



Teemu Niemi

Ilma-vesilämpöpumppulaitteiston suunnittelu olemassa olevan kauko- lämpökeskuksen rinnalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

15.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Teemu Niemi
Otsikko:	Ilma-vesilämpöpumppulaitteiston suunnittelu olemassa olevan kaukolämpökeskuksen rinnalle
Sivumäärä:	39 sivua + 4 liitettä
Aika:	15.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	LVI-suunnittelu
Ohjaaja:	Yliopettaja Aki Valkeapää

Insinööriyössä tutkittiin, kuinka ilma-vesilämpöpumppulaitteistoa voidaan hyödyntää kaukolämmön rinnalla asuinkerrostalokohteessa energiatehokkuuden parantamiseksi. Insinööriyö tehtiin Insinööritoimisto Aavat Oy:n toimeksiannosta.

Työssä seurattiin kohdekiinteistön suunnittelu- ja mitoitusperiaatteita sekä tarkasteltiin kaukolämpöyhtiö Helenin asettamia hybridijärjestelmän käyttöä koskevia vaatimuksia. Lisäksi esitettiin energiatehokkuuden parantamishankkeeseen liittyviä urakkahintoja, joista osa sisälsi vanhan kaukolämpökeskuksen muutostyöt ja osa täysin uuden kaukolämpökeskuksen rakentamisen.

Energiaremontin jälkeisiä kaukolämmön kulutustietoja vertailtiin edeltävien vuosien kulutustietoihin kolmen kuukauden ajan. Lisäksi ilma-vesilämpöpumppulaitteiston hyötysuhdetta mitattiin tuotetun lämpöenergian ja kulutetun sähköenergian perusteella kahden viikon ajan.

Ilma-vesilämpöpumput osoittautuivat asuinkerrostalokohteessa tehokkaaksi vaihtoehdoksi energiansäästö tavoitteiden saavuttamiseksi kaukolämpökeskuksen rinnalla. Ilma-vesilämpöpumpuilla pystyttiin vähentämään kaukolämpöenergian kulutusta tammi-kuun aikana 41 %, helmikuun aikana 53 % ja maaliskuun aikana 67 % vuoteen 2022 verrattuna. Ilma-vesilämpöpumppujen lämpökertoimeksi saatiin mittausten perusteella 2,46 ulkolämpötilan ollessa +2,4 °C. Lisäksi havaittiin kaukolämpökeskuksen muutostöiden olevan edullisempi vaihtoehto kuin täysin uuden kaukolämpökeskuksen rakentaminen.

Insinööriyötä voidaan hyödyntää kiinteistöjen tulevissa energiansäästöhankkeissa, joissa olemassa oleva kaukolämpökeskus halutaan säilyttää osana hybridijärjestelmää.

Avainsanat: ilma-vesilämpöpumppu, kaukolämpökeskus, hybridilämmitys, energiaremontti

Abstract

Author: Teemu Niemi
Title: Design of Air-water Heat Pump System alongside an Existing District Heating Plant
Number of Pages: 39 pages + 4 appendices
Date: 15 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Specialisation option: HVAC Design
Instructor: Aki Valkeapää, Principal Lecturer

The purpose of this bachelor's thesis was to study how an air-to-water heat pump system could be utilized alongside a district heating plant in a residential apartment building to improve energy efficiency.

The thesis followed the design and dimensioning principles of the building and looked into the requirements set by the district heating company. In addition, contract prices of the project, some consisting of modifications to the old district heating centre, others suggesting the construction of a completely new district heating centre.

The consumption data of district heating after the energy renovation was compared with the consumption data of the previous years for three months. With air-to-water heat pumps, the district heating energy consumption of the first quarter of the year was reduced by 41% to 67% compared to year 2022. In addition, the heat coefficient of the air-water heat pumps was 2.46 with the outside temperature being +2.4 °C.

The thesis established that the modification of the district heating centre was cheaper than the construction of a completely new district heating centre. Furthermore, air-to-water heat pumps alongside district heating proved to be an effective option for achieving energy saving goals.

Keywords: air-to-water heat pump, district heating centre, hybrid heating, energy renovation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ilma-vesilämpöpumpun toiminta	2
2.1	Kylmäaineen log p,h -tilapiirros	3
2.2	Ulkolämpötilan vaikutus ilma-vesilämpöpumpun tehoon	5
2.3	Kylmäaineen väliruiskutus	6
2.4	Ilma-vesilämpöpumpputyypit	8
2.5	Lämpimän käyttöveden tuottaminen	10
3	Ulkoyksiköt	12
3.1	Sijoittelu	12
3.2	Äänitarkastelu	12
4	Kaukolämpökeskuksen muuttaminen hybridijärjestelmäksi	16
4.1	Vaatimukset	16
4.2	Ensiöpuolen säätöventtiilien mitoitus	17
4.3	3-tiesäätöventtiilin mitoitus	20
4.4	Puskurivaraajan mitoitus	23
4.5	Paisuntajärjestelmän mitoitus	24
5	Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus kohteeseen	27
5.1	Kohteen lähtötiedot	27
5.2	Lämmitystehontarpeen määrittäminen	28
5.3	Ilma-vesilämpöpumppulaitteiston mitoitus	29
5.4	Tehomitoituspiste	29
5.5	Energianpeitto	30
5.6	Ilma-vesilämpöpumpun osto- ja ilmaisenergia	33
6	Tarjousvertailu	35
7	Energiansäästö ja hyötysuhde	36
8	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1: Kylmätekni­sen kiertoprosessin tilapistee­et

Liite 2: Kylmäainepiiri­in putken sisähalkaisijat sekä täyttömäärät

Liite 3: Äänitehotaso

Liite 4: Yhden ulkoyksikön tuottama teho ja COP

Lyhenteet

COP: *Coefficient of performance*. Lämpöpumpun lämpökerroin, joka kertoo lämpöpumpun hetkellisen hyötysuhteen.

EVI: *Enhanced Vapor Injection*. Lämpöpumpuissa käytettävä kylmäaineen väliruiskutus kompressorille.

SPF: *Seasonal performance factor*. Lämpöpumpun todellinen vuosilämpökerroin. Mitataan lämpöpumpun käytetyn ja tuotetun energiamäärän perusteella.

1 Johdanto

Energiahintojen jatkuva nousu on saanut taloyhtiöt kiinnittämään entistä enemmän huomiota asuinkerrostalojen energiatehokkuuteen. Yksi keskeinen ratkaisu energiatehokkuuden parantamiseksi on lämmitysjärjestelmän päivittäminen ja uusiminen. Kun tarkastellaan kantakaupunkien vanhoja kiinteistöjä, törmätään usein tilanteeseen, jossa kiinteistöt eivät sovellu suoraan maalämmön käyttöön. Yksi yleinen rajoitus on se, että maalämpölaitteiston vaatimat poraukset eivät ole mahdollisia toteuttaa kiinteistön tontilla. Lisäksi vanhemmat kiinteistöt on lähes aina toteutettu painovoimaisella ilmanvaihdolla, joten poistoilman lämmöntalteenottoon perustuvat ratkaisut eivät myöskään ole aina mahdollisia.

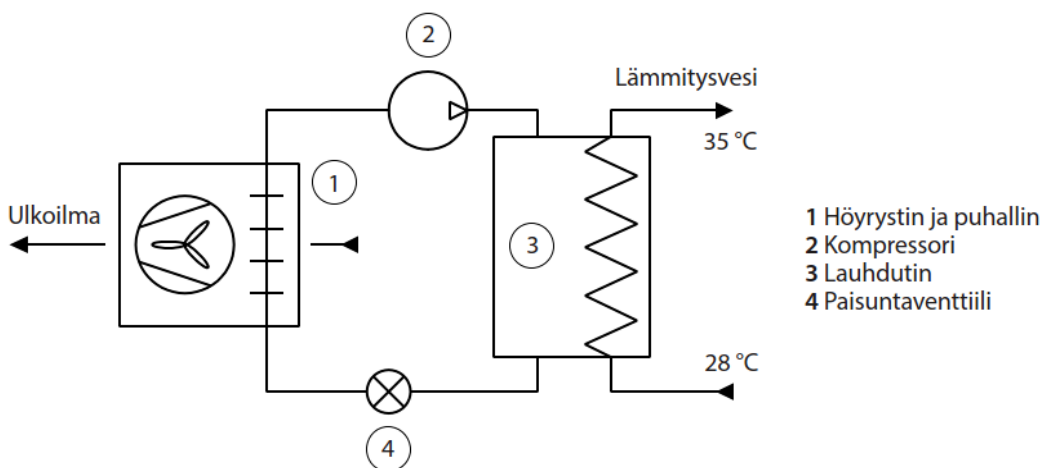
Kantakaupungissa ilma-vesilämpöpumput nousevat esiin houkuttelevana vaihtoehtona. Ilma-vesilämpöpumpuilla pystytään usein tuottamaan lähes koko kiinteistön tarvitsema lämmitysenergia, mutta suuremmissa kiinteistöissä tarvitaan aina rinnakkaislämmönlähde, esimerkiksi kaukolämpö. Lisäksi on huomattava, että joissakin kiinteistöissä voi olla olemassa oleva kaukolämpölaitteisto, jonka elinkaarta on jäljellä vielä kymmeniä vuosia. Tässä tilanteessa ei aina ole järkevää tai taloudellisesti perusteltua uusia koko kaukolämpökeskusta. Sen sijaan ilma-vesilämpöpumppu voidaan kytkeä olemassa olevan kaukolämmön rinnalle, mikä mahdollistaa hybridijärjestelmän käytön.

Tässä insinööriyössä tarkastellaan ilma-vesilämpöpumppuihin liittyviä suunnittelu- ja mitoitusperiaatteita sekä sitä, kuinka ilma-vesilämpöpumppulaitteisto saadaan toimimaan olemassa olevan kaukolämpökeskuksen rinnalla. Insinööriyön kohteena olevassa asuinrakennuksessa, ilma-vesilämpöpumppuja käytetään ainoastaan kiinteistön lämmitykseen ja käyttöveden tuotanto hoidetaan olemassa olevalla kaukolämpölaitteistolla. Kohde on Helsingin kantakaupungissa sijaitseva asuinkerrostalo, joka on valmistunut vuonna 1939. Kiinteistö koostuu 50 huoneistosta ja yhdestä liiketilasta. Kiinteistön alkuperäinen lämmitysmuoto on ollut hiili- ja puulämmitteinen kattilalaitos, joka on myöhemmässä vaiheessa muutettu toimimaan kaukolämmöllä.

2 Ilma-vesilämpöpumpun toiminta

Ilma-vesilämpöpumpulla tarkoitetaan lämmitysjärjestelmää, joka käyttää ulkoilman sisältämää lämpöenergiaa kiinteistön lämmityksen ja käyttöveden tuottamiseen [1]. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate perustuu termodynamiikan pääsääntöihin, joiden mukaan lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta itsestään kohti matalampaa lämpötilaa ja jossa järjestelmään tuotu energia voi muuttua toiseksi energiamuodoksi, mutta sen kokonaismäärä ei voi muuttua [2].

Ilma-vesilämpöpumput sisältävät kylmäkoneiston, jonka kiertoprosessin työaineena toimii kylmäaine. Kylmäaineen kiertoprosessi alkaa nesteen ja höyryn seoksena höyrystimessä, jossa se ottaa vastaan korkeamman ulkolämpötilan sisältämää lämpöenergiaa. Kylmäaineen vastaanottamana lämpöenergia saa kylmäaineen olomuodon muuttumaan kaasumaiseksi. [3.] Kuvassa 1 on esitetty kylmätekniikan prosessin pääosat. Kuvaan on merkitty numeroin höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntaventtiili.



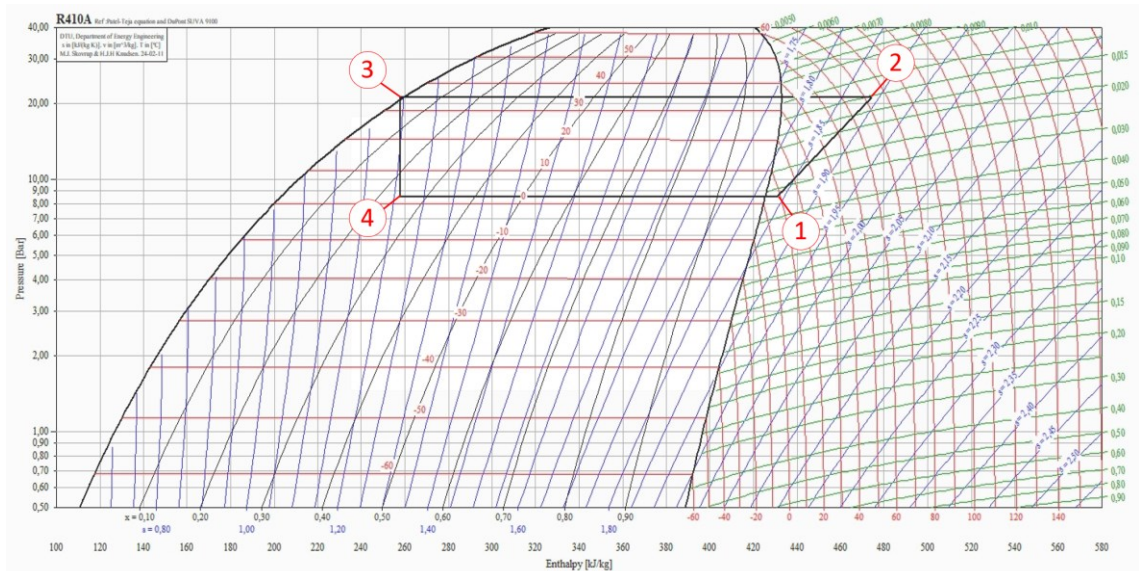
Kuva 1. Kylmätekniikan prosessin pääosat [4, s. 3].

Höyrystimen jälkeen kaasuuntunut kylmäaine imetään kompressoriin, jossa se puristetaan korkeaan paineeseen. Tämä prosessi lisää kylmäaineen lämpötilaa merkittävästi. Korkean lämpötilan omaava kylmäaine voidaan hyödyntää kiinteistön lämmitysjärjestelmässä lauhduttimen avulla. Lauhduttimessa kylmäaine

ensin jäähtyy ja sen jälkeen lauhtuu takaisin nestemäiseen olomuotoon vapauttamalla lämpöenergiaa kiinteistön lämmitysjärjestelmää varten. Kylmäaine johdetaan lauhduttimelta paisuntaventtiilille, joka laskee kylmäaineen painetta ja lämpötilaa entisestään. Tämän jälkeen kylmäaine palaa höyrystimelle ja prosessi alkaa uudelleen. [3.]

2.1 Kylmäaineen log p,h -tilapiirros

Lämpöpumppujen kylmätekniistä prosessia voidaan havainnollistaa myös log p,h -tilapiirroksella. Eri kylmäaineille on omat tilapiirroksensa. [3.] Kuvassa 2 on esitetty Mitsubishi-ilma-vesilämpöpumppujen (liite 1) kylmätekniinen kiertoprosessi sekä kylmäaineen R410A tilapiirros.

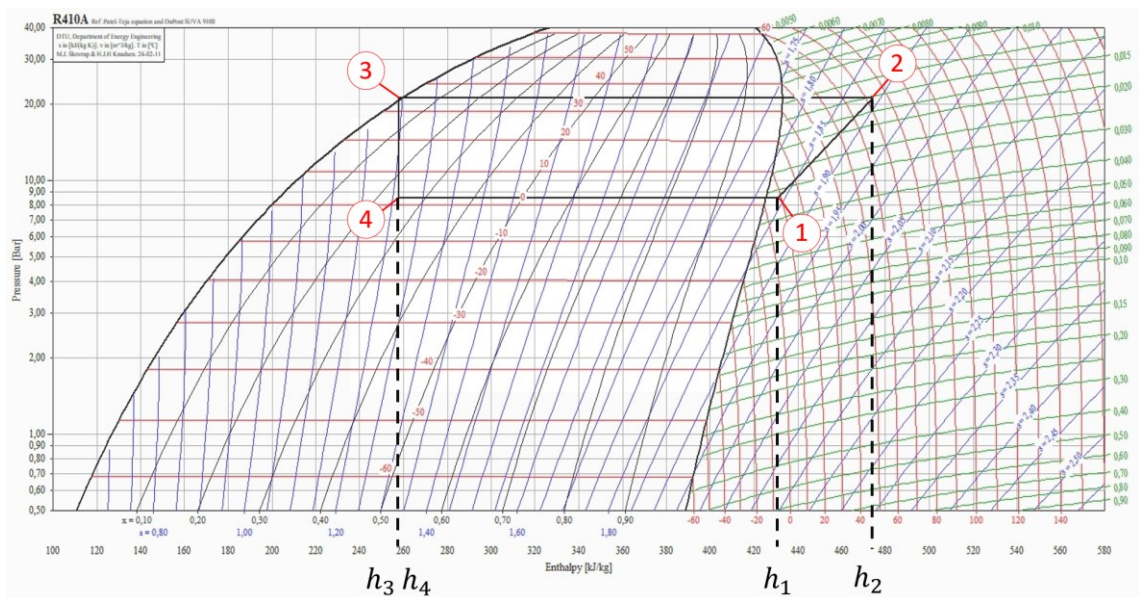


Kuva 2. R410A log p,h -tilapiirros [5]. Tilapiirroksen on määritetty Coolpack-ohjelmalla tehty malli liitteen 1 mukaisesta kylmäteknisestä prosessista. Kylmäaine höyrystyy ja tulistuu pisteiden 4–1 välillä. Kompressori imee tulistuneen höyryn ja puristaa sen korkeampaan paineeseen 1–2. Lauhduttimessa kylmäaineesta poistuu tulistus, höyry lauhtuu ja muuttuu nestemäiseksi 2–3. Lauhduttimesta neste johdetaan paisuntalaitteelle, jossa kylmäaineen paine laskee ja neste muuttuu nestehöyryseokseksi 3–4.

Kuvassa 2 esitetty kylmätekniinen prosessi vastaa tilannetta, jossa ulkolämpötila on +7 °C, höyrystymislämpötila on +2 °C ja menovesi sekä lauhtumislämpötila

on +35 °C. Kylmätekniinen prosessi muuttuu kuitenkin aina ulkolämpötilan ja tuotettavan menoveden lämpötilan muuttuessa [3].

Log p,h -tilapiirroksista pystytään määrittämään ilma-vesilämpöpumppujen lämpökerroin (COP), käyntiolosuhteet, lämpötilat eri toimintapisteissä, olosuhteiden muutoksen vaikutuksen toiminta-arvoihin, tulistustämmönsuus, lauhtumislämmönsuus sekä kylmäaineen massa- ja tilavuusvirta. [3.] Kuvassa 3 on esitetty esimerkki lämpöpumpun COP:n määrittämisestä käyttämällä entalpioiden muutosta.



Kuva 3. R410A log p,h -tilapiirros [5]. Tilapiirrokseseen on määritetty katkoviivoin entalpioiden muutokset h_1 , h_2 , h_3 , ja h_4 , joista on mahdollista määrittää lämpöpumpun lämpökerroin (COP).

Lämpöpumpun COP pystytään määrittämään kaavalla 1.

$$COP = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{\Delta h_{\text{lauhdutin}}}{\Delta h_{\text{kompessori}}} \quad (1)$$

$\Delta h_{\text{lauhdutin}}$ on pisteiden h_2 ja h_3 entalpioiden erotus

$\Delta h_{\text{kompessori}}$ on pisteiden h_2 ja h_1 entalpioiden erotus.

2.2 Ulkolämpötilan vaikutus ilma-vesilämpöpumpun tehoon

Perinteisessä on/off-tyyppisessä kompressorissa, jossa kompressorin kierros- luku pysyy vakiona, on kylmäaineen tilavuusvirta kompressorin läpi myös vakio. Ulkolämpötilan muutos vaikuttaa olennaisesti kylmäaineen tiheyteen, jolloin massavirta kompressorin läpi muuttuu. Massavirran muutoksella on suora vai- kutus Ilma-vesilämpöpumpun tehoon [6]. Taulukossa 1 on esitetty kylmäaineen R410A imuhöyryntiheys eri ulkolämpötiloilla.

Taulukko 1. R410A tiheys eri ulkolämpötiloilla [6].

Ulkoläm- pötila, °C	Höyrysty- mislämpö- tila, °C	Imuhöyryn lämpötila, °C	Imuhöyryn tiheys, kg/ m ³	Imuhöyryn paine, bar	Ominaisti- lavuus, m ³ /kg
+7	+0	+5	35,73	9,311	0,02799
-10	-17	-12	20,45	5,340	0,04889

Kylmäaineen massavirta voidaan määrittää kaavalla 2.

$$q_m = \rho \cdot q_v \quad (2)$$

q_m on massavirta (kg/s)

ρ on tiheys (kg/m³)

q_v on tilavuusvirta (l/s).

Kun kylmäaineen tilavuusvirta kompressorin läpi pidetään vakiona, saadaan suuremmalla tiheyden arvolla myös suurempi massavirta. Kaavalla 3 voidaan määrittää laitteiston teho massavirran avulla.

$$\dot{\Phi} = q_m \cdot \Delta h_{\text{lauhdutin}} \quad (3)$$

$\dot{\Phi}$ on (kW)

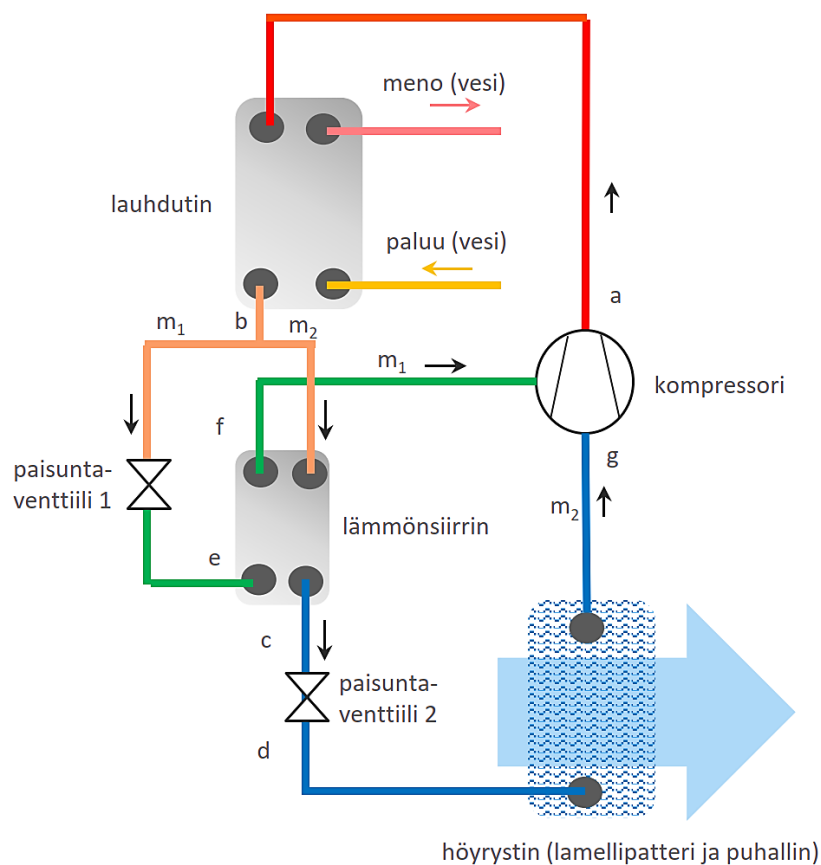
q_m on massavirta (kg/s)

$\Delta h_{\text{lauhdutin}}$ on entalpiian muutos lauhduttimessa.

Nykyiset ilma-vesilämpöpumpputeokset on kuitenkin pääsääntöisesti aina varusteltu kompressorin kierroslukua ohjaavalla taajuusmuuttajalla. Näillä niin sanotuilla invertterimallisilla lämpöpumpuilla on mahdollista kasvattaa kylmäaineen tilavuusvirtaa alhaisimmilla ulkoilman lämpötiloilla, kun kylmäaineen tiheys on pienimmillään. Tällä tavoin on mahdollista päästä suurempaan massavirtaan ja sitä myöten suurempaan tehoon myös alhaisilla ulkolämpötiloilla. [7.]

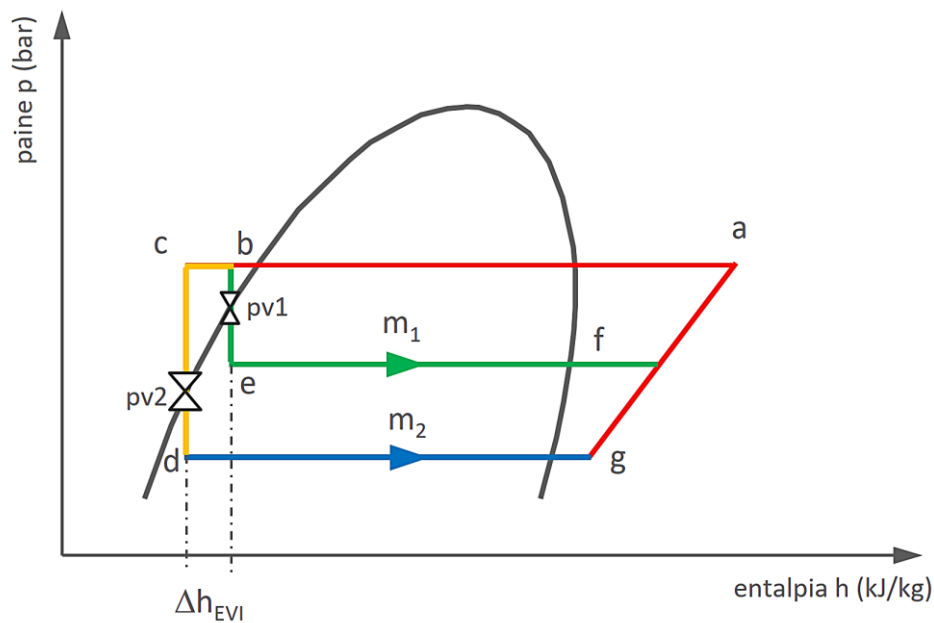
2.3 Kylmäaineen väliruiskutus

Toinen ilma-vesilämpöpumpuissa yleisesti käytössä oleva toiminto on kylmäaineen väliruiskutus eli EVI-tekniikka. Kylmäaineen väliruiskutuksella voidaan parantaa ilma-vesilämpöpumppujen tehoa ja hyötysuhdetta alhaisissa ulkoilman lämpötiloissa. [4.] Kuvassa 4 on esitetty kylmäaineen väliruiskutuksen periaatekaavio sekä kylmäprosessin pääkomponentit.



Kuva 4. Väliruiskutus (EVI-tekniikka) [8].

Väliruiskutuksessa lauhduttimelta palaavasta kylmäaineesta osa johdetaan paisuntaventtiin 1 kautta lämmönsiirtimelle, joka toimii kylmäaineen alijäähdyttimenä. Tulistunut kylmäainekaasu ruiskutetaan puristuksen puolivälissä kompressoriin, joka kasvattaa lämpötehoa. [4.] Kuvassa 5 on kuvattuna väliruiskutus log p,h -tilapiirroksessa. Kuvasta nähdään, kuinka kylmäaineen alijäähdyttäminen kasvattaa lauhduttimen janan pituutta ja kuinka kylmäaine ruiskutetaan suoraan kompressorin puristukseen.



Kuva 5. Väliruiskutus (EVI) log p,h -tilapiirroksessa [8].

Alijäähtynyt kylmäaine kasvattaa höyrystimen tehoa entisestään laskemalla paisuntaventtiilille virtaavan nesteen lämpötilaa [3]. Lämpötehon kasvu voidaan osoittaa kuvan 5 arvoilla käyttämällä kaavaa 4.

$$\dot{\Phi} = q_m \cdot h_a - h_b \quad (4)$$

$$\dot{\Phi}_{EVI} = q_m \cdot h_a - h_c$$

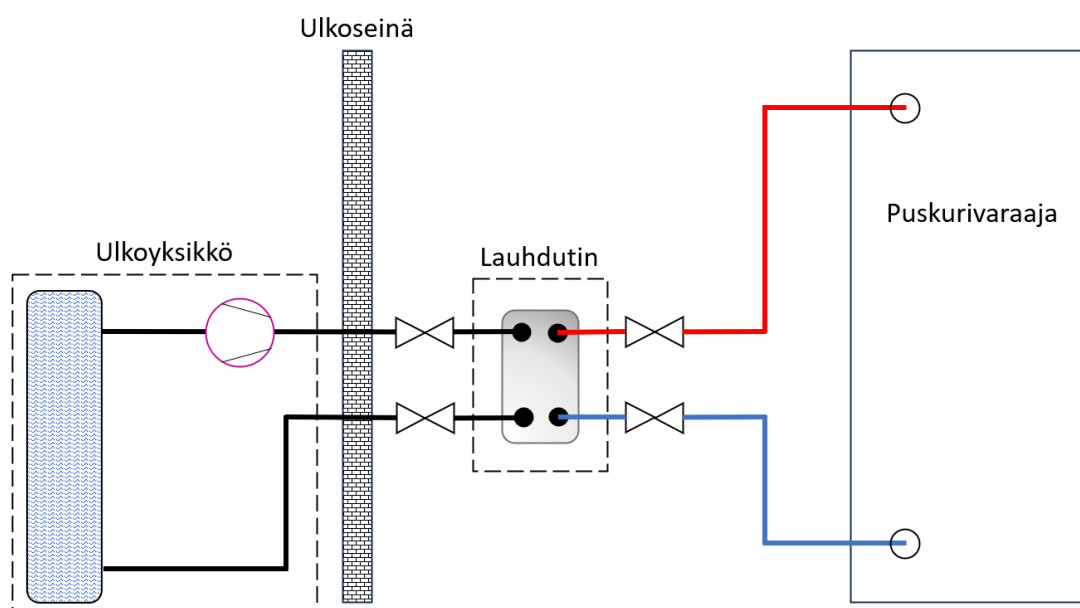
$\dot{\Phi}$ on (kW)

q_m on massavirta (kg/s)

$\Delta h_{lauhdutin}$ on lauhduttimen entalpioiden erotus.

2.4 Ilma-vesilämpöpumpputyypit

Ilma-vesilämpöpumput voidaan karkeasti jakaa kahteen eri malliin, Monoblock- ja Split-laitteistoihin. Split-laitteissa lämpöpumpun kylmäkoneisto on jaettu kahteen eri osaan, sisä- ja ulkoyksikköön. [7.] Kuvassa 6 on esitetty periaatekaavio Split-mallisesta ilma-vesilämpöpumpusta. Kuvasta nähdään, kuinka ulko- ja sisäyksikkö on selkeästi erotettu toisistaan.



Kuva 6. Split-mallisen ilma-vesilämpöpumpun periaatekaavio.

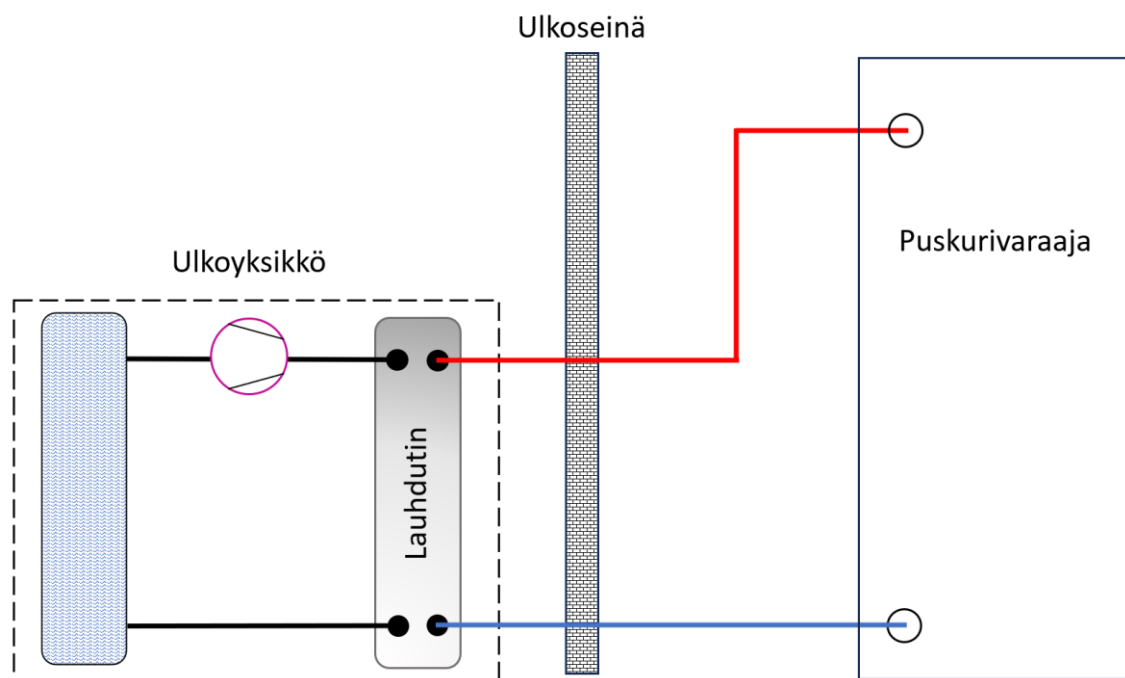
Ulkoyksikössä sijaitsevat kylmäkoneiston höyrystin, kompressori ja paisunta-venttiili. Lauhdutin tuodaan yleensä lämmönjakohuoneeseen tai sen välittömään läheisyyteen, josta se on helppo kytkeä puskurivaraajaan. Pienemmissä järjestelmissä, kuten omakotitaloissa, lauhdutin on voitu integroida suoraan puskurivaraajaan. [4.] Ulkoyksikön ja lauhduttimen välisessä putkistossa virtaa kylmäaine, joten laitteiston asentajalla tulee olla E3 A -kylmäasentajan pätevyudet [10].

Kylmäainepiirin putkikoossa ja kylmäaineen täyttömäärissä tulee ensisijaisesti noudattaa laitevalmistajan ohjeita. Kuvassa 7 on esimerkki laitevalmistaja Mitsubishihin ilmoittamista kylmäainepiirin putken sisähalkaisijoista sekä kylmäaineiden täyttömääristä (liite 2).

Service Ref.	Operation method	Liquid pipe size	Total piping length (one way)							
			Amount of recharge refrigerant (kg)							
			2 - 10 m	11 - 20 m	21 - 30 m	31 - 40 m	41-50 m	51-60 m	61-70 m	71-80 m
PUHZ-SHW230YKA2 PUHZ-SHW230YKA2R1	ATW/ATA/ AHU	ø12.7	5.5	6.6	7.7	8.9	10.1	11.3	12.5	12.9
		ø9.52	5.4	6.3	6.7	8.3	9.4	10.4	11.5	11.8
PUHZ- SHW230YKA2R2*1	ATW	ø12.7	5.9	6.5	7.1	8.5	9.9	11.3	12.7	14.1
		ø9.52	5.7	6.1	6.5	7.1	7.9	8.8	9.7	10.6
	ATA/AHU	ø12.7	6.5	7.1	8.5	9.9	11.3	12.7	14.1	15.5
		ø9.52	6.1	6.5	7.1	7.9	8.8	9.7	10.6	11.5

Kuva 7. Taulukko kylmäaineen täyttömääristä sekä putkien sisähalkaisijoista [9].

Monoblock-laitteistoissa kaikki kylmätekniikan komponentit sijaitsevat ulkoyksikössä, ja sisällä olevan puskurivaraajan sekä ulkoyksikön välissä kiertää lämmitysvesi. [7.] Kuvassa 8 on esitetty periaatekaavio Monoblock-mallisesta ilma-vesilämpöpumpusta. Kuvasta nähdään, kuinka lauhdutin on tuotu ulkoyksikön yhteyteen.



Kuva 8. Monoblock-mallisen ilma-vesilämpöpumpun periaatekaavio.

Monobloc-laitteistossa kaikki kylmäaine on pakattuna valmiina ulkoyksikköön, joten erillisiä kylmäasentajan pätevyuden vaatimia asennuksia ei tarvita. Monoblock-tyylisissä laitteistoissa tulee kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota ulko-

ja sisäyksikön väliseen lämmitysputkiston asennukseen, sillä ulkolämpötilan ollessa 0 °C tai alhaisempi on aina olemassa riski lämmitysputkiston jäätymiselle. Putkiston asennuksessa ja eristämisessä tulee aina käyttää lähtökohtaisesti laitevalmistajan ohjeita. [4.]

Taulukossa 3 on esitetty Saksalaisen Energy Saving Regulations (EnEV 2014) ohjeistus ulko- ja sisäyksiköiden putkieristyksistä.

Taulukko 3. Eristyspaksuudet [11].

Putken sisähalkaisija	Eristyskerroksen vähimmäispaksuus lämmönjohtavuuden ollessa 0,035 W/(m*k)	
	Sisäyksiköt	Ulkoyksiköt
< 22 mm	20 mm	40 mm
22 – 35 mm	30 mm	60 mm
35 – 100 mm	1 x sisähalkaisija	2 x sisähalkaisija

2.5 Lämpimän käyttöveden tuottaminen

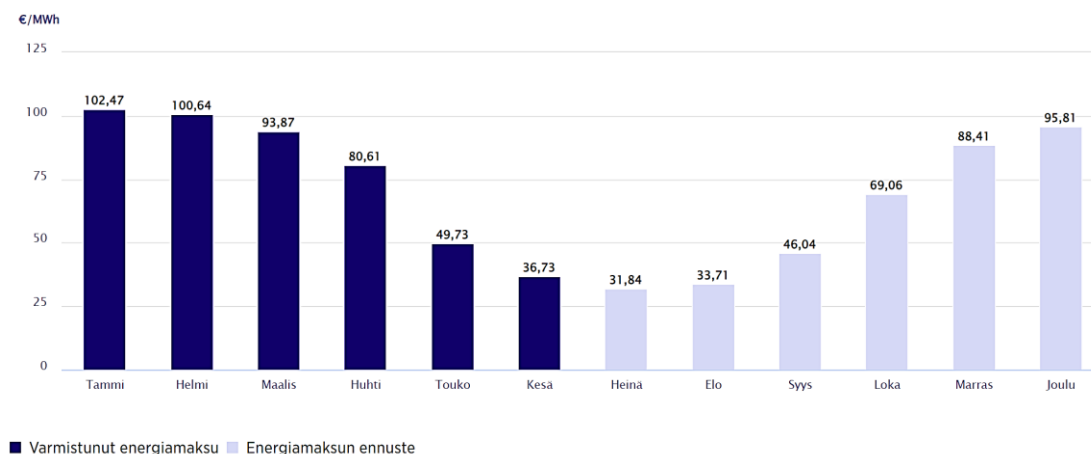
Tyypillisesti asuinkerrostalon kaukolämpöenergian kulutuksesta noin 70 % kuuluu lämmitykseen ja 30 % lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Tarkasteltavan kohteen lämpimän käyttöveden energiankulutus on ollut kesällä keskiarvallisesti 17,2 MWh/kk, joten käyttöveden osuus vuotuisesta kulutuksesta on 207 MWh / 698 MWh eli 29,6 %. Tämän vuoksi on lähtökohtaisesti järkevää kohdistaa energian tuottaminen suuremman kulutusprofiilin omaavaan lämmitykseen.

Hybridilaitteisto, jossa lämmin käyttövesi tuotetaan kokonaan olemassa olevalla kaukolämpölaitteistolla, johtaa siihen, että ilma-vesilämpöpumput eivät ole lainkaan toiminnassa kesäkuukausien ajan. Mikäli ilma-vesilämpölaitteistoilla haluttaisiin kuitenkin tuottaa energiaa lämpimän käyttöveden tarpeisiin kesäkuukausien aikana, on siitä saatava taloudellinen hyöty melko pieni, johtuen kaukolämmön hinnoittelusta. [12.]

Kuvasta 9 nähdään, kuinka kesäkuukausien kaukolämmön hintatasot ovat huomattavasti pienemmät kuin lämmityskauden aikaisina kuukausina [13]. Kun korvattavan kaukolämpöenergian hinta on pienempi, jää taloudellinen hyöty myös pienemmäksi.

Energiamaksu 1.1.2024 alkaen

Alv 0 %



Kuva 9. Helenin kaukolämmön kuukausikohtaiset hintatasot [12].

Lämpimän käyttöveden tuottamiseen suunniteltu ilma-vesilämpöpumppulaitteisto on myös investointikustannuksiltaan suurempi, sillä lämmityskauden aikana lähes kaikki laitteiston tuottama energia menee yksin lämmityksen tarpeisiin. Tämän vuoksi lämpimän käyttöveden tuotantoa varten tarvitaan usein lisää ulkoyksiköitä sekä suurempi varaajatilavuus. [12.]

Hyödyt jäävät vieläkin pienemmiksi, kun otetaan huomioon vielä se, että ilma-vesilämpöpumpuilla ei pystytä yksin tuottamaan asetusten mukaista +58 °C asteista käyttövettä vaan niin sanottua esilämmitettyä käyttövettä, jota jouduttaisiin joka tapauksessa lämmittämään kaukolämmöllä. [12.]

Mikäli kuitenkin kiinteistön kaukolämmön kulutusprofiili painottuu suuremmissa määrin lämpimän käyttöveden tuottamiseen, voi olla järkevää tarkastella käyttöveden tuottamisen mahdollisuutta myös ilma-vesilämpöpumpuilla. [12.]

3 Ulkoyksiköt

3.1 Sijoittelu

Split- ja Monoblock-laitteistojen ulkoyksiköiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon seuraavia asioita:

- Ulkoyksiköt tulee sijoittaa betonilaatalle, jonka alapuolella tulee olla sora- tai sepelialusta (Ulkoyksiköiden paino voi olla jopa 200 kiloa).
- Ulkoyksiköt tulee asentaa tarpeeksi korkealle jalustalle, jotta lumi ei pääse tukkimaan ja häiritsemään ulkoyksikön ilmavirtaa.
- Ulkoyksiköt on hyvä suojata suoralta kovalta tuulelta, sillä tuuli voi heikentää sulatustehoa.
- Ulkoyksikön ympärillä tulee olla riittävästi tilaa, sillä riittämätön ilmavirtaus pienentää lämpöpumpun tehoa sekä hyötysuhdetta.
- Ulkoyksiköt tulee varustaa kondenssiviemärillä, sillä kondenssivettä voi kertyä jopa 50 l vuorokaudessa ulkoyksikköä kohden.
- Ulkoyksikkö on suojattava katolta tippuvalta lumelta suojakatoksella. [4.]

3.2 Äänitarkastelu

Ilma-vesilämpöpumppujen ulkoyksiköissä sijaitsevat kompressorit tuottavat ääntä toimiessaan. Ääni vaihtelee hiljaisesta huminasta hieman voimakkaampaan ääneen, jota esiintyy erityisesti kovemmillä pakkasilla, kun lämmitystehon tarve on suuri. [14.]

Kun suunnitellaan ilma-vesilämpöpumppujen ulkoyksiköiden sijoittelua, tulee paikaksi valita ensisijaisesti alue, jossa ulkoyksiköiden ääni ei häiritse kiinteistön asukkaita tai naapureita. Tyypilliset paikat ovat rakennuksen taka- tai sivuosat poissa suoraan ikkunoiden ja oleskelualueiden läheisyydestä. Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen ääniympäristöstä 796/201 5.§:n mukaan, rakennusten taloteknisten laitteiden asennukset on suunniteltava ja toteutettava siten, että niiden synnyttämä äänitaso läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella tai parvekkeella ei ylitä keskiäänitasoa 45 dB. [15.]

Ilma-vesilämpöpumppujen ulkoyksiköiden tuottamaa yhteenlaskettua äänitehotasoa L_wA voidaan tarkastella kaavalla 5 kun oletuksena on, että eri ulkoyksiköiden äänitasot ovat yhtä suuret.

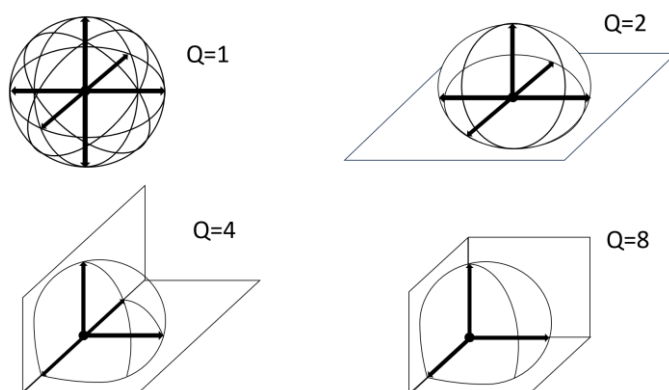
$$L_wA_{Tot} = L_wA + 10 \cdot \log(n) \quad (5)$$

L_wA_{Tot} on ulkoyksiköiden yhteenlaskettu äänitehotaso

L_wA on yhden ulkoyksikön äänitehotaso

n on ulkoyksiköiden lukumäärä.

Ulkoyksiköiden tuottamaa ääntä tietyn etäisyyden päässä kutsutaan äänipainetasoksi L_{pa} . Äänipainetasoon vaikuttaa etäisyys metreinä sekä ulkoyksiköiden läheisyydessä sijaitsevat ääntä heijastavat pinnat. Kuvassa 10 on esitetty kertoimet Q ääntä heijastavien pintojen lukumäärille.



Kuva 10. Ääntä heijastavien pintojen lukumäärä.

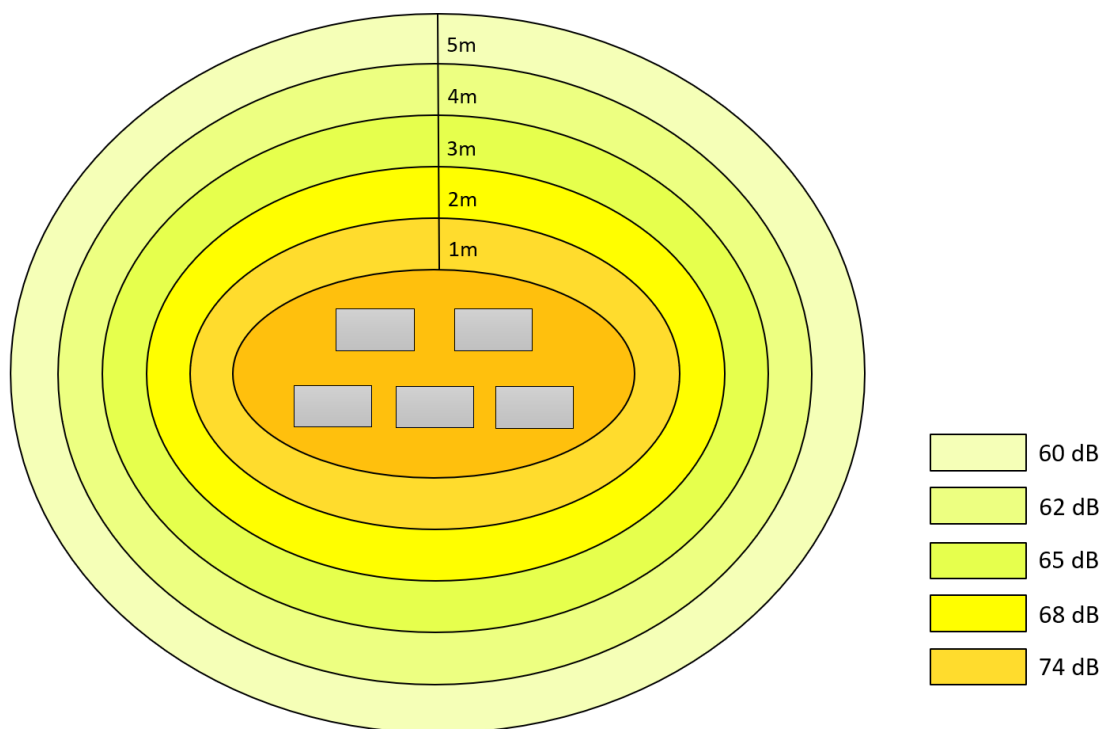
- | | |
|---------|------------------------------|
| $Q = 1$ | on ei heijastavia pintoja |
| $Q = 2$ | on yksi heijastava pinta |
| $Q = 4$ | on kaksi heijastavaa pintaa |
| $Q = 8$ | on kolme heijastavaa pintaa. |

Ilma-vesilämpöpumppujen äänipainetaso L_{pa} tietyn etäisyyden päässä voidaan laskea kaavalla 6.

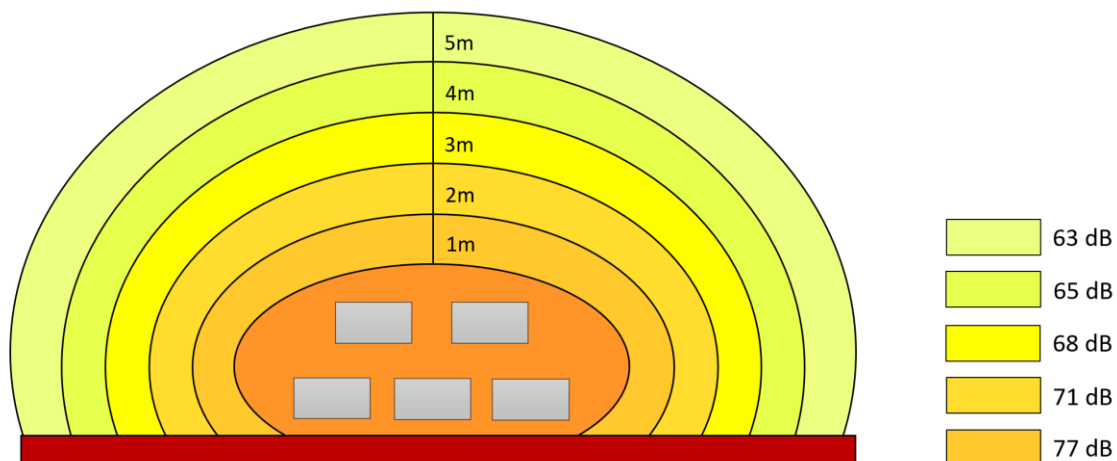
$$L_{pa} = L_w A_{Tot} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right) \quad (6)$$

- L_{pa} on äänipainetaso tietyn etäisyyden päässä
 $L_w A_{Tot}$ on ulkoyksiköiden yhteenlaskettu äänitehotaso
 Q on heijastavien pintojen lukumäärä
 r on etäisyys (m).

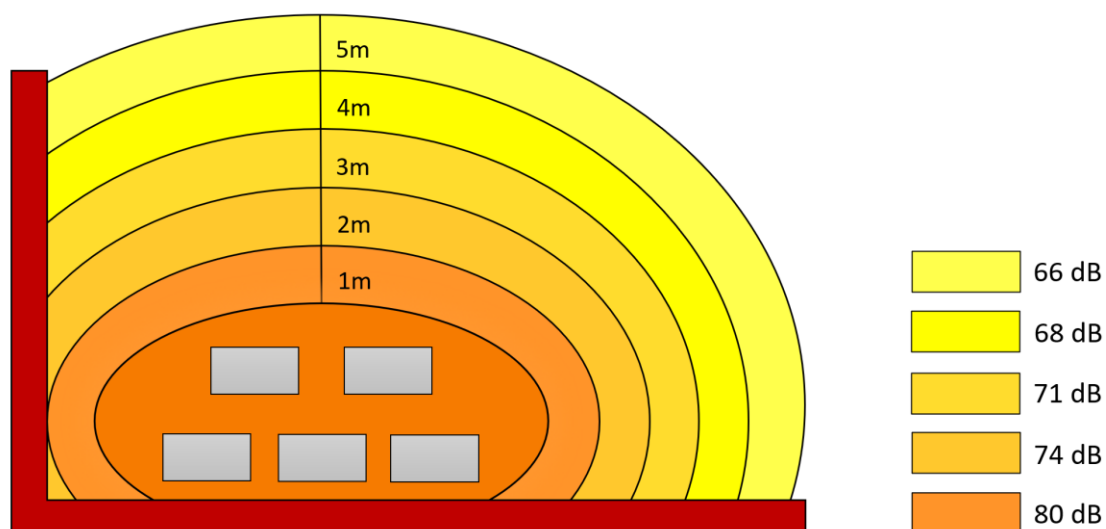
Kuvissa 11, 12 ja 13 on esitetty viiden ulkoyksikön tuottama äänipainetaso eri heijastepintojen lukumäärillä. Yhden ulkoyksikön äänitehotasona on käytetty liitteen 3 mukaisesti 75 dB:ä.



Kuva 11. Äänipainetaso yhdellä heijastuspinnalla.



Kuva 12. Äänipainetaso kahdella heijastepinnalla.



Kuva 13. Äänipainetaso kolmella heijastepinnalla.

Kuvista voidaan havaita, kuinka suuri merkitys ulkoyksiköiden sijoittamisella ja heijastavien pintojen lukumäärällä on äänenpainetasoon tietyn etäisyyden päässä.

4 Kaukolämpökeskuksen muuttaminen hybridijärjestelmäksi

4.1 Vaatimukset

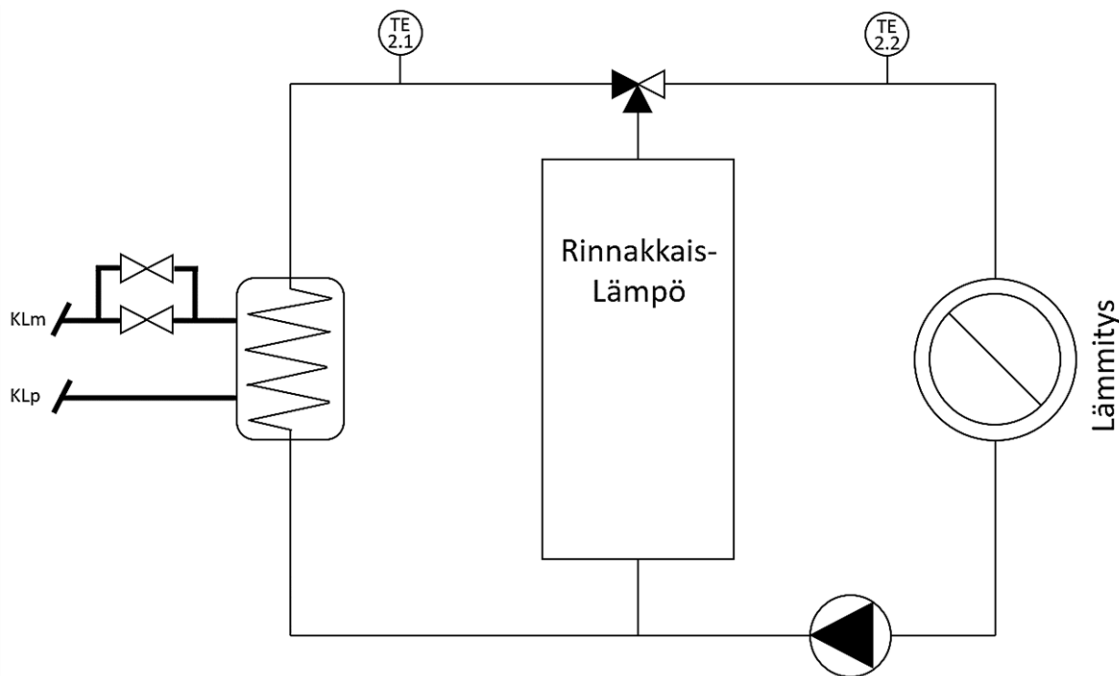
Ilma-vesilämpöpumppujen kytkennässä kaukolämpökeskuksen yhteyteen tulee aina noudattaa kaukolämpöyhtiön sekä K1 2021 Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet -julkaisussa esiin nostettuja viimeisempiä määräyksiä. Tässä insinööriyössä tarkastellaan kaukolämpöyhtiö Helenin asettamia vaatimuksia hybridikytkentöjä varten.

Rinnakkaislämmönlähteen liittäminen kaukolämpölaitteiston rinnalle ei saa vaikuttaa haitallisesti kaukolämpöveden jäähtymään tai asiakkaan lämmityksen luotettavuuteen. Suunnittelussa on varmistuttava, että kaukolämpövesi jäähdytetään mahdollisimman tehokkaasti kaikissa käyttötilanteissa. Kaukolämpöasiakkaan kaukolämpöveden jäähtymätaso määritellään Helenin keräämien kulutustietojen ja mitoituslämpötilojen perusteella. Lisäksi järjestelmän on täytettävä kaukolämmön sopimusehtojen asettamat vaatimukset kaukolämpöveden jäähdyttämiseksi laskutuskauden aikana. Kaukolämmön on lisäksi kierrettävä kiinteistössä maan ollessa roudassa, jotta tonttijohto ei pääse jäähtymään. [16.]

Lämmitysverkoston lämmönsiirrin mitoitetaan aina kiinteistön tarvitsemalle mitoitusulkolämpötilaa -26 °C vastaavalle täydelle lämmitysteholle. Mikäli rinnakkaislämmönlähteen lämpöä voidaan hyödyntää lämmitysverkostossa mitoitusulkolämpötilassa, voidaan tämä teho huomioida sopimusvesivirran määrittämisessä. Lämmitysverkoston rinnakkaislämmönlähde on aina kytkettävä kaukolämpölaitteiston rinnalle niin, että lämmitysverkoston paluuvettä ei lämmitetä ennen sen virtausta kaukolämpösiirtimelle. [16.]

Lämmitysverkoston säätö voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttäen 3-tieventtiiliä, massavirtasäätöä tai muita menetelmiä. Kaukolämpökeskuksen lämmönsiirtimet tulee aina varustaa kahdella ensiöpuolen säätöventtiilillä suurien tehon

vaihteluiden takia. [16.] Kuvassa 14 on esitetty 3-tieventtiilillä varustettu hybridikytkentä sekä lämmityksen lämmönsiirrin, joka on varustettu kahdella säätöventtiilillä.



Kuva 14. 3-tieventtiilillä toteutettu hybridikytkentä.

Lämmönsiirtimen mitoituksessa ja säätölaitteiden toiminnassa on huomioitava, että lämpöpumppulaitteiston varaajalta tulevaa viileän veden lämpötilaa pitää tarvittaessa nostaa lämmitysverkoston säätökäyrän mukaiseen lämpötilaan kaukolämpösiirtimen menovedellä. Tämä edellyttää kuvan 14 mukaisesti kaukolämpösiirtimeltä tulevan veden lämpötilan TE 2.1 lämmitysverkoston säätökäyrän TE 2.2 asetusta korkeampaa menoveden lämpötilaa. [16.]

4.2 Ensiöpuolen säätöventtiilien mitoitus

Hybridikytkennässä kaukolämpölaitteiston ensiöpuolen säätöventtiilit tulee aina varustaa kahdella säätöventtiilillä. Mikäli olemassa oleva kaukolämpölaitteisto on varustettu vain yhdellä säätöventtiilillä, tulee kaukolämpölaitteistoon tehdä muutostyö toisen säätöventtiilin lisäämistä varten. [16.]

Säätöventtiilien mitoitus aloitetaan selvittämällä venttiileille käytössä oleva paine-ero. Kaukolämmön sopimusehtojen mukainen lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero on 60 kPa. Lämmönmyyjän tulee kuitenkin antaa mitoitusta varten tiedot asiakkaan käytettävissä olevasta paine-erosta käyttöolosuhteissa vaihtelurajoihin. Lämmönjakokeskuksen ensiöpuolen putkistolle suurin sallittu painehäviö on 5 kPa ja lämmityksen siirtimelle 20 kPa. [17.] Säätöventtiilien mitoituspaine-ero voidaan laskea kaavalla 7.

$$\Delta p = \Delta p_{ilm} - \Delta p_{siirrin} - \Delta p_{putkisto} \quad (7)$$

Δp on säätöventtiilien mitoituspaine-ero (bar)

Δp_{ilm} on lämmönmyyjän ilmoittama paine-ero (bar)

$\Delta p_{siirrin}$ on lämmönsiirtimen painehäviö (bar)

$\Delta p_{putkisto}$ on lämmönjakokeskuksen putkiston painehäviö (bar).

Seuraavaksi määritellään säätöventtiilien yhteinen k_{vy} -arvo kaavalla 8.

$$k_{vy} = \frac{qv}{\sqrt{\Delta p}} \quad (8)$$

k_{vy} on säätöventtiilien yhteinen kv-arvo

qv on ensiöpuolen mitoitusvirtaama (m³/h)

Δp on säätöventtiilin mitoituspaine-ero (bar).

Ensimmäiseksi avautuva säätöventtiili mitoitetaan 1/3:n virtaamalle ja maksimipaine-erolle. Ensimmäiseksi avautuvan säätöventtiilin mitoituspaine-ero laskeaan kaavalla 9.

$$\Delta p_1 = \Delta p_{ilm} - \frac{\Delta p_{siirrin}}{9} - \frac{\Delta p_{putkisto}}{9} \quad (9)$$

Seuraavaksi lasketaan ensimmäiseksi avautuvan säätöventtiilin k_{v1} -arvo kaavalla 10.

$$k_{v1} = \frac{\frac{1}{3} \cdot qv}{\sqrt{\Delta p_1}} \quad (10)$$

qv on ensiöpuolen mitoitusvirtaama (m^3/h)

Δp_1 on ensimmäiseksi avautuvan säätöventtiilin mitoitus-paine-ero (bar).

Ensimmäisen säätöventtiilin k_{vs} -arvoksi valitaan sopivin venttiili. Säätöventtiiliksi valitaan lämmityspiirin osalta lasketun k_{v1} -arvon seuraavaksi suurempi k_{vs} -arvo.

Yhteisestä k_{vy} -arvosta vähennetään ensimmäiseen säätöventtiiliin valittu k_{vs1} -arvo. Jolloin toiselle säätöventtiilille tarvittava k_{v2} -arvo saadaan kaavasta 11.

$$k_{v2} = k_{vy} - k_{vs1} \quad (11)$$

Toiseksi avautuvan säätöventtiilin k_{vs2} -arvoksi valitaan sopivin venttiili, joka on lähimpänä laskettua k_{v2} -arvoa.

Venttiilyhdistelmän todellinen painehäviö saadaan laskettua kaavalla 12.

$$\Delta p = \left(\frac{qv}{k_{vs1} + k_{vs2}} \right)^2 \quad (12)$$

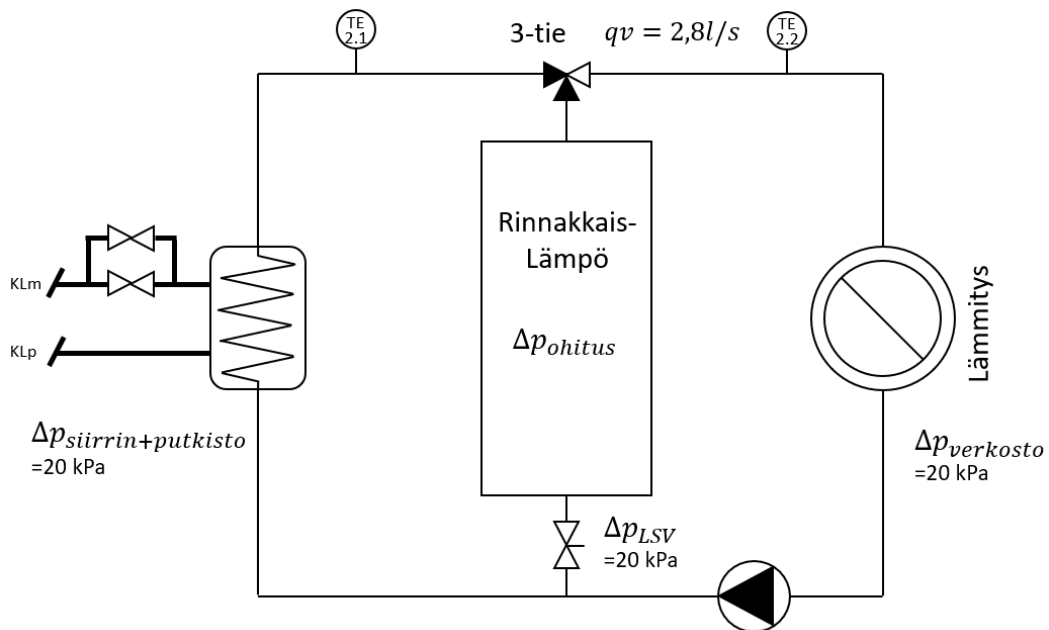
Lopuksi tarkastellaan vielä venttiilyhdistelmän auktoriteettia β , joka tulisi olla suurempi kuin 0,5. Venttiilyhdistelmän auktoriteetti lasketaan kaavalla 13.

$$\beta = \frac{\Delta p}{\Delta p_{ilm}} \quad (13)$$

4.3 3-tiesäätöventtiilin mitoitus

Riittävän vakaan ja toimivan säädön onnistumiseksi on 3-tiesäätöventtiiliin valintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Liian pieneksi valitulla säätöventtiilillä ei saavuteta riittävää tehoa lämmitysjärjestelmässä ja joudutaan nostamaan pumpun paineentuohtoa tarpeettoman suureksi. Ylimoitettu pumpu tuo lisäkustannuksia alkuinvestoinnin sekä elinkaarikustannusten muodossa. [18.]

Liian suurella säätöventtiilillä ei taas pystytä säätämään verkostoa pienissä kuormitustilanteissa, joissa venttiilin aukeaminen aiheuttaa jo verrattain suuren virtaamamuutoksen. Tästä voi seurata tarpeetonta säätöventtiilin huojuntaa. [18.] Kuvassa 15 on esitetty tarkasteltavan kohteen hybridikytkentä sekä toisipuolen virtaamat ja painehäviöt.



Kuva 15. Hybridikytkentä.

Jotta säätöventtiilillä olisi paras mahdollisuus selvittää kaikissa järjestelmän kuormitustilanteissa, on sillä oltava riittävän suuri paine-ero täysin avoimena ollessaan verrattuna siihen piiriin, jonka virtausta se säätää. Tällä tarkoitetaan venttiilin vaikutusastetta eli auktoriteettia a_v . Venttiilin auktoriteetti on yleensä hyvä, kun sen painehäviö on koko piirin painehäviöstä puolet eli 0,5. Käytännössä

auktoriteetin arvoilla 0,3...0,5 päästään riittävän hyvään säätöön ja yleensä arvo valitaan väliltä 0,3...0,7. [18.]

Täysin auki olevan 3-tiesäätöventtiilin painehäviö voidaan laskea kaavalla 14.

$$\Delta p_v = \frac{a_v \cdot \Delta p_{siirrin+putkisto}}{1-a_v} \quad (14)$$

Δp_v on säätöventtiilin mitoituspaine-ero (kPa)

a_v on haluttu venttiilin auktoriteetti (0,5)

$\Delta p_{siirrin+putkisto}$ on lämmönsiirtimen ja putkiston painehäviö (kPa).

3-tiesäätöventtiilin k_v -arvo saadaan laskettua kaavalla 15.

$$k_v = q_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \quad (15)$$

k_v on säätöventtiilin k_v -arvo

q_v on toisiopuolen mitoitusvirtaama (m³/h)

Δp_0 on 100 kPa

Δp_v on säätöventtiilin mitoituspaine-ero (kPa).

3-tiesäätöventtiilin k_{vs} -arvoksi valitaan sopivin venttiili, joka on lähimpänä laskettua k_v -arvoa. Säätöventtiilin auktoriteetti voidaan määrittää kaavalla 16.

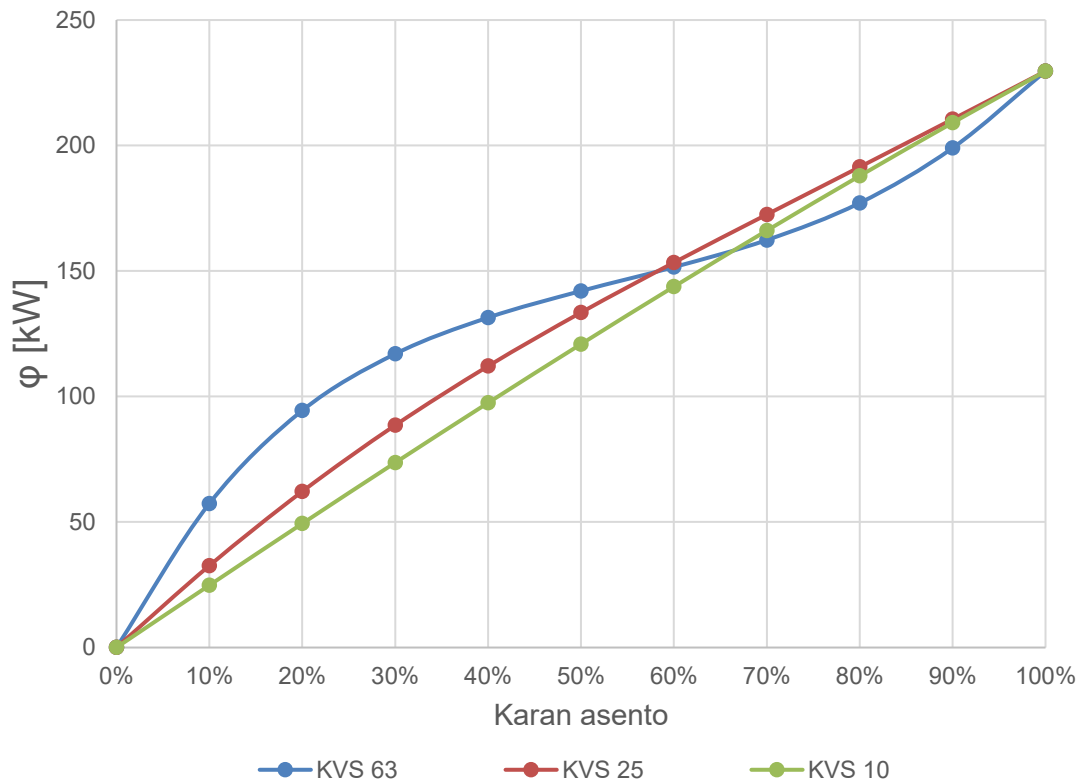
$$a_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_{siirrin+putkisto}} \quad (16)$$

a_v on venttiilin auktoriteetti

Δp_v on säätöventtiilin mitoituspaine-ero (kPa)

$\Delta p_{siirrin+putkisto}$ on lämmönsiirtimen ja putkiston painehäviö (kPa).

Kuvassa 16 on esitetty kuvan 15 arvojen perusteella laskettujen 3-tiesäätöventtiilin eri k_{vS} -arvojen vaikutus järjestelmän tehoon sekä säätöventtiilin aiheuttamaan painehäviöön. Kuvasta 16 voidaan havaita kuinka suuren k_{vS} -arvon ja pienen auktoriteetin omaava venttiili aiheuttaa lämmitysjärjestelmään huojuntaa pienessä kuormitustilanteessa.



Kuva 16. KVS-arvon vaikutus tehoon eri kuormitustilanteissa.

Taulukko 4. Kuvan 16 3-tiesäätöventtiilit

KVS-arvo	Auktoriteetti, a_v	Painohäviö, kPa
63	0,11	2,6
25	0,45	16,3
10	0,84	101,6

Samalla voidaan havaita, kuinka pienimmän k_{vS} -arvon ja suurimman auktoriteetin omaava venttiili on säädettävyydeltään

vain hieman parempi kuin keskimmäisen arvon omaava säätöventtiili, mutta painehäviö on kohtuuttoman suuri.

3-tiesäätöventtiilin lisääminen osaksi lämmitysjärjestelmää nostaa lämmitysjärjestelmän kokonaispainehäviötä venttiilin painehäviön verran. Tämä on syytä muistaa kiertovesipumpun mitoituksessa.

4.4 Puskurivaraajan mitoitus

Lämmitysjärjestelmän puskurivaraajan avulla pystytään takaamaan ilma-vesilämpöpumpuille riittävän pitkät käyntijaksot sekä varmistamaan, että lauhduttimen läpi saadaan johdettua riittävän suuri tilavuusvirta joka tilanteessa. Lauhduttimisessa esiintyvä lämpötilaero on tyypillisesti noin 5 °C ja tilavuusvirta lauhduttimen läpi pidetään vakiona. Patteriverkoston meno- ja paluuveden lämpötilaero voi olla jopa 30 °C, ja tämä lämpötilaero ei sovellu suoraan lämpöpumpun lauhduttimelle. [19.]

Puskurivaraajan koko on kriittinen lähinnä leudoilla ulkolämpötiloilla. Lämmitystarpeen ollessa suuri, ei puskurivaraajan koko ole enää yhtä merkityksellinen sillä latauspiirien ja näin ollen myös varaajien virtaamat ovat niin suuria, ettei puskurivaraajaan kerry kunnollista lämpötilakerrostumaa. Puskurivaraajan vesitilavuus voidaan arvioida kertomalla lämpöpumpulaitteiston pienimmän tehoportaan teho kilowateissa 20 litran vesitilavuudella. [20.]

Puskurivaraajan vesitilavuus voidaan laskea myös kaavalla 17.

$$V = \frac{T\emptyset}{c \cdot \Delta t} \quad (17)$$

V on puskurivaraajan tilavuus

T on lämpöpumpun lyhyimmän sallitun käyntijakson aika (s)

\emptyset on lämpöpumpun pienimmän tehoportaan teho (kW)

c on veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 (kJ/kgK)

Δt on sallittu lämpötilaero varaajassa.

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmissä on otettava huomioon myös järjestelmän sulatusjaksot. Yleisesti sulatukset toimivat kylmäprosessin kiertosuunnan käännöllä niin, että puskurivaraajasta otetaan sulatukseen käytettävä energia. Tämä on syytä ottaa huomioon puskurivaraajan mitoituksessa varaamalla normaalia suurempi tilavuus puskurivaraajaa varten. Tarvittaessa puskurivaraaja voidaan varustaa sähkövastuksilla, jotka käynnistyvät varaajan lämpötilan laskiessa alle asetetun lämpötilatason. [19.]

Puskurivaraajan tilavuutta ei myöskään kannata kasvattaa liian suureksi. Liian suurella puskurivaraajalla on haitallinen vaikutus varaajan lämpötilan muutoksen viiveeseen. Ylimitoitetun puskurivaraajan lämpötilan muutos kestää liian kauan, jolloin lämmitysjärjestelmään ei saada haluttua lämpötilaa ilman viivettä. Tässä yhteydessä saattaa aiheutua turhaa lisälämmön käyttöä. [19.]

4.5 Paisuntajärjestelmän mitoitus

Lämpöpumppulaitoksissa käytetyt puskurivaraajat kasvattavat aina lämmitysjärjestelmän tilavuutta. Tämän vuoksi paisuntajärjestelmä tulee aina tarkastaa lämpöpumppulaitteiston asennuksen yhteydessä.

Oikein mitoitettu paisuntajärjestelmä pidentää lämmitysverkoston käyttöikä, kasvattaa käyttövarmuutta ja vähentää huollon tarvetta sekä verkoston painevaihteluista aiheutuvia hälytyksiä. [21.]

Paisuntajärjestelmän mitoitusta varten tarvitaan seuraavat lähtötiedot:

- verkoston kokonaisvesitilavuus (dm^3)
- verkoston enimmäislämpötila mitoitustilanteessa ($^{\circ}\text{C}$)
- laitoksen lämmitysteho (kW)
- korkeusero laitoksen ylimmän laitteen ja paisunta-astian välillä eli staattinen paine p_{st} (kPa)
- verkoston suurin sallittu käyttöpaine (rakennepaine) (kPa). [21.]

Mikäli verkoston kokonaistilavuutta ei ole tiedossa, voidaan vesitilavuus arvioida kokemusperäisten tunnuslukujen avulla, kun tiedetään laitoksen lämmitysteho. Vesitilavuus lasketaan kaavalla 18.

$$V_0 = k_2 \cdot \emptyset \quad (18)$$

V_0 on laitoksen vesitilavuus

\emptyset on lämmitysteho

k_2 on laitoksen vesitilavuuskerroin

- Lämmitysverkosto (kattilalaitos) 13-14 dm³/kW

- Lämmitysverkosto (kaukolämpö) 9-12 dm³/kW

- Lämmitysverkosto (turvallinen arvo) 15 dm³/kW

Paisuntasäiliön esipaine p_e valitaan yhtä suureksi kuin laitoksen staattinen paine p_{st} . Lämmitysjärjestelmän varoventtiilien avautumispaine p_{sv} valitaan niin, että se on paisunta-astian esipainetta suurempi ja korkeintaan yhtä suuri kuin laitoksen korkein sallittu käyttöpaine. [21.] Lämmönjakokeskuksen varoventtiilit voidaan mitoittaa taulukon 5 mukaan. Taulukossa 5 on esitetty suositeltu varoventtiilin koko tiettyä lämmönsiirtimen tehoaluetta kohden.

Taulukko 5. Varoventtiilien koko [21].

Lämmönsiirtimen teho kW	Varoventtiili DN
<200	15
200 - 800	20
>800	25

Toiminnan varmistamiseksi on suositeltavaa käyttää aina vähintään kahta varoventtiiliä.

Paisunta-astian tilavuus voidaan laskea kaavalla 19.

$$V = a \cdot \left[\frac{1}{\left(\frac{p_e+100}{p_{min}+100}\right) - \left(\frac{p_e+100}{p_{max}+100}\right)} \right] \cdot V_0 \quad (19)$$

V	on paisunta-astian tilavuus (dm ³)
a	on nesteen lämpölaajenemiskerroin (%)
p_e	on paisunta-astian absoluuttinen esipaine (kPa)
p_{min}	on absoluuttinen vähimmäiskäyttöpaine ($p_e + 50$ kPa)
p_{max}	on absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine (pienempi seuraavista: $p_{sv} - 50$ kPa tai $0,9 \cdot p_{sv}$)
V_0	on laitoksen vesitilavuus (dm ³).

Taulukossa 6 on esitetty eri lämpölaajenemiskertoimet verkoston enimmäislämpötilojen suhteen:

Taulukko 6. Veden lämpölaajenemiskertoimet [19].

Laitoksen mitoitus lämpötila °C	Laajenemiskerroin a %
40	0,79
50	1,21
60	1,71
70	2,28
80	2,96

Taulukon 6 lämpölaajenemiskertoimet suurentuvat mitoituslämpötilan kasvaessa.

5 Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus kohteeseen

5.1 Kohteen lähtötiedot

Taulukossa 7 on esitetty kohteen vuonna 2017 uusitun kaukolämpölaitteiston teho- ja mitoitus tiedot. Huomioitavaa on, kuinka ylimitoitettu lämmityksen LS 2 lämmönsiirrin on kohdan 5.2 lämmitystehontarpeen tarkastelun jälkeen.

Taulukko 7. Olemassa olevan kaukolämpökeskuksen teho- ja mitoitus tiedot.

LÄMMÖNSIIRTIMET		Käyttövesi LS 1		Lämmitys LS 2		Ilmanvaihto LS 3	
Teho, kW		310		323		65	
		Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio
Virtaus	dm ³ /s	1,50	1,55	1,53	3,94	0,31	0,79
Lämpötilat	°C-°C	70-20	10-58	115-63	60-80	115-63	60-80
Painehäviö	kPa	15,41	16,83	1,43	8,86	1,24	6,97

Taulukossa 8 on esitetty kohteen kaukolämmön kulutustiedot vuosilta 2021 ja 2022 sekä kuukausikohtaiset ulkoilman keskilämpötilat. Taulukosta voidaan havaita, kuinka ulkolämpötila vaikuttaa suoraan kaukolämmön kulutukseen.

Taulukko 8. Kohdekiinteistön kaukolämmön kulutustiedot

2021			2022		
kk	MWh	°C	kk	MWh	°C
1	102,7	-3,5	1	98,1	-2,1
2	102,8	-6,6	2	82,8	-1,0
3	84,2	0,0	3	81,4	1,0
4	60,7	5,0	4	64,5	4,1
5	40,2	10,3	5	42,7	9,5
6	15,7	19,2	6	20,8	16,7
7	12,1	21,3	7	16,2	18,4
8	22,2	15,9	8	16,3	19,3
9	39,5	10,4	9	39,0	10,7
10	51,0	8,7	10	52,3	8,7
11	72,3	2,7	11	73,3	3,3
12	110,2	-5,3	12	95,3	-1,6
Summa	713,7		Summa	683,1	

5.2 Lämmitystehontarpeen määrittäminen

Ilma-vesilämpöpumppujen suunnittelu alkaa aina kiinteistön lämmitystehontarpeen selvityksellä. Lämmitystehontarpeella tarkoitetaan lämpötehoa, joka tarvitaan ylläpitämään rakennuksen tavoitteellinen sisälämpötila, ulkoilman mitoituslämpötilan ollessa -26 °C vyöhykkeellä 1. Saneerauskohteissa on aina hyvä tarkastella olemassa olevien lämmitysjärjestelmien mitoitus-tehoja. Usein vanhat lämmöntuottojärjestelmät ovat kuitenkin ylimitoitettuja ja lisäksi kiinteistöön myöhemmin tehdyt energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet eivät ole huomioituna vanhoissa mitoitus-tehotiedoissa. Olemassa olevien tehotietojen perusteella mitoittaminen johtaa yleensä lämpöpumpun ylimitoittamiseen, jonka seurauksena hankkeen investointihinta kasvaa turhan suureksi. Lisäksi ylimitoitettun lämpöpumppujärjestelmän ongelmaksi muodostuu käyntijaksojen lyhyys ja sen takia lyhyeksi jäävä elinkaari. [22.]

Tämän takia on kannattavaa tarkastella kiinteistön lämmitystehontarvetta toteutuneiden kulutustietojen perusteella kaavalla 20.

$$\phi_{mit} = \frac{Q_1}{H} = \frac{\frac{Q - Q_{kv}}{24 \cdot S}}{17\text{ °C} - t_u} = \frac{(Q - Q_{kv}) \cdot (17\text{ °C} - t_u)}{24 \cdot S} \cdot 1000 \quad (20)$$

ϕ_{mit}	on lämmityksen huipputehontarve (mitoitusteho) (kW)
H	on lämmityshuipun käyttöaika tarkasteluaikana
S	on lämmitystarveluku tarkasteluaikana (°Cd)
t_u	on paikkakunnan mitoitusulkolämpötila (°C)
Q	on energiankulutus tarkasteluaikana (MWh)
Q_{kv}	on käyttöveden lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia (MWh)
Q_1	on lämmitykseen kulunut energia tarkasteluaikana (MWh).

Kiinteistön lämmityksen huipputehontarpeeksi määriteltiin taulukon 8 kulutustietojen sekä kaavan 20 perusteella 240 kW alkuperäisin huipputehontarpeen ollessa 323 kW.

5.3 Ilma-vesilämpöpumppulaitteiston mitoitus

Ilma-vesilämpöpumppujen mitoitus tehdään aina osatehomitoituksena, sillä ilma-vesilämpöpumpuilla ei pystytä tuottamaan koko kiinteistön vaatimaa lämmitystehoa mitoitusulkolämpötilassa (-26°C). Tyypillisesti ilma-vesilämpöpumput lopettavat toimintansa ulkolämpötilan ollessa alle -20°C . [7.] Tämän vuoksi tarvitaan aina lisälämmönlähde, joka kohdekiinteistössä on olemassa oleva kaukolämpölaitteisto.

5.4 Tehomitoituspiste

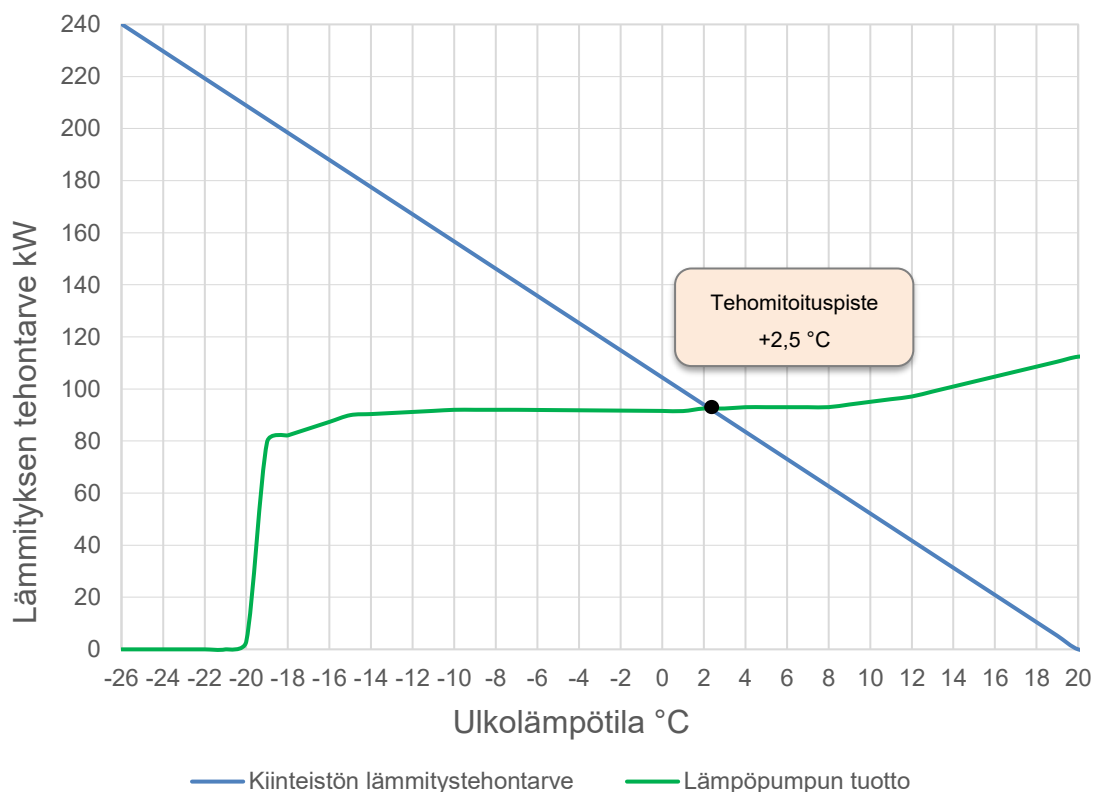
Lämpöpumpun tehomitoituspisteellä tarkoitetaan ulkolämpötilaa, johon saakka lämpöpumpulla pystytään tuottamaan rakennuksen lämmitystehontarve. Tehomitoituspistettä matalammilla ulkolämpötiloilla tarvitaan lisälämmitystä, koska lämpöpumppu ei pysty yksistään tuottamaan rakennuksen tarvitsemää lämmitystehoa. [23.]

Ilma-vesilämpöpumppujen teho ilmoitetaan yleensä nimellistehona, joka on määritelty standardin SFS-EN 14511-2 mukaisesti. Tämä tarkoittaa tehoa, jonka ilmavesilämpöpumppu tuottaa ilman lämpötilan ollessa $+7^{\circ}\text{C}$ ja tuotettavan veden lämpötilan ollessa $+35^{\circ}\text{C}$. Nykyään kuitenkin laitevalmistajat ilmoittavat tehotietojaan myös pohjoisissa ilmasto-olosuhteissa. [23.] Taulukossa 8 on esitetty Mitsubishi-ilma-vesilämpöpumpun tehotiedot ja lämpökertoimet (COP) eri ulkolämpötiloissa menoveden ollessa $+45^{\circ}\text{C}$ liitteen 4 mukaisesti.

Taulukko 8. Ilma-vesilämpöpumpun lämmitysteho ja lämpökerroin (COP) eri ulkoilman lämpötiloilla.

Ulkolämpötila, $^{\circ}\text{C}$	Teho, kW	COP
-20	15.40	1.73
-15	17.99	1.97
-10	18.40	2.21
-7	18.40	2.35
2	18.29	2.30
7	18.40	3.14
12	19.42	3.52
15	20.57	3.76
20	22.48	4.23

Taloteknisessä suunnittelussa kiinteistön lämmitystehontarpeen oletetaan kasvavan lähes lineaarisesti ulkolämpötilan laskiessa. Kuvassa 17 on esitetty kiinteistön lämmitystehontarve ja viiden Mitsubishi ilma-vesilämpöpumpun tuottama lämmitysteho.



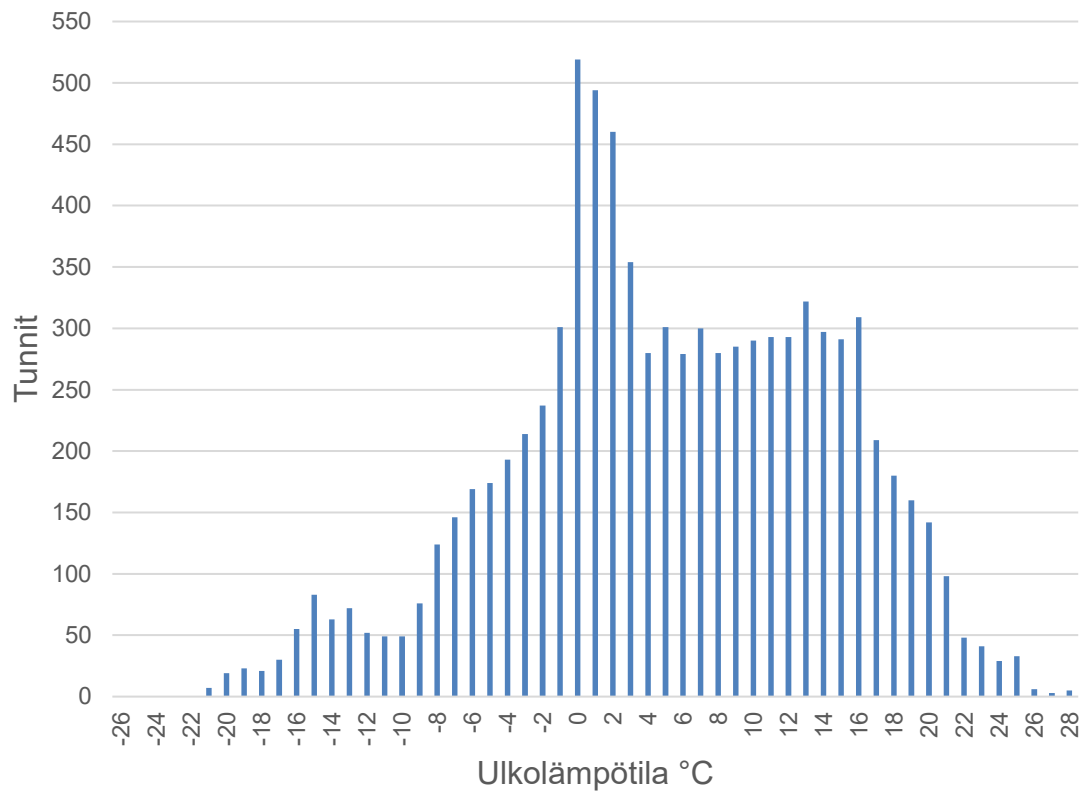
Kuva 17. Tehomitoituspiste.

Kuvan 17 perusteella voidaan havainnollistaa ilma-vesilämpöpumppulaitteiston tehomitoituspiste. Kuvasta 17 voidaan havaita myös, kuinka kyseisen ilma-vesilämpöpumppulaitteiston tuottama teho putoaa nolnaan ulkolämpötilan laskiessa alle -20 °C .

5.5 Energiapaitto

Kun tarkastellaan lämpöpumppulaitoksen energianpeittoa, tulee kiinnittää huomioita ulkolämpötilojen esiintyvyyteen. Vaikka ilma-vesilämpöpumpulla ei pystytä tuottamaan energiaa ulkolämpötilojen ollessa -20 °C tai alhaisempi, ei sillä energiapaiton näkökulmasta ole suurta merkitystä.

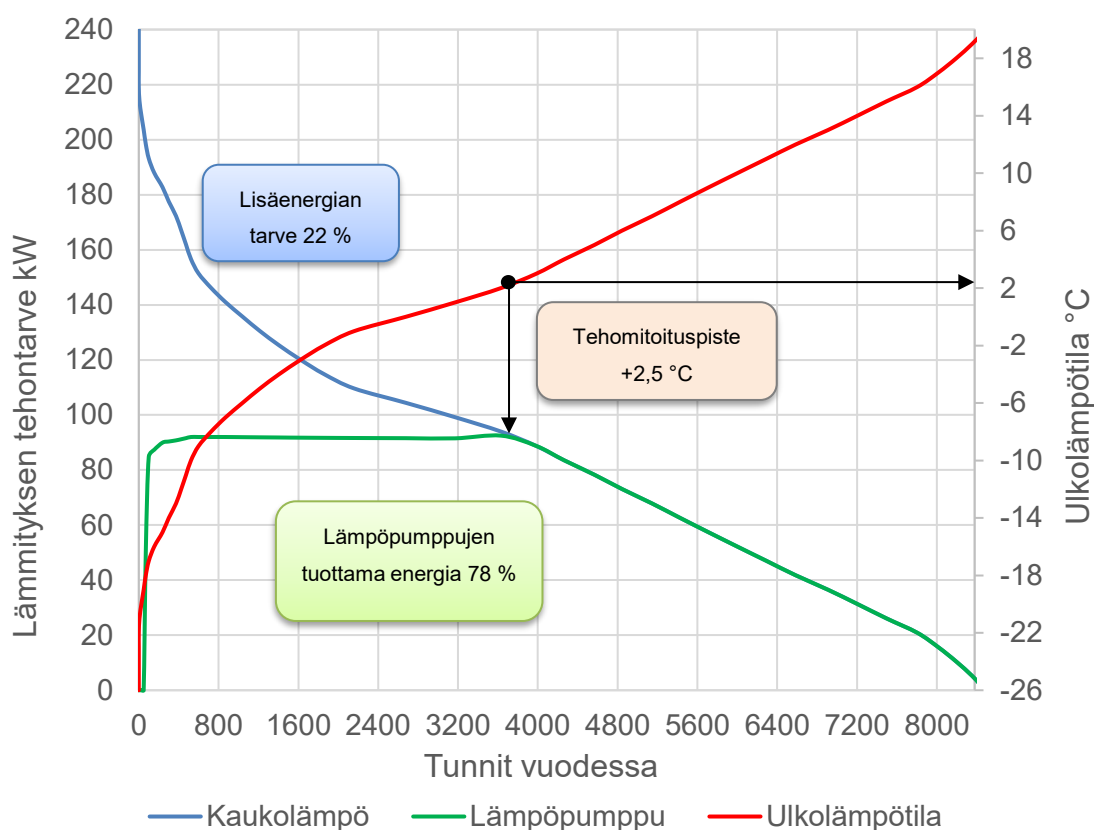
Kuvasta 18 voidaan havaita, kuinka eri ulkolämpötilat esiintyvät säävyöhykkeellä I. Alle $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloja esiintyy energialaskennan referenssi vuoden (D3 2012) mukaan yhteensä 26 tuntia. Tehomitoituspistettä ($+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) lämpimämpiä ulkolämpötiloja esiintyy 5588 tuntia, joka on noin 64 % koko vuoden tunneista. [23.]



Kuva 18. Eri ulkolämpötilojen tuntikohtainen esiintyvyys [23].

Lämpöenergian tarpeen ja lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian sekä lisälämmitystarpeen laskennassa käytetään usein pysyvyyssäyrämenetelmää. Pysyvyyssäyrämenetelmä perustuu ulkolämpötilojen kumulatiiviseen esiintyvyyteen sekä ulkolämpötilaa vastaavaan lämmityksen tehontarpeeseen. [23.]

Kuvasta 19 voidaan havaita eri ulkolämpötilojen kumulatiivinen tuntikohtainen esiintyvyys vuositasolla. Kuvasta voidaan myös havaita, kuinka ilma-vesilämpöpumpuilla pystytään tuottamaan kiinteistön koko energiantarve yli 5000 tunnin ajan tehomitoituspisteen ollessa $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa.



Kuva 19. Lämmitystehontarpeen pysyvyyskäyrä.

Kuvasta nähdään myös, kuinka kaukolämmön osuus kasvaa tehomitoituspisteen jälkeen ja kuinka lämpöpumppujen tehon tuotto putoaa nollaan ulkolämpötilan laskiessa alle $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Energianteon näkökulmasta lämpöpumpuilla päästään hyvään lopputulokseen energianteon ollessa noin 78 %:a kiinteistön lämmitysenergian tarpeesta. Tämä vastaa noin 380 MWh:a vuosittaista energiantuotantoa lämpöpumpuilla.

5.6 Ilma-vesilämpöpumpun osto- ja ilmaisenergia

Ilma-vesilämpöpumpun sähkönenergiankulutusta laskettaessa otetaan huomioon vain se ajanjakso, jonka aikana lämpöpumppua käytetään [23]. Lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähkönenergiankulutus $W_{LP,lämmitys}$ voidaan laskea kaavalla 21.

$$W_{LP,lämmitys} = \frac{Q_{LP,lämmitys,tilat}}{SPF_{tilat}} \quad (21)$$

$W_{LP,lämmitys}$ on ostoenergian kulutus (kW)

$Q_{LP,lämmitys,tilat}$ on lämpöpumpun tilojen lämmitysenergia (kWh)

SPF_{tilat} on lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä

Kaavassa 21 Ilmavesilämpöpumppujen SPF-lukuina voidaan käyttää lämpöpumppujen energialaskentaoppaan 2012 taulukon 9 lukuarvoja, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä.

Taulukko 9. Ilma-vesilämpöpumppujen SPF-lukuja [23].

Ilma-vesilämpöpumput Max-lämpötila (menovesi), °C	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
	I-II	III	IV
Tilojen lämmitys			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0

Taulukosta 9 käy ilmi selkeästi, kuinka lämpöpumpulla tuotetun lämmitysverkoston menoveden lämpötila vaikuttaa lämpöpumpun suorituskykyyn. Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan noustessa lämpöpumpun suorituskyky heikenee ja SPF-luku pienenee.

Kohteeseen valitulle ilma-vesilämpöpumpplaitteistoille voidaan taulukon 9 mukaisesti käyttää SPF-lukua 2,4. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhdellä osalla ostettua sähköä voimme tuottaa 2,4 osaa lämpöä kiinteistön lämmitysjärjestelmän käytettäväksi.

Ilma-vesilämpöpumpplaitteiston ostoenergian kulutukseksi saadaan kaavalla 22.

$$W_{LP,lämmitys} = \frac{380 \text{ MWh}}{2,4 \text{ SPF}_{tilat}} = 158 \text{ MWh} \quad (22)$$

Ilmaisenergian osuus saadaan laskemalla vähentämällä ilma-vesilämpöpumpun tuotosta sen kuluttama ostoenergia.

$$W_{LP,netto} = 380 \text{ MWh} - 158 \text{ MWh} = 221 \text{ MWh}$$

6 Tarjousvertailu

Urakkaa varten laadittiin suunnitelmat ja asiakirjat kesällä 2023, jonka jälkeen käynnistettiin kilpailutus suunnitelmien mukaisesta toteutuksesta. Suunnitelmiin oli määritelty kaukolämpölaitteistoon tehtävät muutokset ja nimellisteholtaan 100 kW suuruinen ilma-vesilämpöpumppulaitteisto sekä laitteistoa palveleva betonilaatta, johon ulkoyksiköt sijoitettaisiin. Tarjouksia saatiin yhteensä neljä kappaletta, joista kallein tarjous oli 297 600 € ja halvin tarjous 183 900 €.

Taulukosta 10 nähdään, että kaukolämpökeskuksen muutostöitä sisältävät tarjoukset olivat halvempia kuin uusia kaukolämpökeskuksia sisältävät tarjoukset.

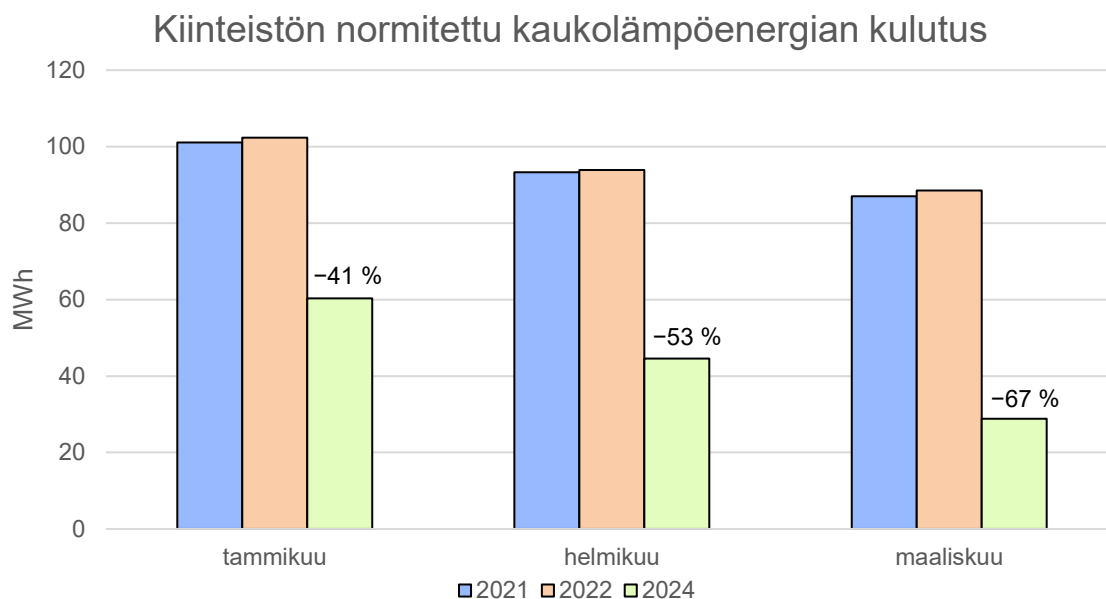
Taulukko 10. Urakkatarjoukset.

Urakkatarjous	Hinta (€)	Muutokset kaukolämpökeskukseen	Uusi kaukolämpökeskus
Urakkatarjous 1	183 870	x	
Urakkatarjous 2	210 000	x	
Urakkatarjous 3	225 900		x
Urakkatarjous 4	297 600		x

Uutta kaukolämpökeskusta tarjonneet urakoitsijat perustelivat uuden kaukolämpökeskuksen olevan järkevämpi ratkaisu, sillä se sisältäisi kaiken hybridijärjestelmään kuuluvan tekniikan valmiina. Lisäksi muutostöiden arveltiin tulevan yhtä kalliiksi kuin täysin uusi kaukolämpökeskus.

7 Energiansäästö ja hyötysuhde

Energiaremontin jälkeen kiinteistön kaukolämpöenergian kulutusta seurattiin yhteensä kolmen kuukauden ajan. Kuvassa 20 on esitetty kaukolämmön normeeratut kulutustiedot tammi-, helmi- ja maaliskulta vuosilta 2021, 2022 ja 2024. Ilma-vesilämpöpumput ovat mukana vuoden 2024 kulutuslukemissa.



Kuva 20. Normeeratut kaukolämpöenergian kulutukset ja ilma-vesilämpöpumppujen vaikutus kaukolämpöenergian kulutukseen seurantajaksolla 2024.

Kuvasta 20 voidaan havaita, kuinka maaliskuussa päästään huomattavasti suurempiin kaukolämpöenergian säästöihin ulkolämpötilan ollessa korkeampi.

Tammikuun aikana järjestelmään tehtiin vielä hienosäätöjä, minkä vuoksi energiansäästö jäi pienemmäksi helmikuuhun verrattuna. Ilma-vesilämpöpumppulaitteistoon asennettiin maaliskuun aikana energiamittaukset, joilla pystyttiin mittaamaan ilma-vesilämpöpumppujen tuottama lämpöenergia sekä laitteiston kuluttama sähköenergia. Ilma-vesilämpöpumput kuluttivat kahden viikon tarkastelun aikana 11,9 MWh sähköä ja tuottivat 29,3 MWh lämpöä. Mittausten perusteella ilma-vesilämpöpumppujen lämpökertoimeksi saatiin 2,46 ulkoilman keskilämpötilan ollessa +2,4 °C

8 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tuottaa materiaalia, jota voitaisiin käyttää tukena suunniteltaessa ilma-vesilämpöpumppulaitteiston kytkemistä olemassa olevan kaukolämpökeskuksen rinnalle asuinkerrostalossa.

Insinööriyössä seurattiin tarkemmin hanketta, jossa asuinkerrostalossa olemassa olevan kaukolämpökeskuksen yhteyteen suunniteltiin ilma-vesilämpöpumppulaitteistoa. Työssä käsiteltiin ilma-vesilämpöpumppujen toiminta- ja mitoitusperiaatteita sekä käytiin läpi, mitä tulee ottaa huomioon ulkoyksiköiden sijoittelussa. Lisäksi esitettiin kaukolämpöyhtiö Helenin hybridilaitteistoa varten asettamia vaatimuksia ja tehtiin vaatimusten mukaiset muutokset ja laskelmat ohjeistetusti. Lisäksi työhön sisällytettiin urakoitsijoiden antamia tarjouksia, joista kävi ilmi kaukolämpökeskukseen tehtävien muutosten sekä täysin uuden kaukolämpökeskuksen hintaero.

Insinööriyössä havaittiin ilma-vesilämpöpumppujen olevan hyvä vaihtoehto kaukolämpökeskuksen rinnalle, mikäli tavoitteena on vähentää kaukolämpöenergian kulutusta. Työssä havaittiin myös, että kaukolämpökeskusten muutostyöt hybridikäyttöä varten ovat mahdollisia ja edullisempia vaihtoehtoja verrattuna uuden kaukolämpökeskuksen rakentamiseen.

Insinööriyössä seurattiin asuinkerrostalon energiaremontin jälkeen toteutuneita kaukolämmön kulutustietoja kolmen kuukauden ajan. Lisäksi ilma-vesilämpöpumppujen hyötysuhdetta mitattiin tuotetun lämpöenergian ja kulutetun sähköenergian perusteella kahden viikon ajan. Mikäli haluttaisiin vielä tarkempaa tietoa hankkeen kannattavuudesta, tulisi järjestelmän toimintaa seurata pidemmältä ajanjaksolta.

Työtä on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa hankkeissa, joissa ilma-vesilämpöpumppuja tai muita lämpöpumppulaitteistoja lisätään olemassa olevan kaukolämpölaitteiston rinnalle.

Lähteet

- 1 Alm, Markku. 2023. Uusiutuva energia: Kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. E-kirja. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- 2 Schmidt Achim. 2022. Technical Thermodynamics for Engineers: Basics and Applications. E-kirja. Springer.
- 3 Kaappola, Esko & Hakala, Pertti. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.
- 4 Ilma-vesilämpöpumput. Pientalot. 2023. RT 103598. Rakennustieto.
- 5 CoolPack. Versio 1.50. IPU.
- 6 Coolselector2. Versio 5.4.4. Danfoss Oy.
- 7 Ilma-vesilämpöpumppu. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu>. Päivitetty 25.08.2023. Luettu 18.02.2024.
- 8 Valkeapää, Aki. Lämpöpumput ja lämpöpumppulaitokset. Opintomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 9 Service Manual. Verkkoaineisto. Mitsubishi Electric. <<https://www.mitsubishi-les.info/database/service-manual/files/OCB594D.pdf>>. Luettu 3.4.2024
- 10 Pätevyystaulukko. 2022. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/kylmaala/henkilopatevyydet-ja-patevyyksivaatimukset#214eeb08>>. Luettu 18.02.2024.
- 11 Energy Conservation Regulations (EnEV) 2014. Verkkoaineisto. Enev-online. <https://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/anlage_05_anforderungen_waermedaemmung_rohrleitungen_armaturen.htm>. Luettu 18.02.2024.
- 12 Rauhala, Mikko. 2024. Project sales manager, Kaukora Oy, Raisio. Haastattelu 3.4.2024.
- 13 Energiamaksut. 2024. Verkkoaineisto. Helen. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu>. Päivitetty 1.1.2024. Luettu 18.02.2024.
- 14 Lämpöä ilmassa - ilmalämpöpumput. 2012. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf>. Luettu 18.02.2024.
- 15 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. 2017. 796/24.11.2017.

- 16 Helen Oy:n ohje hybridikytkennästä asiakkaan kaukolämpölaitteiston rinnalle. 2024. Verkkoaineisto. Helen. <<https://www.helen.fi>>. Päivitetty 22.01.2024. Luettu 18.02.2024.
- 17 Julkaisu K1/2020. Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. 2020. Helsinki. Energiateollisuus ry.
- 18 Sandberg, Esa. 2016. Ilmastointitekniikka Osa 2. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut.
- 19 Rantanen, Mikko. 2015. Lämpöpumppujärjestelmän mitoitus ja laitevalinnat. Insinööri AMK. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 20 Kauppila, Kari. 2022. EnerSys Cm Oy. Lämpimän käyttöveden tuottaminen lämpöpumpun avulla. Opintomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 21 Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. 2011. LVI 11-10472. Rakennustieto.
- 22 Tuuliainen, Ismo. 2022. Maalämpöjärjestelmän suunnittelun ja mitoituksen lähtökohdat. Insinööri YAMK. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 23 Lämpöpumppujen energialaskentaopas. 2012. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Lampopumppujen-energiaskentaopas-3.10.2012-10A732A6_EA2F_45F9_869C_6F909138CB26-30757.pdf/1d053cd5-1865-e174-6424-841fac831c48/Lampopumppujen-energiaskentaopas-3.10.2012-10A732A6_EA2F_45F9_869C_6F909138CB26-307>. 3.10.2012. Luettu 18.2.2024.

Kylmäteknisen kierto­prosessin tilapisteeet



3-4. Standard operation data

Reference data (connect to Plate HEX)

			(MWA2-38PA) × 2 pcs [connected in parallel]	
Mode			Cooling (A35/W7)	Heating (A7/W35)
Total	Capacity	W	20,000	23,000
	Input	kW	9.01	6.31
Electrical circuit	Outdoor unit		PUHZ-SHW230YKA2	
	Phase, Hz		3, 50	
	Voltage	V	400	
	Current	A	13.7	9.6
Refrigerant circuit	Discharge pressure	MPa	3.0	2.0
	Suction pressure	MPa	0.7	0.6
	Discharge temperature	°C	79	73
	Condensing temperature	°C	49	35
	Suction temperature	°C	8	8
	Evaporating temperature	°C	6	2
	Evaporator inlet temperature	°C	7	—
	Evaporator outlet temperature	°C	6	—
	Condenser inlet temperature	°C	—	65
Water conditions	Flow volume	L/min	57.3	65.9
	Outlet water temperature	°C	7	35
Outdoor conditions	Intake air temperature	D.B. °C	35	7
		W.B. °C	24	6

Piping length : Main 2.5 m, Branch 2.5 m/2.5 m

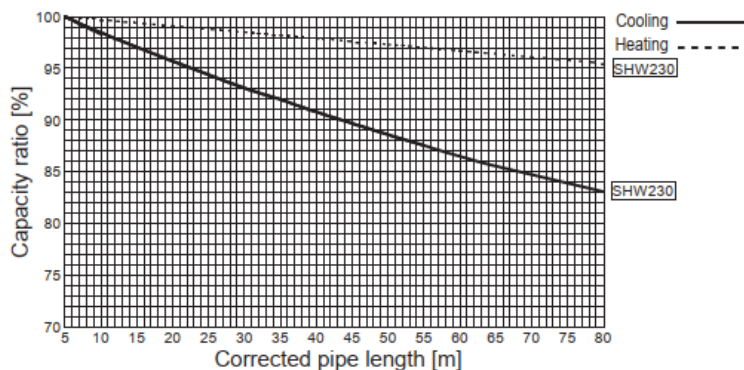
The unit of pressure has been changed to MPa based on international SI system.

The conversion factor is: 1 (MPa) = 10.2 (kgf/cm²)

3-5. CAPACITY CORRECTION (Refrigerant piping length)

Cooling and heating capacity is lowered according to the piping length. Capacity can be obtained by referring to the following capacity curves.

Corrected pipe length (m) = actual pipe length (m) + number of bends × 0.3 (m)



Kylmäainepiirin putken sisähalkaisijat sekä täyttömäärät

3

DATA

3-1. Additional refrigerant charge (R410A)

Service Ref.	Initial charge (kg)	Operation method	Liquid pipe size	Total piping length (one way)							
				Amount of additional refrigerant charge (kg)							
				2 - 10 m	11 - 20 m	21 - 30 m	31 - 40 m	41-50 m	51-60 m	61-70 m	71-80 m
PUHZ-SHW230YKA2 PUHZ-SHW230YKA2R1	7.7	ATW/ATA/ AHU	-	-	-	-	1.2	2.4	3.6	4.8	5.2
PUHZ-SHW230YKA2R2*1	7.1	ATW	ø12.7	-	-	-	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0
			ø9.52	-	-	-	-	0.8	1.7	2.6	3.5
		ATA/AHU	ø12.7	-	-	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0	8.4
			ø9.52	-	-	-	0.8	1.7	2.6	3.5	4.4

*1 Set the SW8-2 on controller board ON when the piping length is 10 m or less. (for models from PUHZ-SHW230YKA2R2)

3-2. Recharge refrigerant amount (R410A)

Service Ref.	Operation method	Liquid pipe size	Total piping length (one way)							
			Amount of recharge refrigerant (kg)							
			2 - 10 m	11 - 20 m	21 - 30 m	31 - 40 m	41-50 m	51-60 m	61-70 m	71-80 m
PUHZ-SHW230YKA2 PUHZ-SHW230YKA2R1	ATW/ATA/ AHU	ø12.7	5.5	6.6	7.7	8.9	10.1	11.3	12.5	12.9
ø9.52		5.4	6.3	6.7	8.3	9.4	10.4	11.5	11.8	
PUHZ- SHW230YKA2R2*1	ATW	ø12.7	5.9	6.5	7.1	8.5	9.9	11.3	12.7	14.1
		ø9.52	5.7	6.1	6.5	7.1	7.9	8.8	9.7	10.6
	ATA/AHU	ø12.7	6.5	7.1	8.5	9.9	11.3	12.7	14.1	15.5
		ø9.52	6.1	6.5	7.1	7.9	8.8	9.7	10.6	11.5

*1 Set the SW8-2 on controller board ON when the piping length is 10 m or less. (for models from PUHZ-SHW230YKA2R2)

Äänitehotaso

1 Specifications**Outdoor unit**

Model Name			PUHZ-SHW140YHA	PUHZ-SHW230YKA
Power supply (phase, cycle, voltage)			3φ, 400V, 50Hz	3φ, 400V, 50Hz
	Max. current	A	13.0	26.0
Breaker size	A		16	32
Outer casing			Galvanized plate	Galvanized plate
External finish			Munsell 3Y 7.8/1.1	Munsell 3Y 7.8/1.1
Refrigerant control			Linear expansion valve	Linear expansion valve
Compressor			Hermetic scroll	Hermetic scroll
Model			ANB33FJLMT	ANB66FJNMT
	Motor output	kW	2.5	4.7
Start type			Inverter	Inverter
Protection devices			HP switch LP switch Discharge thermo Comp. Surface thermo	HP switch LP switch Discharge thermo Comp. Surface thermo
Oil (Model)	L		1.40 (FV50S)	1.70 (FV50S)
Crankcase heater	W		-	-
Heat exchanger	Air		Plate fin coil	Plate fin coil
	Water		-	-
Fan	Fan(drive) x No.		Propeller fan ×2	Propeller fan ×2
	Fan motor output	kW	0.074 ×2	0.150 ×2
	Air flow	m ³ /min(CFM)	100 (3,350)	140 (4,940)
Defrost method			Reverse cycle	Reverse cycle
Noise level (SPL)	Heating	dB(A)	52	59
	Cooling	dB(A)	51	58
Noise level (PWL)	Heating	dB(A)	70	75
Dimensions	Width	mm(in.)	950 (37-3/8)	1050 (41-5/16)
	Depth	mm(in.)	330+30 (13+1-3/16)	330+30 (13+1-3/16)
	Height	mm(in.)	1350 (53-1/8)	1338 (52-11/16)
Weight	kg(lbs)		134 (296)	148 (327)
Refrigerant			R410A	R410A
Pipe size O.D.	Quantity	kg(lbs)	5.5 (12.1)	7.1 (15.7)
	Liquid	mm(in)	9.52 (3/8)	9.52 (3/8)
	Gas	mm(in)	15.88 (5/8)	25.4 (1)
Connection method			Flared	Flared
Between the indoor & outdoor unit	Height difference	m	Max. 30	Max. 30
	Piping length	m	Max. 75	Max. 80
Guaranteed operating range (Outdoor)	Heating	°C	-25 ~ +21	-25 ~ +21
	DHW	°C	-25 ~ +35	-25 ~ +35
	Cooling	°C	-5 ~ +46	-5 ~ +46
Outlet water temp. (Max in heating, Min in cooling)	Heating	°C	+60	+60
	Cooling	°C	+5	+5
Nominal return water temperature range	Heating	°C	+10 ~ +59	+10 ~ +59
	Cooling	°C	+8 ~ +28	+8 ~ +28
Water flow rate range	L/min		17.9 ~ 40.1	28.7 ~ 65.9

Yhden ulkoyksikön tuottama teho ja COP

■ PUAZ-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	-	-	