millä tavoin sinne tuotetaan lämpöenergiaa.

7.5 Muut laitteet ja toteutustavat

Lämmitysjärjestelmä vaatii myös muita laitteita, jotta järjestelmä toimisi ja olisi turvallinen käyttää. Lähdetään liikkeelle varolaitteesta eli varoventtiilistä, jolla estetään järjestelmän paineen kasvu liian suureksi. Varoventtiilin oikea avautumispaine riippuu lämmitysjärjestelmän käyttöpaineesta, joka taas määritetään nostettavan vesipatsaan korkeuden mukaan. Käytännössä yksi- ja kaksikerroksisten omakotitalojen lämmitysjärjestelmien va-

roventtiin avautumispaine on 1,5 bar. Paineen kasvaessa yli 1,5 bar:n varoventtiili purkaa lämmitysjärjestelmästä vettä, jotta paine saadaan laskettua alemmas. Kohteessa varoventtiili laskee lattialle, josta vesi valuu kaivoon.

Tärkeä osa lämmitysjärjestelmää on myös paisunta-astia. Sen tehtävänä on tasata järjestelmän painetta lämpötilamuutoksien mukaan. Paisunta-astian laskennallinen tilavuus tulee yleensä olemaan noin 7 % koko järjestelmän vesitilavuudesta. Lämmitysjärjestelmän lämpötilan vaihdellessa suuresti, kuten yleisesti ottaen puilla lämmittäessä, paisunta-astian koon valinta kannattaa tehdä hieman yläkanttiin. Kohteen lämmitysverkoston vesitilavuus on kokonaisuudessaan noin 700 litraa. Paisunta-astioiden kokoja ovat 50 litraa ja seuraava koko on 80 litraa, kohteeseen valittiin suurempi vaihtoehto.

Paisunta-astia on nykyään monesti rakenteeltaan säiliö, jonka keskellä on kuminen kalvo, ja silloin puhutaan kalvopaisunta-astioista. Vanhoissa omakotitaloissa voi törmätä avopaisunta-astiaan, jolloin säiliö on rakennuksen ullakolle yleensä sijoitettu ja se tasaa painetta korkeuseron avulla. Säiliö on rakenteeltaan avonainen, joten lämmitysjärjestelmän käyttöpaineet määräytyvät säiliön sijoituskorkeuden mukaan. Kymmenen metriä vesipatsasta tarkoittaa paineena 1 bar. Siten käytännössä, mikäli avopaisunta-astia on ensimmäisen kerroksen lattiapinnasta mitattuna 8 metrin korkeudessa, voi järjestelmän paine olla enintään 0,6 – 0,7 bar, muuten vesipatsas nousee yli korkeuseron ja avopaisunta-astia laskee ylinousevan veden viemäriin.

Kalvopaisunta-astioissa kalvon toisella puolella on lämmitysverkoston vesi ja toisella puolella ilmaa, josta käytetään nimitystä esipaine. Esipaineen oikea määrä määräytyy verkoston paineen perusteella, jonka taas täytyy aina olla pienempi kuin varoventtiin avautumispaine. Kohteessa varoventtiin avautumispaine on 1,5 bar, verkostonpaine 1,1 bar ja paisunta-astian esipaine 0,6 bar. Paisunta-astian esipaine olisi hyvä tarkistuttaa vuoden tai kahden välein. Järjestelmää toteuttaessa on suotavaa muistaa asentaa huoltosulku ja tyhjennysyhde tarkistustyön helpottamiseksi.

Lämpimän käyttöveden tuottoon vaaditaan myös omat komponentit. Kohteessa ei ole toteutettu lämpimän käyttöveden kiertoa, joten käyttöveden lämmönsäätelyyn on valittu syöttösekoitusventtiili. Tämä venttiili sisältää itsessään kaiken tarvittavan lämpimän käyttöveden tuottamiseen mekaanisesti kylmästä käyttövedestä lämpimäksi käyttövedeksi. Lämpimän käyttöveden puoli tulee myös aina varustaa varoventtiilillä, jolla ehkäistään

lämpimän käyttöveden putkistojen paineen nousu liian suureksi lämpötilan kohotessa. Käyttövesiverkoissa käytettävän varoventtiilin avautumispaine on 10 bar.

8 Yhteenveto

Työn tarkoitus on antaa lukijalle selkeästi esitettyä tietoa omakotitalon eri lämmitysratkaisuista ja avata näkökulmia, joita ei välttämättä muuten tulisi ajatelleeksi lämmitysjärjestelmää valittaessa. Lämmitysjärjestelmien kustannuksiin ei tässä työssä perehdytä, koska työn laajuus ei ole siihen tarkoituksenmukainen. Vertauskuvana voi ajatella vertailevansa autoja, joissa on käytännössä samat tekniset ominaisuudet, mutta hintaeroa on kuitenkin useita tuhansia euroja halvimmän ja kalleimman vaihtoehdon välillä.

Työssä käydään läpi mahdollisimman tarkkaan yksi tapa toteuttaa hybridilämmitysjärjestelmä omakotitaloon. Työssä käsitelty omakotitalon lämmitysjärjestelmä koostuu ilma-vesilämpöpumpun ja vesikiertotakan hybridiratkaisusta 500 litran energiavaraajalla varustettuna. Laitteiden toiminta järjestelmässä on kerrottu mahdollisimman helposti ymmärrettävästi ja järjestelmän kytkentäkaavio on piirretty auttamaan järjestelmän toiminnan ymmärtämistä.

Lämpöpumpun säätöihin ja automatiikan toimintaan pyrittiin ottamaan kantaa vain välttämättömien toimintojen osalta järjestelmän toiminnan edellytyksenä. Lämpöpumpun automatiikka ja säätömahdollisuudet ovat merkeistä riippuen todella laajat, ja niiden käsitelystä voisi tehdä helposti yhden opinnäytetyön.

Lähteet

- 1 Energiatehokas öljylämmitys. 2016. Verkkodokumentti. Öljy- ja biopolttoaineala ry
<<http://www.oil.fi/fi/lammitys/energiatehokas-oljylammitys>> Luettu 15.3.2016
- 2 Energiatehokkuussopimukset. 2010. Verkkodokumentti Motiva
<http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiili-dioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf> Luettu 15.3.2016
- 3 Lämmitysjärjestelmät. 2007. Helsinki: Rakennustieto
- 4 Jäspi - Öljykattilat. 2013. Verkkodokumentti Kaukora
<http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jaspi_Oljykattilat_0311_web.pdf> Luettu 15.3.2016
- 5 Pellettilämmitysjärjestelmä. 2013 . Verkkodokumentti Salo
<<http://www.salo.fi/attachements/2013-06-18T16-05-08340.pdf>> Luettu 15.3.2016
- 6 Puulämmitys ja tulisijat keskustelu-forum. 2014. Verkkodokumentti Puulämmitys
<<http://www.puulammitys.info/index.php?topic=477.45>> Luettu 15.3.2016
- 7 Verkkodokumentti Lvi tarvikkeet. 2016. Lvi Tirronen
<http://www.lvitarvikkeet.fi/tuotteet.html?id=14229/>> Luettu 15.3.2016
- 8 Perälä, Rae. 2013. Lämpöpumput. Helsinki: Alfamer
- 9 Lukander, Jarkko. 2013. Poistoilmalämpöpumppu asuinkerrostalon lämmön talteenotossa. Insinööriyö Satakunnan ammattikorkeakoulu
- 10 Hakala, Pertti. Kaappola, Esko. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus
- 11 Uutiset. 2012. Verkkodokumentti Suomen lämpöpumppuyhdistys
<SULPU.fi. 2012. uutiset> Luettu 15.3.2016
- 12 Scanoffice 2016. Verkkodokumentti Scanoffice
<<http://www.scanoffice.fi/fi/tuotteet/tuoteryhmat/ilma-vesilampopumput/mitsubishi-electric-ecodan-taydellinen-kokonaisratkaisu>> Luettu 23.3.2016
- 13 Mitsubishi Hydrobox asennusopas. 2014
- 14 Ilma-vesilämpöpumput. 2016. Verkkodokumentti Kaukora
<http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jama_Ilma-vesilampopumput_0116_web.pdf> Luettu 23.3.2016
- 15 Energiavaraaja. 2016. Verkkodokumentti Ekolämpö
<<http://www.ekolammox.fi/tuote/jaspi-gtv-hybrid-500/>>Luettu 23.3.2016

- 16 Vesikiertotakka. 2016. Verkkodokumentti Takkamaailma
<<http://www.takkamaailma.fi/vesikiertotakka.html>> Luettu 23.3.2016
- 17 Solar lämmönsiirrin. 2013. Verkkodokumentti Roth
<http://rothkasikirja.fi/kaesikirja/roth-aurinkolaempoe/roth-aurinkolaemmitys-lisae-tarvikkeet/roth-solar-laemmoensiirrin-8-kw/>> Luettu 24.3.2016
- 18 Lämmin vesi. 2015. Verkkodokumentti Motiva
<http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_sahkolammitys/lamin_vesi> Luettu 24.3.2016
- 19 Hoxter. 2014. Verkkodokumentti Linnatuli
<http://www.linnatuli.com/assets/files/hoxter/Teknisettiedot/2014/HOXTER-technische_blaettern.pdf> Luettu 24.3.2016