

Ristomatti Lepola

POISTOILMALÄMPÖPUMPPU- JÄRJESTELMÄN MITOITUS JA VALINTA

Opinnäytetyö
Talotekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

		Opinnäytetyön päivämäärä 27.05.2016
Tekijä(t) Ristomatti Lepola		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka
Nimeke Poistoilmalämpöpumppujärjestelmän mitoitus ja valinta		
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön aiheena oli mitoittaa ja suunnitella poistoilmalämpöpumppujärjestelmä Kouvolaan sijaitsevaan asuinkerrostaloon sekä vertailla saatuja tarjouksia mahdollisimman kattavasti. Työn tavoite oli tarjota poistoilmalämpöpumppujärjestelmän tilaajalle mahdollisuus vertailla keskenään vertailukelpoisia tarjouksia, koska nykyisellään tarjoutusten vertailu on hankalaa erilaisista muuttujista johtuen. Urakan kilpailutusta ei työssä käsitellä, mutta saatujen tarjoutusten perusteella pohditaan, mitkä tekijät kannattaa huomioida lopullisessa valinnassa. Erilaiset energiankulutukseen liittyvät asiat ovat ajankohtaisia niin taloudellisista kuin ympäristöllisistäkin syistä. Yksi tapa vähentää asuinkerrostalojen energiankulutusta on poistoilmalämpöpumppu. Kohteena olevan rakennuksen päälämmönlähteenä on kaukolämpö, jonka rinnalle poistoilmalämpöpumppujärjestelmä suunniteltiin. Rakennus on valmistunut vuonna 1983, ja ilmanvaihto toimii koneellisena poistoilmanvaihtona. Poistoilmalämpöpumppujärjestelmän mitoituksessa käytettiin yleisiä mitoitusääntöjä ja -tapoja sekä laitevalmistajien ohjeita ja neuvoja. Tärkeimpiä mitoittavia järjestelmän osia ovat lämpöpumppu, lämmöntalteenottohuippuimuri, kaukolämmönalajakokeskus, lämminvesivaraaja sekä putkisto ja sen laitteet. Saatujen tarjoutusten perusteella voidaan päätellä, että niiden vertailu on hankalaa, vaikka ne on annettu samojen urakkalaskenta-asiakirjojen mukaan. Urakoitsijat käyttävät mielellään yhteistyökumppaniensa tuotteita, joka osaltaan vaikeuttaa tarjoutusten vertailua. Osassa tarjouksia ei myöskään selviä tarkasti sisältyvätkö kaikki pyydettyt asiat tarjoukseen. Näitä asioita täytyy tarkentaa urakkaneuvotteluvaiheessa. Tarjoutusten vertailun ohessa huomattiin myös, että takaisinmaksuajat nousevat nykyisellä kaukolämmön hinnalla pitkiksi Kouvolan alueella. D5-liitemateriaalin mukaisella laskentamenetelmällä laitteet eivät maksa itseään takaisin ollenkaan.		
Asiasanat (avainsanat) Lämpöpumppu, Poistoilma, Lämmöntalteenotto, PILP		
Sivumäärä 50+3	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Mika Kuusela		Opinnäytetyön toimeksiantaja Carelia Engineering Group

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 27.05.2016
Author(s) Ristomatti Lepola	Degree programme and option Building Services Engineering	
Name of the bachelor's thesis Exhaust air based heat pump system dimensioning and selection		
Abstract This bachelor's thesis discusses sizing and designing an exhaust air heat pump system to multi-storey apartment block which located in Kouvola. The main heat source of this building is district heat and exhaust air heat pump designed to operate together with that. The building was completed in the year 1983. Ventilation system is mechanical exhaust air system The objective of the thesis was to offer the customer the opportunity to compare the comparable offers. Nowadays it is difficult to compare different offers due to different variables. This bachelor's thesis does not deal with contract tendering, but on the basis of the tenders received, considers the factors you should take into account in the final selection. It can be concluded that the comparison of tenders may be difficult even if the tenders have been submitted on the basis of the same contract documents. Contractors often use partners' products which complicates the comparison of tenders. In some tenders it is not if of all the things requested are included in the offer. These issues need to refined at the contract negotiation phase. It was also noted that the payback time will rise with the current price of district heat for Kouvola region. The calculation method of the D5 attachment the equipment does not pay itself back at all.		
Subject headings, (keywords) Heatpump, Exhaust Air, Heat Recovery		
Pages 50+3	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Mika Kuusela	Bachelor's thesis assigned by Carelia Engineering Group	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄMPÖPUMPUT.....	2
2.1	Lämpöpumpun toimintaperiaate	2
2.1.1	Lämpökertoimet.....	3
2.1.2	Kylmäaineet	4
2.2	Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate	5
2.2.1	Suora- ja epäsuorahöyrystys	7
2.2.2	Rinnan- ja sarjaankytkentä.....	8
3	LÄMMÖNTALTEENOTTO.....	11
3.1	Poistoilman lämmöntalteenotto	11
3.2	LTO-huippuimurin toiminta ja huolto	12
4	RAKENNUSKOHTIEN TIEDOT.....	13
4.1	Perustiedot	13
4.2	Kulutustiedot.....	14
4.3	Ilmamäärät	15
5	MITOITUSPERUSTEET JA LASKENTAMENETELMÄT	15
5.1	Kulutuksen normeeraus	15
5.2	Liuospiirin putkisto.....	16
5.3	Paisuntalaitteet	18
5.4	Säätöventtiilit.....	19
5.5	Säästöt.....	21
5.6	Takaisinmaksuajat	23
6	VALITUT LAITTEET JA NIIDEN SIJOITUS	24
6.1	LTO-huippuimuri	24
6.2	Poistoilmalämpöpumppu	25
6.3	Lämminvesivaraaja.....	26
6.4	Liuospiirin putkisto.....	27
6.5	Paisuntalaitteet	27
6.6	Hybridilämmönjakokeskus	29
6.7	Säätöventtiilit.....	30
6.8	Tilavaraukset.....	33

6.9	Laitteiston yhteensovitus	36
7	SAADUT TARJOUKSET	37
7.1	Tarjousten sisältö	37
7.2	Hintavertailu	38
8	SAADUT TULOKSET JA KANNATTAVUUS	39
8.1	Normeeratut kulutukset	39
8.2	Säästöt.....	40
8.3	Takaisinmaksuajat	44
8.4	Taloyhtiölle ehdotetut toimenpiteet.....	45
9	POHDINTA	45
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET	
	1 Rakennuksen poistoilmavirrat	
	2 As Oy Oipinlehdon esitietolomake hybridilämmönjakokeskuksen mitoittami- seen	
	3 Poistoilmalämpöpumppujärjestelmän laitetiedot	

LYHENTEET

COP	Coefficient of Performance, lämpökerroin joka kuvaa lämpöpumpun hyötysuhdetta
COP _{1C}	Carnot-lämpökerroin. Teoreettinen lämpökerroin joka ei huomioi laitteiston häviöitä
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance, lämpökerroin joka kuvaa koko lämmityskauden hyötysuhdetta
EER	Energy Efficiency Ratio, kylmäkerroin joka kuvaa lämpöpumpun hyötysuhdetta kylmän tuotossa
CFC	Chloro-Fluoro-Carbon, täysin halogenoidut kylmäaineet
HCFC	Hydro- Chloro-Fluoro-Carbon, osittain halogenoidut hiilivedyt
HFC	Hydro-Fluoro-Carbon, kokonaan kloorittomat hiilivedyt
PFC	Per-Fluoro-Carbon, täysin halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät ainoastaan fluoria ja hiiltä
HC	Hydro-Carbon, puhtaat hiilivedyt
PILP	Poistoilmalämpöpumppu
LJK	Lämmönjakokeskus
LTOH	Lämmöntalteenottohuippuimuri
KL-Keskus	Kaukolämpökeskus
As Oy	Asunto-osakeyhtiö
SRakMk	Suomen Rakentamismääräyskokoelma
PA	Paisunta-astia
SPF-luku	Seasonal performance factor, kuvaa koko vuoden keskimääräistä lämpökerrointa

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia, kuinka poistoilmalämpöpumppujärjestelmä tulisi mitoittaa ja suunnitella, jotta urakkatarjouksista saadaan vertailukelpoisia. Urakan kilpailutusta ei työssä käsitellä. Saatujen tarjousten perusteella pohditaan, mitkä tekijät kannattaa huomioida lopullisessa valinnassa. Tämä palvelee poistoilmalämpöpumppuasennuksia tekeviä urakoitsijoita sekä poistoilmalämpöpumppujärjestelmän tilaajaa eli taloyhtiötä. Nykyisellään laitevalmistajien suoraan taloyhtiöille antamia tarjouksia on vaikea verrata keskenään erilaisista muuttujista johtuen.

Energiankulutukseen liittyvät kysymykset ovat tällä hetkellä erittäin ajankohtainen aihe ympäri Suomea ja koko maailmaa. Energian kulutusta halutaan vähentää erilaisilla keinoilla taloudellisista ja ympäristöllisistä syistä. Yksi vaihtoehto energian kulutuksen vähentämiseen asuinkerrostaloissa on poistoilmalämpöpumppu.

Opinnäytetyön tilaaja on Carelia Engineering Group. Yritys tarjoaa asiantuntijapalveluita rakennus-, LVI- ja sähkösuunnitteluun sekä konsultointiin liittyvissä toimeksiantoissa. Opinnäytetyön kohteena on Kouvolassa sijaitseva asuinkerrostalo. Kerrostalo on rakennettu vuonna 1983. Kohteessa on tällä hetkellä päälämmönlähteenä kaukolämpö, jonka rinnalle poistoilmalämpöpumppujärjestelmä suunnitellaan.

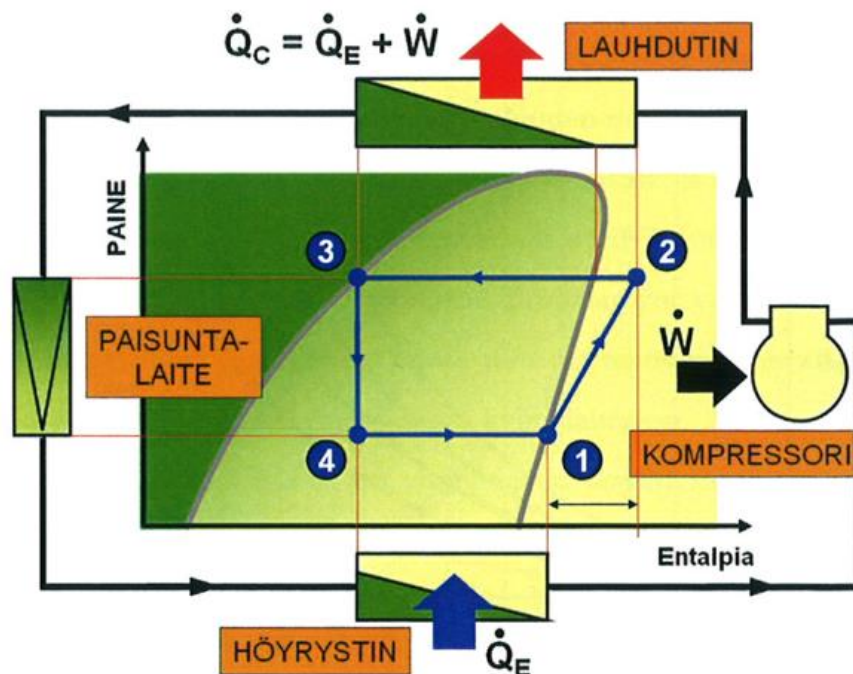
Yleisten mitoitusperusteiden ja laitevalmistajilta saatujen neuvojen ja ohjeiden mukaisesti mitoitettu ja suunniteltu järjestelmä kilpailutettiin lähialueen urakoitsijoilla. Saatuja tarjouksia vertailtiin keskenään parhaan toimittajan löytämiseksi

Tuloksista havaittiin, että saatujen tarjousten vertailu ei ole aivan yksinkertaista ja helppoa. Taloyhtiöiden kannattaa tässä asiassa turvautua asiaan perehtyneisiin puolueettomiin asiantuntijoihin. Takaisinmaksuajoiksi saatiin erään tarjouksen mukaisilla säästö- ja kustannuslaskelmilla 12,2 - 14,7 vuotta, jota voidaan pitää kohtuullisen pitkänä, vaikka kohde oli jokseenkin optimaalinen poistoilmalämpöpumpun asennuksella. D5:n liitemateriaalin mukaisilla laskelmilla laitteisto ei maksa itseään takaisin ollenkaan. Tähän vaikuttaa huomattavasti Kouvolan alueen suhteellisen edullinen kaukolämmön hinta.

2 LÄMPÖPUMPUT

2.1 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon neljän pääkomponentin välillä. Kuvassa 1 on esitetty kylmäaineen kiertoprosessi. Kuvaan merkittyjen pisteiden 4-1 välillä höyrystimeen alhaiseen paineeseen vapautunut ja voimakkaasti jäähtynyt kylmäaine kerää ulkotiloista itseensä lämpöä samalla kaasuuntuen. Tämän jälkeen pisteiden 1-2 välillä kompressorin puristaa kaasuuntuneen kylmäaineen korkeaan paineeseen, kylmäaineen lämpötilan samalla noustessa. Pisteiden 2-3 välillä kuumentunut ja paineenalainen kylmäaine johdetaan sisätiloissa olevaan lämpöpumpun lauhduttimeen, jossa se luovuttaa keräämänsä lämmön rakennuksen lämmittämiseen. Jäähtyessään kylmäaineen olomuoto muuttuu taas nesteeksi. Pisteestä 3 lähtöpisteeseen 4 palaava nestemäinen kylmäaine purkautuu paisuntaventtiiliin kautta takaisin höyrystimelle, jolloin sen paine alenee lämpötilan samalla jäähtyessä. Tämän jälkeen alkaa uusi kierto. /1, s. 28-29./



KUVA 1. Ideaalinen kylmäprosessi log p, h tilapiirroksessa /2, s. 38/

Kuvasta 1 nähdään paineen ja entalpiain muutokset kylmäaineen kiertoprosessin eri vaiheissa. Log p, h tilapiirroksen x-akselilla kuvataan kylmäaineen entalpiaa ja y-akselilla

painetta. Kuvasta on myös selvästi havaittavissa lämpöpumpun neljä pääkomponenttia: höyrystin, lauhdutin, paisuntalaite ja kompressori.

2.1.1 Lämpökertoimet

Hyvissä olosuhteissa voi lämpöpumppu kerätä käyttämänsä energian lisäksi ulkopuolista ”ilmaista” energiaa. Tätä itse käytetyn energian ja ulkopuolelta kerätyn energian suhdetta kuvataan lämpökertoimella. Lämpökertoimesta käytetään lyhennystä COP, joka tulee englanninkielisistä sanoista ”Capacity Of Performance”. Se kertoo kuinka moninkertaisen määrän energiaa lämpöpumppu pystyy tuottamaan itse kuluttamansa energian lisäksi. Esimerkiksi COP-arvon ollessa 3, luovuttaa lämpöpumppu yhden itse kuluttamansa kilowattitunnin lisäksi kaksi ylimääräistä kilowattituntia. /1, s. 30./ Lämpökertoimista puhuttaessa pitää kuitenkin olla tarkkana, puhutaanko Carnot-lämpökertoimesta, vuotuisesta lämpökertoimesta eli SCOP-arvosta, hetkellisestä todellisesta lämpökertoimesta vai kylmäkertoimesta. Lämpökertoimen teoreettinen arvo Carnot-lämpöpumpulle voidaan laskea kaavalla 1 /3, s. 378/.

$$\text{Lämpökerroin } COP_{IC} = \frac{T_L}{T_L - T_H} \quad (1)$$

jossa,

T_L = lauhtumislämpötila, K

T_H =höyrystymislämpötila, K

Laskutavasta johtuen lämpökertoimet ovat kuitenkin todellisuudessa pienempiä. Tämä laskutapa ei huomioi laitteistossa tapahtuvia häviöitä. /1, s. 30-31./ Tästä johtuen todellista lämpökerrointa laskettaessa tulee huomioida koko laitteiston hyötysuhde. Lämmityskauden lämpökerroin, eli poistoilmalämpöpumppujärjestelmässä vuotuinen lämpökerroin, voidaan laskea kaavalla 2 /4, s. 230/. Poistoilmalämpöpumppusovelluksissa ei kuitenkaan usein käytetä SCOP-lämpökertoimia, koska laitteistosta saatavaa lämpötehoa voidaan pitää vakiona ulkolämpötilasta riippumatta.

$$\text{Vuotuinenlämpökerroin } SCOP = \frac{\text{Tuotettu lämpö (kWh/a)}}{\text{Käytetty sähkö (kWh/a)}} \quad (2)$$

Lämpökerrointa laskiessa on kuitenkin syytä huomioida, otetaanko käytetyssä sähkönkulutuksessa huomioon koko laitoksen sähkönkulutus vai pelkästään kompressorin kuluttama sähköenergia /4, s. 230/.

Kylmäprosessin kylmäkerroin EER puolestaan saadaan vähentämällä lämpökertoimesta yksi, koska kylmäteho otetaan höyrystimestä ja lämpöteho lauhduttimesta, jossa on mukana kompressorin tekemä työ /3, s. 378/.

2.1.2 Kylmäaineet

Kylmäaineita käytetään lämmönsiirtymisen väliaineena kylmäkoneistoissa. Se perustuu niiden kykyyn vaihtaa olomuotoaan nestemäisestä kaasumaiseksi ja toisinpäin, riippuen luovuttaako kylmäaine lämpöä vai ottaako se sitä vastaan. Tämän johdosta voidaan suuriakin lämpökuormia siirtää suhteellisen pienellä massavirralla. /2, s.22./

Kylmäaineet ovat viimeaikoina kehittyneet nopeasti. Pääsyy tähän on niiden vaikutus ilmakehän otsonikerrokseen. /1, s. 46./ Pääsääntöisesti kylmäaineet ovat hiilivetyjä, joiden vetyatomeja on korvattu halogeenimolekyyleillä. Halogeenihiilivedyt voidaan jakaa ryhmiin halogeenimolekyylien perusteella. Ryhmiä ovat CFC-, HCFC-, HFC-, PFC- ja HC-aineet sekä epäorgaaniset kylmäaineet. /2, s.23-25./

Lämpöpumppusovelluksissa käytetään nykyisin HFC-yhdisteitä eli synteettisiä fluorihiilivetyjä, jotka eivät vahingoita ilmakehän otsonikerrosta, mutta ovat kuitenkin kasvihuonekaasuja. Näidenkin käyttö mahdollisesti tulevaisuudessa kielletään. /1, s. 46./ Kuvassa 2 on esitetty eri kylmäaineisiin liittyviä rajoituksia.

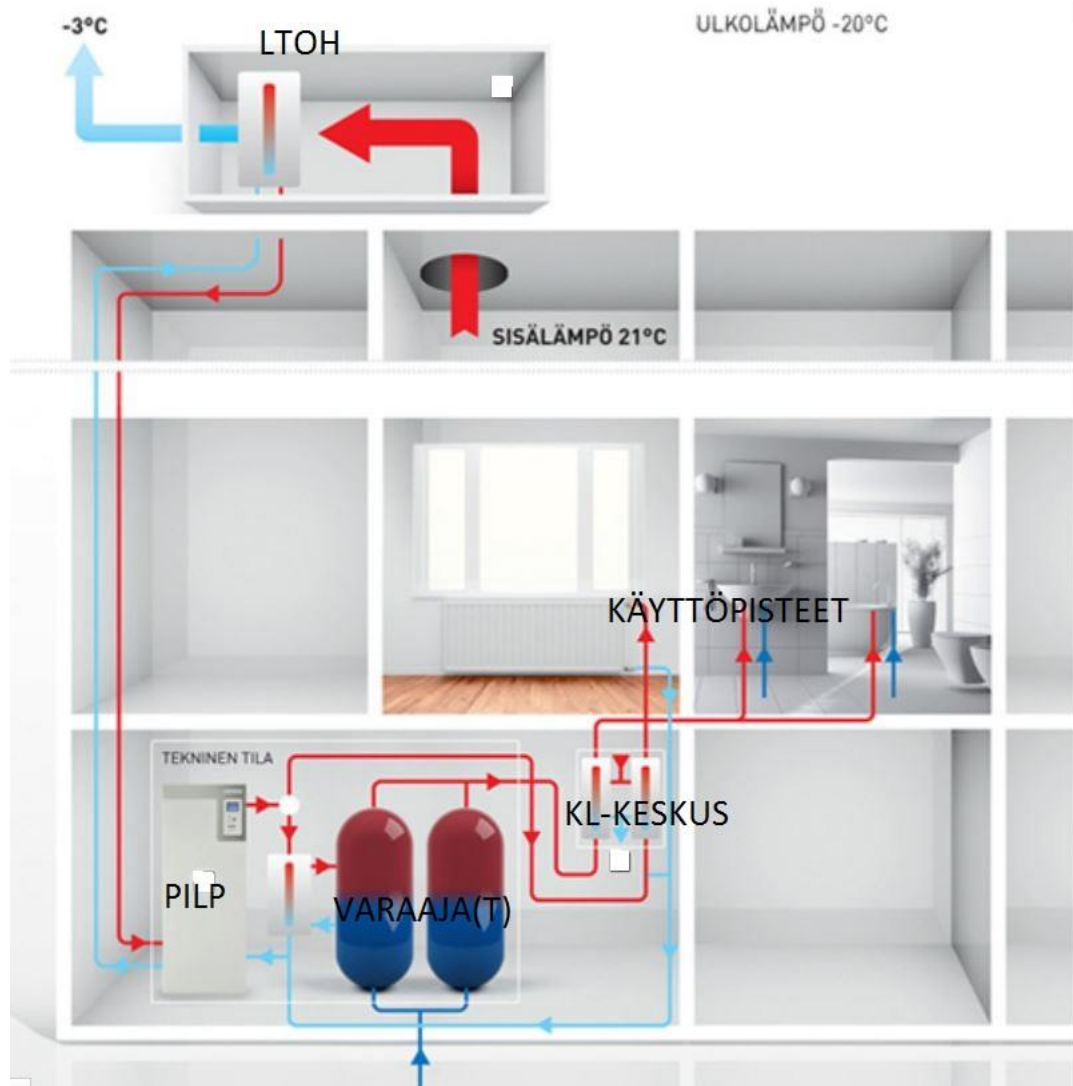
Kylmäaine	Käyttörajoitukset
<u>CFC- kylmäaineet</u> (esim. R11, R12, R502)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttö kielletty uusissa laitoksissa ja laitteissa 1.1.1995 alkaen • käyttö kielletty huollossa 1.1.2001 alkaen
<u>HCFC- kylmäaineet</u> (esim. R22, R401, R402, R403, R408, R409)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttö kielletty uusissa laitoksissa ja laitteissa 1.1.2000 alkaen • käyttö kielletty huollossa uusilla aineilla 1.1.2010 alkaen • käyttö huollossa kierrätetyillä aineilla sallittu 31.12.2014 saakka • käyttö kielletty huollossa 1.1.2015 alkaen
<u>HFC- ja PFC- kylmäaineet</u> (esim. R134a, R404A, R407C, R410A, R507A)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttö uusissa laitoksissa ja laitteissa sallittu • käyttö kielletty uusien ajoneuvojen ilmastointilaitteissa 1.1.2011 alkaen • käyttö kielletty kaikkien ajoneuvojen ilmastointilaitteissa 1.1.2017 alkaen

KUVA 2. Halogeenihiilivedyille asetettuja käyttörajoituksia /2, s. 28/

Kuten kuvassa 2 näkyy, on monia kylmäaineisiin liittyviä rajoituksia jo tehty, ja kylmäaineiden kehittyessä edelleen rajoitetaan käyttöä luultavasti jatkossa lisää.

2.2 Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate

Perusedellytys lämpöpumpun käyttämiselle on sopiva lämmönlähde /3, s. 380/. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 /5, s. 21/ mukaan ilmanvaihtokertoimen asuinrakennuksessa tulee olla vähintään 0,5 l/h, eli koko huoneen ilmatilavuuden on vaihdettava vähintään kerran kahdessa tunnissa. Poistoilmalämpöpumpun eli PILP:n toiminta perustuu talon poistoilman sisältämän lämpöenergian hyödyntämiseen rakennuksen lämmittämisessä /6/. PILP:llä voidaan kulloisenkin tarpeen mukaan siirtää lämpöä tuloilmaan, käyttöveteen tai lämmitykseen. Vuositasolla poistoilman sisältämästä energiasta saadaan talteen 60-80 prosenttia./7./ Koko rakennuksen energiantarpeesta PILP:llä voidaan tyypillisesti säästää noin 40 prosenttia /1, s. 79/. Kuvassa 3 on esitetty poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate asuinkerrostaloympäristössä.

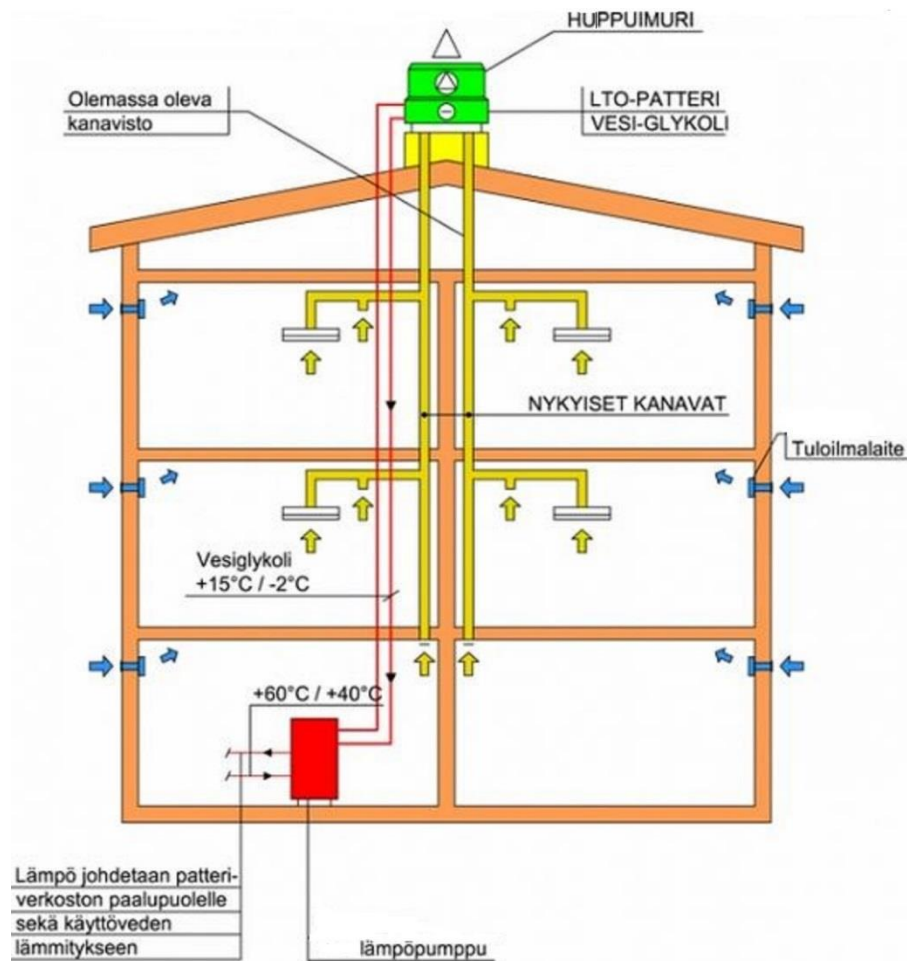


KUVA 3. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate asuinkerrostalossa /8/

Kuvassa näkyy, kuinka poistoilman sisältämä lämpöenergia siirretään lämmöntalteenottosiirtimeltä liuospiiriä pitkin lämpöpumpulle ja siitä edelleen haluttuun kohteeseen. Varaajia käytetään pidentämään lämpöpumpun toiminta jaksoja eli vähentämään toimintakertoja. Kaukolämpökeskuksella eli KL-keskuksella lämpimänkäyttöveden ja tilojen lämmittämiseen käytettävän veden lämpötila säädetään lopullisesti haluttuun lämpötilaan. Tämän jälkeen halutun lämpöinen vesi voidaan johtaa käyttöpisteille lämmitykseen tai käyttövedeksi. Kuvassa on käytetty poistoilmanlämpötilana 21 °C, joka on yleisesti toivottu sisälämpötila. Jäteilman lämpötila LTOH:n jälkeen on merkittävä tekijä poistoilmasta saatavan tehon suhteen. Mikäli ilma jäähtyy alle nollan asteen, kerää LTOH:n lämmönsiirtopinta myös jäätä, jolloin sitä joudutaan myös sulattamaan. Tämä puolestaan aiheuttaa käyntikatkoja ja siitä johtuen myös vuotuisesti saatavan energiamäärän vähenemistä.

2.2.1 Suora- ja epäsuorahöyrystys

Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia ohjataan hyödynnettäväksi lämmönjakokeskuksessa. Tästä johtuen lämpöenergia on lähes aina asuinkerrostaloissa johdettava katolta alas lämmönjakokeskukseen. Tämä asia voidaan ratkaista kahdella eri tavalla. Suorassa höyrystyksessä lämpöpumpun höyrystin sijoitetaan suoraan poistoilmavirtaan katolle, jolloin lämpöenergia siirtyy poistoilmasta suoraan kylmäaineeseen eli kylmäprosessiin. Epäsuorassa höyrystyksessä katolle sijoitetaan lämmöntalteenottohuippumuri eli LTOH. Tällöin lämpö kuljetaan liuospiirissä höyrystimelle, joka voi sijaita esimerkiksi kellarissa (lämmönjakohuoneessa). Tilanteesta riippuen lämpöpumppu voidaan sijoittaa katolle tai ullakolle lähelle poistoilmalaitteita tai vastaavasti kellarin lähelle lämmönjakokeskusta. /3, s. 382./ Kuvassa 4 on esitetty periaatekuva kerrostalon PILP-laitteistosta epäsuoralla höyrystyksellä.

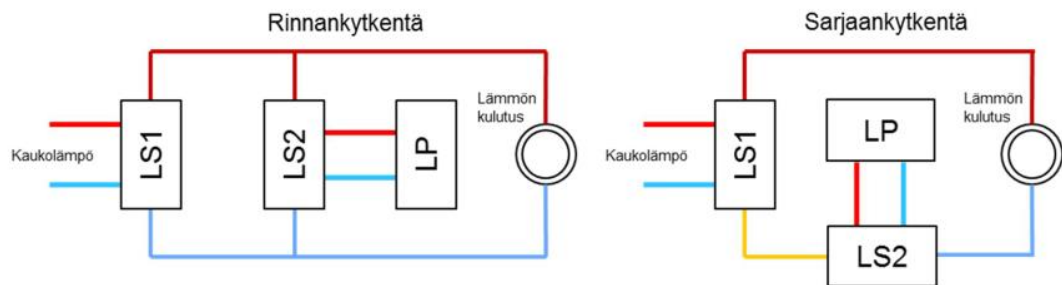


KUVA 4. PILP-laitteisto asuinkerrostalossa epäsuoralla höyrystyksellä /9/

Kuvasta nähdään, että katolla sijaitsee huippuimuri ja lämmönkeruupatteri. Höyrystin on integroitu lämpöpumppuun joka sijaitsee kellarissa. Tällöin kyseessä on epäsuora höyrystys.

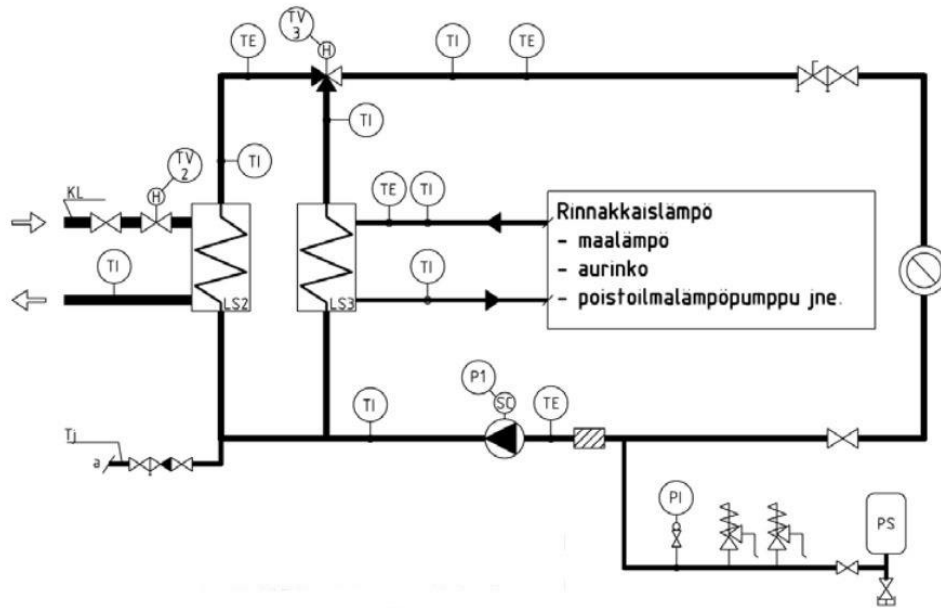
2.2.2 Rinnan- ja sarjaankytkentä

VTT:n teettämän tutkimuksen /10, s. 4/ mukaan kytkentäperiaatteella on suuri merkitys PILP- ja kaukolämpöjärjestelmän välisille vaikutuksille. Kytkentätapoja on kaksi päätyyppiä, rinnan- ja sarjaankytkentä, jotka on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Rinnan- ja sarjaankytkennän yksinkertaistetut kytkentäkaaviot

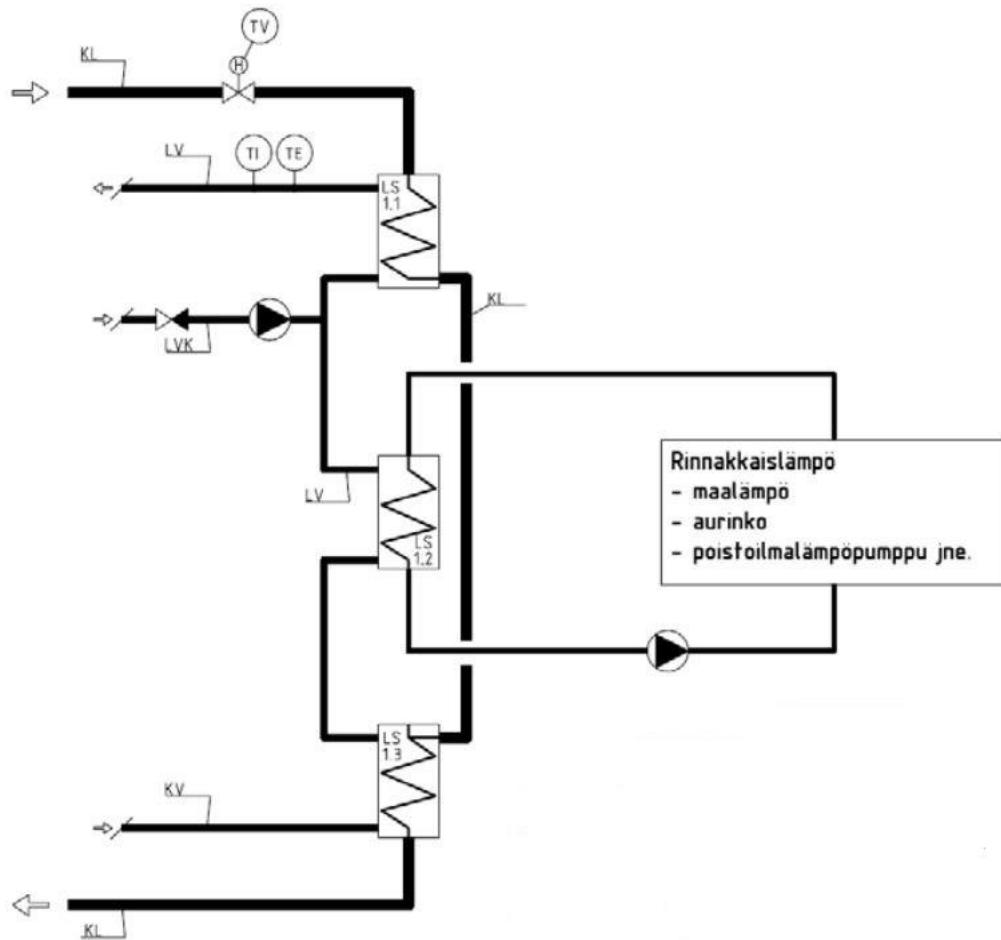
Rinnankytkennässä kaukolämpö ja rinnakkaislämmönlähde, eli tässä työssä poistoilmalämpöpumppu, lämmittävät lämpötilaltaan samaa jakelujärjestelmästä palaavaa vettä. Näin menetellen ei kaukolämmön jäähtymää leikata vain ainoastaan kulutusta. Kaukolämmönlämmönsiirrin joutuu lämmityskierron korkeammilla säätölämpötiloilla tuottamaan sen mitoituslämpötiloja kuumempaa vettä, mutta paluulämpötilaan tämä ei vaikuta vaan sen määrää edelleen kierrosta palaavan veden lämpötila. /10, s. 4-5./ Kuvassa 6 on esitetty kaukolämpömääräysten ja -ohjeiden mukainen kytkentä rinnakkaislämmönlähteelle tilojen lämmityksen osalta.



KUVA 6. K1:n ohje rinnakkaislämmönlähteen kytkentään tilojen lämmitykseen /11, s. 89/

Kuvasta voidaan havaita, että kaukolämmön lämmönsiirrin sekä rinnakkaislämmönlähteen lämmönsiirrin pääsevät lämmittämään lämpötilaltaan samaa lämmitysverkoston paluuvettä, jolloin kaukolämmön paluuveden jäähtymä pystytään pitämään K1:n mukaisien määräysten ja ohjeiden mukaisella tasolla. Olemassa olevissa rakennuksissa lämmityksen lämmönsiirtimien paluuveden maksimilämpötila on 63 °C ja käyttöveden osalta 20 °C /11, s. 57/.

Käyttöveden osalta rinnakkaislämmönlähde kytketään kaukolämmön jäähtymän säilyttämiseksi ylemmälle lämpötilatasolle. Tällöin kaukolämmöllä päästään esilämmittämään käyttövettä. Kaukolämpöä joudutaan tosin normaalisti käyttämään myös käyttöveden lämpötilan lopulliseen säätämiseen 58 asteeseen. /10, s. 5/ Kuvassa 7 on esitetty kaukolämpömääräysten ja -ohjeiden mukainen kytkentä rinnakkaislämmönlähteelle käyttöveden lämmittämiseen.



KUVA 7. K1:n ohje rinnakkaislämmönlähteen kytkentään käyttöveden lämmittämiseen /11, s. 89/

Kuvasta voidaan helposti havaita, että kaukolämpöä käytetään lämpimän käyttöveden esilämmittämiseen sekä lopullisen lämpötilan saavuttamiseen.

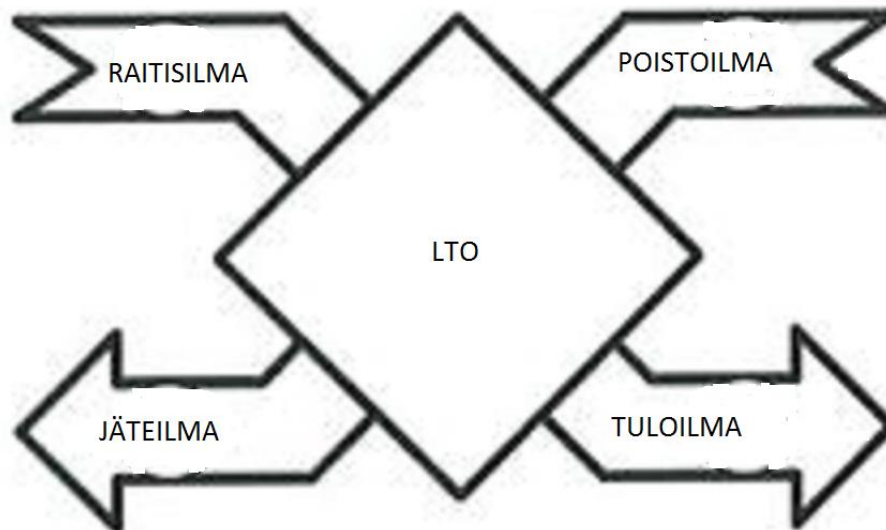
Sarjaankytkennällä saadaan lämpöpumpun tehokkuutta nostettua, kun päästään esilämmittämään käyttövettä ja lämmityksen paluuvirtausta. Tällöin lämpötilaerot höyrystimeltä tulevan lämpötilan ja lauhduttimelta lähtevän lämpötilan välillä jäävät pienemmiksi ja lämpöenergia siirtyy lämpötilatasosta toiseen kylmäaineprosessi tehokkaammin. Tällainen järjestely kuitenkin nostaa kaukolämmön paluuv veden lämpötilaa eli leikkaa kulutuksen lisäksi myös jäähtymää. /10, s. 5./

3 LÄMMÖNTALTEENOTTO

3.1 Poistoilman lämmöntalteenotto

Poistoilman sisältämästä lämpöenergiasta voidaan huomattava osa ottaa talteen erilaisien lämmönsiirtimien avulla. Lämpövirtojen välinen lämpötilaero vaikuttaa lämmönsiirron tehokkuuteen siten, että isommalla lämpötilaerolla poistoilman ja tuloilman välillä lämmönsiirtyminen tehostuu. Tämän johdosta kylmän ulkoilman lämmittäminen poistoilmavirralla on edullinen kohde. /12, s. 285./

Lämmöntalteenotossa käytettävät lämmönsiirtimet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Regeneratiiviset lämmönsiirtimet, kuten pyörivät LTO-laitteet, varastoivat itseensä lämpöä poistoilmavirrasta ja luovuttavat sitä tuloilmavirtaan. Rekuperatiiviset lämmönsiirtimet siirtävät lämpöä suoraan virtausten välillä joko suorasti tai epäsuorasti esimerkiksi lämmönsiirtoväliaineen välityksellä. /12, s. 285./

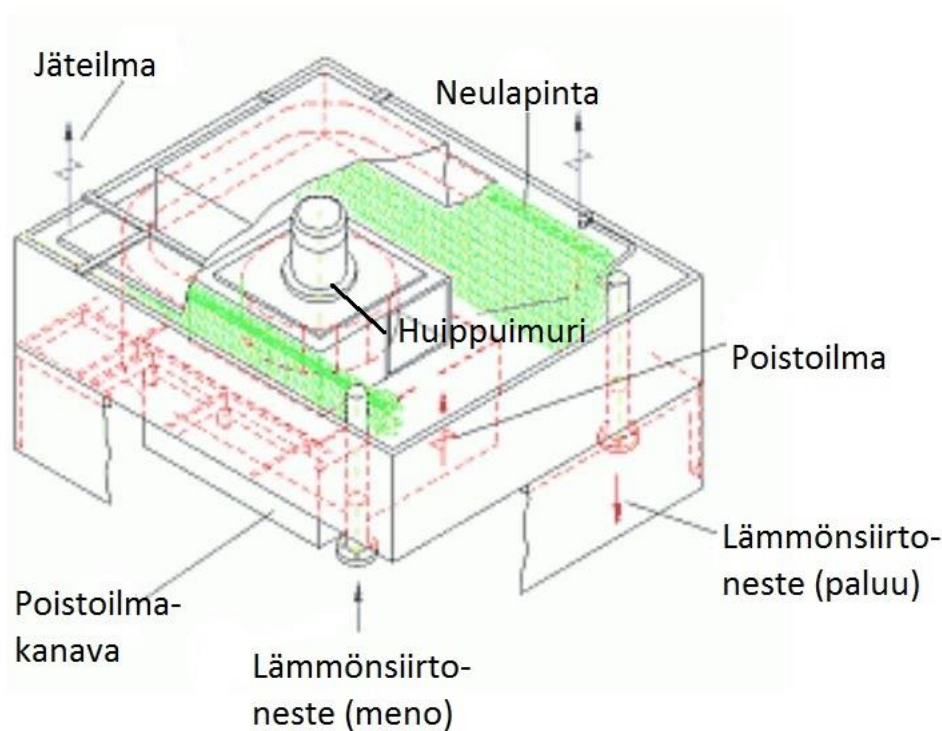


KUVA 8. Poistoilman lämmöntalteenoton periaatekuva rekuperatiivisella lämmönsiirtimellä /13, s. 96/

Kuvan mukaisessa LTO-lämmönsiirtimessä lämmin poistoilma lämmittää kylmempää raitisilmaa jolloin jäteilman lämpötila laskee ja tuloilman lämpötila nousee.

3.2 LTO-huippuimurin toiminta ja huolto

LTO-huippuimurin toiminta perustuu huippuimurin ympärille rakennettuun neulalämmönsiirtimeen. Lämmin poistoilma ohjataan poistoilmakanavistoa pitkin LTOH:lle. Kun lämmin ilma kulkee neulapinnan läpi, joka tässä tapauksessa toimii lämmönsiirto-pintana, siirtyy poistoilman lämpöenergia neulaputken lämmönsiirtonesteeseen. Tästä edelleen lämpöenergia siirretään liuospiirin putkistoa pitkin haluttuun kohteeseen. /14./ Kuvassa 9 on esitetty LTOH:n toimintaperiaate ja pääosat.



KUVA 9. LTO-huippuimurin toimintaperiaate ja pääosat /14/

Kuvasta nähdään, kuinka lämmin poistoilma siirretään kanavistoa pitkin neulapinnan läpi, jolloin poistoilman sisältämää lämpöenergiaa saadaan siirrettyä lämmönsiirtonesteeseen.

LTO-huippuimuri tulee huoltaa neulapinnalle kerääntyvän lian ja pölyn vuoksi. Lika toimii eristeenä, jolloin lämmönsiirtyminen poistoilmasta lämmönsiirtonesteeseen heikentyy. Lisäksi lika ja pöly lisäävät laitteiston painehäviöitä, joka puolestaan vaikuttaa suoraan tarvittavaan puhallintehoon. Molemmat edellä mainitut asiat puolestaan vaikut-

tavat koko järjestelmän hyötysuhteeseen. Neulapinta on syytä puhdistaa vähintään ker-
ran vuodessa tai useammin tarpeen niin vaatiessa. Pesussa on syytä käyttää laitevalmis-
tajan suosittelemia pesuaineita parhaan lopputuloksen takaamiseksi. /15./ Huollon tarve
tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, sillä vesikatolle tulee sijoittaa vesipiste pesua
varten sekä huolehtia pesuvesien johtamisesta pois turvallisesti.

4 RAKENNUSKOHTEN TIEDOT

4.1 Perustiedot

Työn kohteena on asunto-osakeyhtiö Oipinlehto Kouvolassa (Kuva 10). Kiinteistö on
vuonna 1983 valmistunut 8-kerroksinen asuinkerrostalo. Rakennuksen kerrosala on
3229 m² ja huoneistoala 2584 m². Rakennuksen tilavuus on 10450 m³. Merkittävimpiä
taloteknisiä perusparannuksia, joita kiinteistössä on tehty, ovat kaukolämmön alajako-
keskuksen uusiminen 2007, Bauer-vedenkäsittelylaitteen asennus tonttijohtoon 2010 ja
lämmitysverkoston tasapainotus 2011. Tiedot ovat peräisin isännöitsijäntodistuksesta.



KUVA 10. As Oy Oipinlehdon julkisivu

Kiinteistön ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistoilmanvaihdolla. Rakennuksen katolla sijaitsee yksi huippuimuri, joka hoitaa koko rakennuksen poistoilmanvaihdon. Huippuimuri on esitetty kuvassa 11. Lämmitysjärjestelmä on puolestaan toteutettu mitoitustilapötiloilla 80/60 °C toimivalla patterijärjestelmällä. Rakennuksen porraskäytävissä on hyvin tilaa PILP-järjestelmän vaatimille putkituksille.



KUVA 11. Kohteen olemassa oleva huippuimuri

Vanha toiminnassa oleva huippuimuri palvelee koko kiinteistöä. Isännöitsijän tai huoltoliikkeen mukaan huippuimurin toiminnassa ei ole ollut häiriöitä.

4.2 Kulutustiedot

Kohteesta on hyvin saatavilla viimeisten vuosien kulutustietoja. Isännöitsijältä saadusta toimintakertomuksesta kävi ilmi kiinteistön kulutustiedot vuodesta 2011 vuoteen 2015. Taulukossa 1 on esitetty kohteen kokonaiskulutukset vuositasolla. Tämän lisäksi taulukossa esitetään kohteen ominaiskulutukset.

TAULUKKO 1. As Oy Oipinlehdon kulutustiedot 2011-2015

<u>Kokonaiskulutus</u>	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014</u>	<u>2015</u>
Lämpö (MWh)	350	393	337	335	318
Vesi (m ³)	3782	3102	3053	3274	3286
Sähkö (kWh)	22877	21821	20872	21291	21424
<u>Ominaiskulutus</u>					
Lämpö (kWh/m ³)	33,49	37,6	33,7	31,48	30,43
Vesi (l/hlö/vrk)	175	144	149	169	166
Sähkö (kWh/m ²)	2,19	2,09	1,99	2,03	2,05

Taulukosta voidaan huomata, ettei kulutustiedoissa ole tapahtunut suurempia muutoksien vuosien 2011 ja 2015 välillä.

4.3 Ilmamäärät

Kiinteistön ilmamääriä ei ole mitattu tai säädetty saatujen tietojen perusteella. Urakan kilpailuttamisen yhteydessä pyydettiin erillistarjoustusta ilmamäärien mittaus- ja säätötyöstä. Ilmamäärät mitoitettiin SRakMk osan D2 /5, s.25/ mukaan siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h. Tämä tarkoittaa, että koko huoneiston ilmatilavuus vaihtuu vähintään yhden kerran kahden tunnin aikana /1, s.78/.

Koska poistoilmavirta toimii poistoilmalämpöpumpun lämmönlähteenä, on erittäin tärkeää, että suunnitellut ilmavirrat vastaavat todellisuutta. Näin voidaan varmistaa laskelmien mahdollisimman tarkka tulos ja lämpöpumpun optimaalinen toiminta. Suunnitellut ilmamäärät on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

5 MITOITUSPERUSTEET JA LASKENTAMENETELMÄT**5.1 Kulutuksen normeeraus**

Lämmitystarveluvun avulla voidaan verrata kiinteistön kuluttaman energian määrää eri ajankohtina. Sen käyttäminen perustuu sisä- ja ulkolämpötilan erotukseen, joka on suoraan verrannollinen energiankulutukseen. Lämpimän käyttöveden osalta näin ei ole, joten se erotellaan pois normeerattavasta lämmitysenergian kulutuksesta. /16./ Normeerattu energian kulutus vuosittain voidaan laskea kaavalla 3 /17/.

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (3)$$

jossa,

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus (kWh)

$Q_{toteutunut}$ = rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

Q_{kok} = rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus

$Q_{lämmin\ käyttövesi}$ = käyttöveden lämmittämisen vaatima energia

$S_{N\ vpkunta}$ = normaali vuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut\ vpkunta}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Normituksen koskiessa vain rakennuksen lämmittämiseen kuluva energia on käyttöveden lämmittämiseen käytettävä energia poistettava rakennuksen kokonaislämmitysenergian kulutuksesta. Tämä voidaan laskea kaavalla 4. /17./

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (4)$$

Lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole erikseen mitattu, mutta sen voidaan arvioida olevan noin 40 % kokonaisvedenkulutuksesta, kun kyseessä on asuinrakennus. Tällöin käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia voidaan arvioida kaavalla 5. /18./

$$Q_{kv} = 58 \times (0,4 \times V_{käyttövesi}) \quad (5)$$

jossa,

Q_{kv} = käyttöveden lämmittämiseen käytetty energia (kWh)

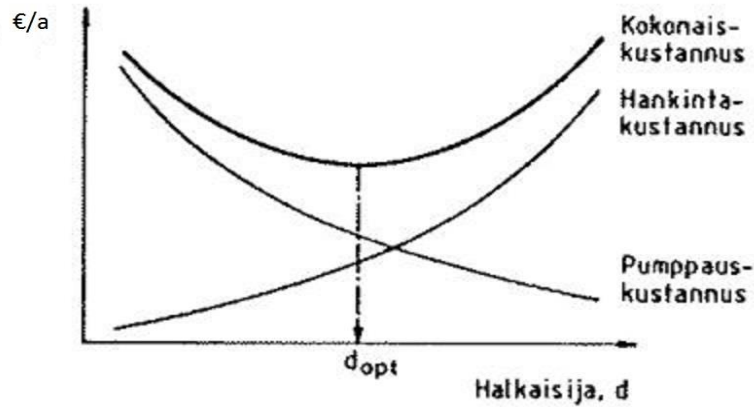
58 = veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä kuutiota kohden (kWh/m³)

$V_{käyttövesi}$ = käytetty kokonaisvesimäärä (m³/vuosi)

5.2 Liuospiirin putkisto

Taloudellisen putkiston suunnittelussa on huomioitava kaksi määräävää kustannustekijää. Nämä ovat hankinta- ja käyttökustannus. Käyttökustannus koostuu pääasiassa

pumppauskustannuksista. Mikäli pumppauskustannuksia halutaan pienentää kasvattamalla putken halkaisijaa, kasvaa hankintakustannus kuvan 12 mukaisella tavalla. /3, s. 147./



KUVA 12. Putken optimihalkaisijan määräytyminen /3, s. 147/

Kuvasta voidaan lukea kuinka pumppauskustannukset laskevat kasvatettaessa putken halkaisijaa, mutta samalla putken hankintakustannus nousee. Optimihalkaisija saadaan luettua x-akselilta kokonaiskustannuksen pienimmän arvon kohdalta.

Putkiston tilavuusvirta voidaan ratkaista kaavalla liuoksen tiheyden ja massavirran avulla kaavalla 6 /3, s. 103/.

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad (6)$$

jossa,

q_v = tilavuusvirta (m^3/s)

q_m = massavirta (kg/s)

ρ = tiheys (kg/m^3)

Putken sisähalkaisija voidaan laskea kaavalla 7.

$$d_s = d_u - 2 \times s \quad (7)$$

jossa,

d_s = putken sisähalkaisija (mm)

s = seinämän paksuus (mm)

Tämän jälkeen aineen virtausnopeus putkessa voidaan ratkaista kaavalla 8 /3, s. 146/.

$$v = \frac{q_v}{\pi r_s^2} \quad (8)$$

jossa,

v = nopeus (m/s)

q_v = tilavuusvirta (m³/s)

r_s = putken sisäsäde (m)

5.3 Paisuntalaitteet

Poistoilmalämpöpumppujärjestelmä vaati kaksi uutta paisunta-astiaa eli PA:ta. Nämä mitoitettiin RT-kortin LVI-11-10472 /19/ sekä lämpöpumpputoimittaja Niben ohjeiden mukaan /20/. Paisuntalaitteet suunniteltiin asennettaviksi lämmönkeruupiiriin sekä PILP:n toisiopuolelle varaajalta PILP:lle tulevaan paluuputkeen

Paisunta-astioiden mitoitusta käsittelevän RT-kortin /19/ mukaan mitoitus kulkee seuraavaksi esitetyllä tavalla. Mitoituksen lähtötiedoiksi tarvitaan verkoston kokonaistilavuus, enimmäislämpötila mitoitustilanteessa, laitoksen lämmitysteho, laitoksen ylimmän laitteen ja PA:n ala-reunan välinen korkeusero sekä verkoston suurin sallittu käyttöpaine. Kalvopaisunta-astian mitoitus kulkee kaavoja 9-13 noudattaen. Absoluuttinen paine on esitetty isolla kirjaimella P ja suhteellinen paine pienellä kirjaimella p.

$$H_{brutto} = 1 - \frac{P_e}{P_{max}} = 1 - \frac{p_e + 100}{p_{max} + 100} \quad (9)$$

$$H_{vara} = 1 - \frac{P_e}{P_{min}} = 1 - \frac{p_e + 100}{p_{min} + 100} \quad (10)$$

$$H_{netto} = H_{brutto} - H_{vara} \quad (11)$$

$$K_{mit} = \frac{1}{H_{netto}} \quad (12)$$

$$V = a \times K_{mit} \times V_o \quad (13)$$

jossa,

H_{brutto} = kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuus (suhdeluku)

H_{vara} = kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuus (suhdeluku)

H_{netto} = kalvopaisunta-astian nettotilavuus (suhdeluku)

V = kalvopaisunta-astian tilavuus (dm³)

V_o = laitoksen vesitilavuus (dm³)

a = nesteen lämpölaajenemiskerroin (%)

K_{mit} = PA:n mitoituskerroin laskettuna tai taulukosta

P_{sv} = varoventtiilin absoluuttinen avautumispaine (kPa)

P_{max} = absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine (kPa)

P_e = PA:n absoluuttinen esipaine (kPa)

P_{min} = absoluuttinen vähimmäiskäyttöpaine (kPa) = $P_e + 50$ kPa

Absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine P_{max} lasketaan valitsemalla pienempi seuraavista vaihtoehtoista:

$$P_{max} = P_{sv} - 50 \quad (14)$$

tai

$$P_{max} = 0,9 \times p_{sv} \quad (15)$$

5.4 Säätöventtiilit

Säätöventtiilien valinta on tehtävä niin, että sillä on helppo vaikuttaa valittavaan suureen. Säätöventtiilin vaikutusasteella eli auktoriteetilla tarkoitetaan säätöventtiilin painehäviön suhdetta koko säädettävän virtauspiirin painehäviöön säätöventtiilin ollessa auki asennossa. Venttiilin karan asentoa säädetään yleisesti sähkömoottorilla. Säätöventtiilin k_v -arvolla tarkoitetaan täysin auki asennossa olevan venttiilin vesivirtaa

(m³/h) kun venttiilin yli vaikuttaa yhden barin paine-ero. Venttiilejä ei kuitenkaan valmisteta jokaiselle k_v-arvolle, joten venttiilille valitaan sopivin olemassa olevista k_{vs}-arvoista. /3, s. 190-191./

Tässä luvussa käsiteltävä säätöventtiilien laskenta on esitetty rakennusten kaukolämmitys K1 ohjeissa ja määräyksissä /11/. Säätöventtiilien mitoitus tapahtuu saatujen mitoitusvesivirtojen ja normaalikäyttöolosuhteissa vallitsevan paine-eron mukaan. Säätöventtiiliin paine-ero mitoitusilanteessa lasketaan yhtälöllä 16.

$$\Delta p = \Delta p_{ilm} - \Delta p_{siirrin} - \Delta p_{putkisto} \quad (16)$$

jossa,

Δp = säätöventtiilin mitoituspaine-ero (bar)

Δp_{ilm} = käytettävissä oleva paine-ero

$\Delta p_{siirrin}$ = lämmönsiirtimen painehäviö

$\Delta p_{putkisto}$ = putkiston painehäviö, sisältäen putkiston varusteet pl. säätöventtiilejä

Ensin aukeava säätöventtiili TV1.1 mitoitetaan 1/3 virtaamalle kokonaisvesivirrasta. Tämä täytyy huomioida lämmönsiirtimen sekä putkistonpainehäviöitä laskettaessa. Koska yleisesti tiedetään, että painehäviö on verrannollinen virtausnopeuden neliöön, voidaan lämmönsiirtimen painehäviö laskea kaavalla 17.

$$\Delta p_{siirrin,1/3} = \frac{\Delta p_{siirrin}}{3^2} \quad (17)$$

jossa,

$\Delta p_{siirrin,1/3}$ = lämmönsiirtimen painehäviö kolmasosalla kokonaisvirtaamasta

Samaa menetelmää käyttäen voidaan laskea putkiston painehäviö kaavalla 18.

$$\Delta p_{putkisto,1/3} = \frac{\Delta p_{putkisto}}{3^2} \quad (18)$$

Tämän jälkeen voidaan säätöventtiilin TV1.1 k_v arvo laskea kaavalla 19.

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}} \quad (19)$$

Kun k_v -arvo on laskettu, voidaan valita venttiilille sopiva k_{vs} -arvo. Yleisesti käytettyjä k_{vs} -arvoja ovat 0,63 m³/h, 1 m³/h, 1,6 m³/h, 2,5 m³/h, 4 m³/h, 6,3 m³/h, 10 m³/h ja 16 m³/h. Tätäkin isompia arvoja on, mutta niitä ei oleteta tässä työssä ole käytettävän. Kun sopiva k_{vs} -arvo on valittu, voidaan venttiiliyhdistelmän todellinen painehäviö ratkaista kaavalla 20.

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \quad (20)$$

Kun todellinen painehäviö tiedetään, voidaan säätöventtiiliyhdistelmän vaikutusaste tarkistaa kaavalla 21.

$$\beta = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{mit}} \quad (21)$$

jossa,

β = vaikutusaste eli auktoriteetti

Venttiilin vaikutusasteen tulee olla yli 0,5 /11, s.64/.

5.5 Säästöt

Poistoilmalämpöpumpuilla säästetään käytettävää kaukolämpöenergiaa, mutta samalla laitteet myös käyttävät itse sähköä. Sähkön kulutusta voidaan arvioida, paitsi tarjousten liitteinä olleiden säästölaskelmien, myös Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taustamateriaaleista löytyvän lämpöpumppujen energialaskentaoppaan /21/ avulla. Opas antaa laskentavaihtoehtoiksi kaksi erilaista menetelmää. Tässä työssä on käytetty oppaan yksinkertaista laskentamenetelmää.

Tilojen lisälämmityksen energiankulutus lämmityksessä voidaan ratkaista kaavalla 22 /21, s. 9/.

$$Q_{\text{lisälämmitys,tilat}} = (1 - Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys,tilat,LKV}}) Q_{\text{lämmitys,tilat}} \quad (22)$$

jossa,

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ = tilojen lämmitysenergian kulutus (kWh)

Lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiankulutus kaavalla 23 /21, s. 9/.

$$Q_{\text{lisälämmitys, LKV}} = (1 - Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, LKV}}) Q_{\text{lämmitys, LKV}} \quad (23)$$

jossa,

$Q_{\text{lämmitys, LKV}}$ = käyttöveden lämmityksen energiankulutus (kWh)

$Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, LKV}}$ on PILP:n tuottama osuus tilojen ja käyttöveden lämmitykseen käytettävän lämmitysenergian tarpeesta lämpöpumpun SPF-luvun, tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeen ja jäteilman lämpötilan funktiona. Nämä arvot on esitetty taulukossa 9 /21, s. 9./

Poistoilmalämpöpumpulla tuotettava lämmitysenergia lämmitystä varten lasketaan kaavalla 24 ottaen huomioon lisälämmitykseen tarvittava energia /21, s. 10/.

$$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} - Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} \quad (24)$$

PILP:llä tuotettava lämmitysenergia lämpimän käyttöveden lämmittämistä varten lasketaan kaavalla 25 ottaen huomioon lisälämmitykseen tarvittava energia /21, s. 10/.

$$Q_{LP, \text{lämmitys, LKV}} = Q_{\text{lämmitys, LKV}} - Q_{\text{lisälämmitys, LKV}} \quad (25)$$

Lämpöpumpun ostoenergiankulutus saadaan laskettua nyt kaavalla 26 /21, s. 10/.

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = \frac{Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}}{SPF_{\text{tilat}}} + \frac{Q_{LP, \text{lämmitys, LKV}}}{SPF_{LKV}} \quad (26)$$

jossa,

SPF_{tilat} = tilojen lämmityksessä käytettävä SPF-luku

SPF_{LKV} = lämpimän käyttöveden lämmityksessä käytettävä SPF-luku

Investoinnista saatu voitto voidaan laskea kaavalla 27 /22, s. 68/.

$$Tulo-Kustannus=Voitto \quad (27)$$

jossa,

Tulo = laitteen tuottama säästö vuodessa (€/vuosi)

Kustannus = laitteen kuluttaman sähköenergian hinta vuodessa (€/a)

5.6 Takaisinmaksuajat

Takaisinmaksuaikaa käytetään yksinkertaisena menetelmänä, kun arvioidaan jonkin investoinnin kannattavuutta. Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan aikaa, jonka kuluessa investointi on tuottanut takaisin tähän käytetyt rahat. Voidaan ajatella, että mikäli takaisinmaksu aika on lyhempi kuin investoinnin suunniteltu käyttöikä on investointi kannattava ja toisin päin. Yksinkertaisemmillaan takaisinmaksuaika voidaan laskea kaavalla 28. /23, s. 144./

$$Takaisinmaksuaika = \frac{\text{Investoitu pääoma}}{\text{Vuotuinen nettotuotto}} \quad (28)$$

Takaisinmaksuaika voidaan myös laskea korollisella laskutavalla kaavalla 29 /24, s. 305/.

$$Takaisinmaksuaika = \frac{\ln\left(\frac{T}{T - Hi}\right)}{\ln(1 + i)} \quad (29)$$

jossa,

T = vuotuisten kustannusten erotus (€)

H = Hankintahintojen erotus (€)

i = korkokanta (%)

6 VALITUT LAITTEET JA NIIDEN SIJOITUS

6.1 LTO-huippuimuri

Lto-huippuimurin mitoituksessa käytettiin Retermia Oy:n asiantuntija-apua. Kohde sopii erinomaisesti uuden huippuimurin asentamiseen, koska entisessäkin ratkaisussa on vain yksi huippuimuri. Näin ollen uutta LTOH:ta varten ei tarvitse suunnitella erillistä tilaa eikä kanavamutoksia. Lämmöntalteenottohuippuimurin mitoittavana ilmavirtana käytettiin ilmavirtaa, joka vastaa 75 prosenttia suunnitelluista ilmavirroista. LTOH suunniteltiin toimivan ulkoilman ja aikaohjauksen mukaan kuvan 12 esittämällä tavalla.



KUVA 12. Huippuimurin ohjaus ulkoilman lämpötilan ja kellonajan mukaan /25/

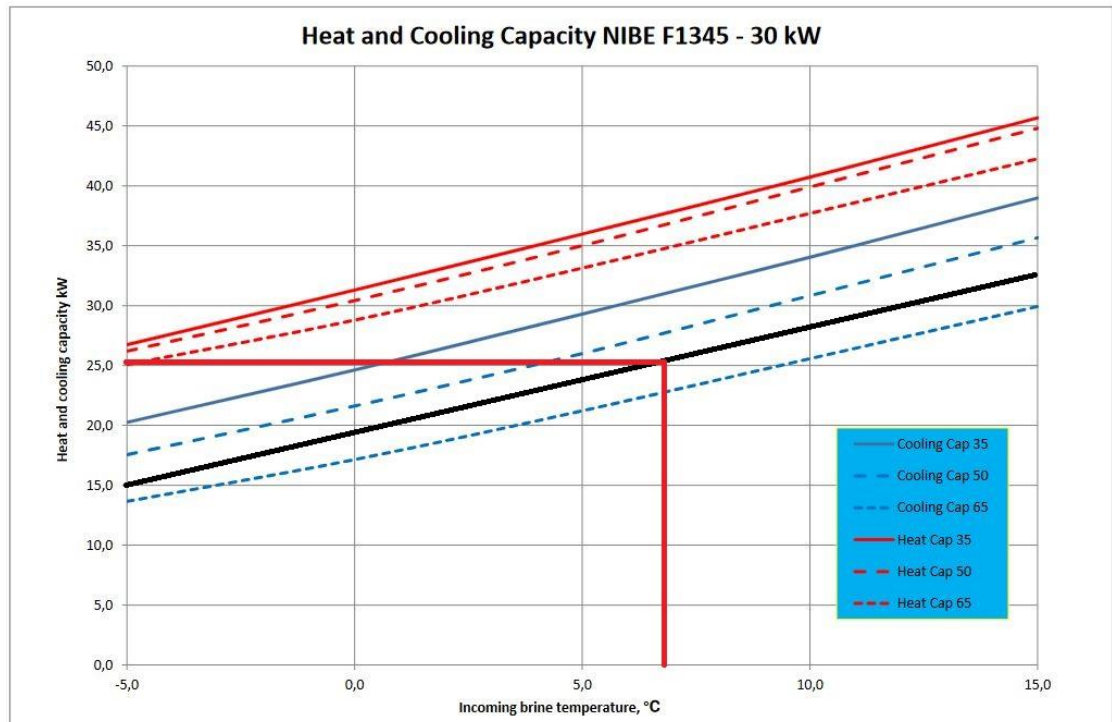
Kuvasta voidaan huomata, että huippuimurin ilmamäärää säädetään ulkoilman lämpötilan ja kellonajan mukaan. Kylmemmällä ilmalla ilmavirtaa pienennetään ja lämpimällä ilmalla suurennetaan. Kuvassa olevien kellonaikojen välillä huippuimuria ohjataan ylemmän (punaisen) käyrän mukaan ja muina aikoina alemman (vihreän) käyrän

mukaan. Mitoittava ilmavirta on 75 prosenttia RakMk D2 /5, s.25/ mukaisista ilmavirroista. Mitoittavaksi ilmavirraksi muodostui lopulta $0,75 \cdot 2240 \text{ dm}^3/\text{s}$ eli $1680 \text{ dm}^3/\text{s}$, joka vastaa $6048 \text{ m}^3/\text{h}$. Poistoilman lämpötilana käytettiin ennen LTO-siirrintä $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ja patterin jälkeen $4,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Edellä mainitut asiat huomioiden saatiin Retermia Oy:ltä neulaputkimääräksi 297 metriä ja LTO-piirin lämpötehoksi $35,8 \text{ kW}$. Lämmönsiirtonesteenä mitoituksessa käytettiin 30 prosenttista vesi-etyleeniglykoliliuosta, jonka massavirraksi saatiin $2,00 \text{ kg/s}$. Lämmönsiirtonesteen lämpötiloina suunnittelussa käytettiin Retermialta saatujen tietojen perusteella $+6,9/+2 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.2 Poistoilmalämpöpumppu

NIBE Energy Systems Oy:ltä /26/ saatujen ohjeiden mukaan, lämpöpumpun jäähdytystehon tulee olla aina pienempi, kuin keruupiiristä saadun tehon. Tällä varmistetaan, ettei keruupiirin lämmönsiirtonesteen lämpötila putoa alle $0 \text{ }^\circ\text{C}$:een, jolloin LTOH:n keruupiirin patteri, eli neulapinta, alkaisi kerätä jäätä ympärilleen. Poistoilmalämpöpumpuksi kohteeseen valittiin suunnitteluvaiheessa Niben F1345. Tällä mallilla on neljä eri teholuokkaa joista valittiin 30 kW . Kuvasta 13 nähdään, että kyseisellä lämpöpumpulla täytetään ohjeiden mukaiset tavoitteet. Kylmäaineena kyseinen lämpöpumppu käyttää R407C:tä. Lämpöpumpun toisiopuolen nimellisvirtaamaksi laitevalmistaja ilmoittaa $0,73 \text{ dm}^3/\text{s}$.



KUVA 13. NIBE F1345-30 lämpöpumpun jäähdytysteho keruupiiriltä tulevan liuoksen lämpötilan mukaan /27/

Kuvasta nähdään jäähdytystehon olevan noin 25 kilowattia, kun lämmönkeruupiiriltä tulevan liuoksen lämpötila on 7 °C. Musta viiva kuvaa arvioitua tilannetta, kun lämpöpumpulla tuotetaan korkeintaan 60 °C vettä lämmitysverkostoon. Kuvan mukaisilla merkinnöillä viivan nimi olisi ”Cooling Cap 60”.

6.3 Lämminvesivaraaja

Poistoilmalämpöpumpun toisiopuolen paluupuolella oleva lämminvesivaraaja mitoitettiin HögforsGST Oy:n Antti Hartmanilta saatujen ohjeiden perusteella /28/. Hän kertoi, että lämpöpumpun alitehoisuudesta, sekä lisälämmön tuottamisesta kaukolämmöllä johtuen, varaajatilavuutta ei tarvita yhtä paljon kuin maalämpöpumppujärjestelmissä.

Myös valittu kompressoriteknikka vaikuttaa varaajatilavuuteen. Käytettäessä on/off periaatteella toimivia kompressoreita, joita maalämmössä usein käytetään, tarvitaan enemmän varaajatilavuutta. PILP-järjestelmissä täytyy säätyvyyden takia kuitenkin käyttää inverter-lämpöpumppuja tai useammalla kompressorilla varustettuja lämpö-

pumppuja. Tästä johtuen varaaja toimii työsäiliönä ja käyttövesi lämmitetään siirtimellä. Alle 60 kilowatin järjestelmässä voidaan hyvin käyttää 500 litran varaajaa. Näin ollen järjestelmään suunniteltiin työsäiliöksi 500 litrainen lämminvesivaraaja.

6.4 Liuospiirin putkisto

Liuospiirin putkiston tilavuusvirraksi laskettiin kaavaa 6 käyttäen:

$$q_v = \frac{2,00(kg/s)}{1044,5(kg/m^3)} = 0,00191 \cdot m^3/s = 1,91 dm^3/s$$

Tämän johdosta liuospiirin putkisto suunniteltiin rakennettavaksi Uponorin 75x7,5 komposiittiputkella, jossa 75 on putken ulkohalkaisija ja 7,5 seinämänpaksuus millimetreinä.

Suunnitellun putkikoon sisähalkaisija on siis kaavan 7 mukaisella laskutavalla:

$$d_s = 75mm - 2 \times 7,5mm = 60mm$$

Näin suunnitellun putkikoon ja virtaamana perusteella nopeudeksi laskettiin kaavalla 8:

$$v = \frac{1,91 \times 10^{-3} m^3/s}{\pi \times (30 \times 10^{-3} m)^2} \approx 0,68 m/s$$

6.5 Paisuntalaitteet

Luvussa 5.3 esitettyä laskutapaa noudattaen laskettiin kalvopaisunta astioiden tilavuu-
det. Taulukossa 2 on esitetty PILP:n toisiopuolelle varaajalta PILP:lle tulevaan paluu-
putkeen asennettavaksi suunnitellun PA:n laskentatiedot ja tulokset.

TAULUKKO 2. PILP:n toisiopuolen paisunta-astian tiedot

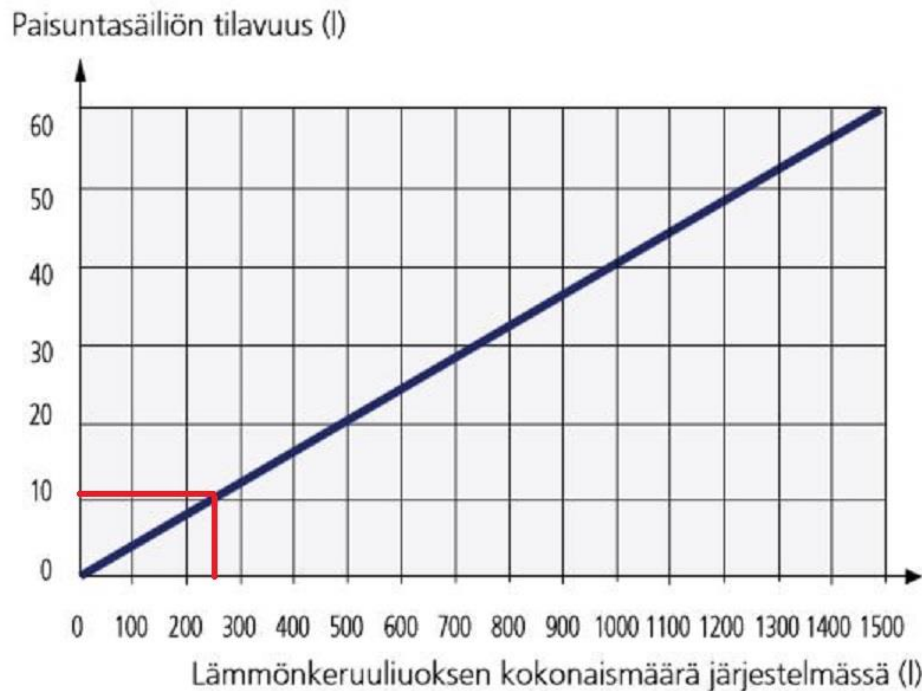
PILP:n toisiopuolen paisunta-astia		
Korkeusero (staattinen paine), P_{st}	125	kPa
Ilmanpaine, P_i	100	kPa
Laitoksen vesitilavuus, V_o	565	dm ³
Lämpölaajenemiskerroin, a	1,71	%
Varoventtiilin avautumispaine, P_{sv}	400	kPa
Enimmäiskäyttöpaine, P_{max}	270	kPa
Paisunta-astian esipaine, P_e	130	kPa
Vähimmäiskäyttöpaine, P_{min}	180	kPa
Kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuus, H_{brutto}	0,518519	
Kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuus, H_{vara}	0,277778	
Kalvopaisunta-astian nettonestetilavuus, H_{netto}	0,240741	
Paisunta-astian mitoituskerroin, K_{mit}	4,153846	
Kalvopaisunta-astian tilavuus, V	40,13238	dm ³
Valittu kalvopaisunta-astian tilavuus, $V_{valittu}$	40	dm ³

Lämpölaajenemiskerroin (a) on valittu RT-kortin LVI-11-10472 taulukosta 3 /19, s. 4/. Paisunta astian kooksi PILP:n toisiopuolelle varaajalta PILP:lle tulevaan paluuputkeen tuli näin ollen 40 dm³. Taulukossa 3 on esitetty lämmönkeruupiiriin suunnitellun PA:n laskentatiedot ja tulokset.

TAULUKKO 3. Lämmönkeruupiirin paisunta-astian tiedot

Lämmönkeruupiirin paisunta-astia		
Korkeusero (staattinen paine), P_{st}	257	kPa
Ilmanpaine, P_i	100	kPa
Laitoksen vesitilavuus, V_o	246,4284	dm ³
Lämpölaajenemiskerroin, a	0,96	%
Varoventtiilin avautumispaine, P_{sv}	500	kPa
Enimmäiskäyttöpaine, P_{max}	360	kPa
Paisunta-astian esipaine, P_e	260	kPa
Vähimmäiskäyttöpaine, P_{min}	310	kPa
Kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuus, H_{brutto}	0,277778	
Kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuus, H_{vara}	0,16129	
Kalvopaisunta-astian nettonestetilavuus, H_{netto}	0,116487	
Paisunta-astian mitoituskerroin, K_{mit}	8,584615	
Kalvopaisunta-astian tilavuus, V	20,30873	dm ³
Valittu kalvopaisunta-astian tilavuus, $V_{valittu}$	20	dm ³

Lämmönkeruupiirin PA:n valittu koko RT-kortin /19/ ohjeiden mukaisella laskutavalla on näin ollen 20 dm³. Lämpöpumpputoimittaja NIBE Energy Systems Oy:llä on WWW-sivuillaan myös diagrammi lämmönkeruupiirin PA:n mitoittamista varten, joka on esitetty kuvassa 14 /20/.



KUVA 14. Paisuntasäiliön tilavuus suhteessa järjestelmän kokonaistilavuuteen käytettäessä 40 % (tilavuusprosenttia) etyleeniglykolia /20/

Valmistajan WWW-sivuilta ei löydy suoraan taulukkoa 30 % vesietyleeniglykoliuoksen paisunta-astian mitoitukselle. Diagrammista saadaan 40 % vesietyleeniglykoliliuoksella PA:n tilavuudeksi hieman yli 10 dm³, kun se RT-kortin mukaan laskettuna oli 20 dm³. Näin ollen voidaan pysyä RT-kortin mukaan lasketussa tuloksessa, eron ollessa alle kymmenen kuutiodesimetriä.

6.6 Hybridilämmönjakokeskus

Mitoituksen lähtötietoina käytettiin olemassa olevan lämmönjakokeskuksen tietoja sekä muita saatavilla olevia tietoja rakennuksesta. Hybridilämmönjakokeskuksen suunnittelussa käytettiin HögforsGST Oy:n asiantuntija-apua. HögforsGST:n lähtötietolomake hybridiLTO-ratkaisuun on esitetty täytettynä liitteessä 2. Hybridilämmönjakokeskuk-

sen mitoistiedot on esitetty tarkemmin taulukossa 4. Tiedot pohjautuu HögforsGST:ltä saatuihin mitoistietoihin räätälöitynä suunniteltavaan kohteeseen. Mitoistaulukko on täytetty opinnäytetyön tilaajan omaan mallipohjaan.

TAULUKKO 4. Hybridilämmönjakokeskuksen mitoistiedot

PROJEKTI:		As Oy Oipinlehto				PÄIVÄYS:		11.04.2016		
						Revisioitu:				
LÄMMÖNJAKOKESKUKSEN LAITTEIDEN MITOITUS										
LÄMMÖNSIIRTIMET	Yksikkö	Käyttövesi LS1.1 & LS1.2			Käyttövesi LS 1.3		Lämmitys LS2		Lämmitys LS3	
Valmistaja		GST/SWEP			GST/SWEP		GST/SWEP		GST/SWEP	
Malli		2xIC16x60			IC28Hx56		IC25Tx50		IC28Hx66	
Teho	kW	279			72		120		36	
		Ensiö	Toisio		Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio
Virtaus	dm ³ /s	1,35	1,40		0,87	1,40	0,46	0,97	0,87	0,97
Lämpötilat	°C	70 - 20	10 - 58		50 - 30	28 - 40,36	115 - 51	50 - 80	50 - 40	38 - 46,9
Painehäviö	kPa	20	22		7,21	16,51	5	10	5	10
Suunnittelupaine	MPa	1,6	1,6		1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Rakenneaine		HFe	HFe		HFe	HFe	HFe	HFe	HFe	HFe
SÄÄTÖVENTTIILIT		TV1.1 ja TV1.2		TV4		TV2.1	TV2.2	TV3		
Valmistaja		Esim Belimo		Esim Belimo		Esim Belimo		Esim Belimo		
Malli		H613S/H620S		H525B		H611S/H614S		H525B		
Virtaus	dm ³ /s	1,35		0,87		0,46		0,97		
Painehäviö	kPa	37,85		9,70		27,99/187498		12,19		
Koko / kvs-arvo	DN / kvs	15/20	1,6/6,3	25	10,0	15/15	0,63/2,5	25	10	
KIERTOVESIPUMPUT		Käyttövesi			Lämmitys					
Valmistaja		WILO			WILO					
Malli		STRATOS-Z 25/1-8			STRATOS 25/1-10					
Virtaus	dm ³ /s	0,30			0,97					
Nostokorkeus	kPa	32/71,3			39,5/83,1					
Mootorin teho	W / A / V	48 /	0,93 /	230	40 /		0,93 /	230		
Paisunta- ja varolaitteet					Lämmitys LS2					
Verkoston tilavuus	dm ³									
Paisuntasäiliön tilavuus / esipaine	dm ³ / kPa				2 kpl		80 dm ³ 150 kPa			
LISÄTIETOJA										
LÄMPÖLAITOKSEN ILMOITTAMA KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA PAINE										
							60 kPa			

Taulukosta nähdään kaikki mitoituslämpötilat lämmönsiirtimille sekä mitoitusvirtaamat. Poistoilmalämpöpumpulla tuotetaan lämpimänkäyttöveden lämmitykseen maksimissaan 50 asteista vettä ja tilojen lämmittämiseen 60 asteista vettä. Säätöventtiileiden mitoistusta käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

6.7 Säätöventtiilit

Tässä luvussa esitettävät esimerkkilaskut ovat esitetty lämpimänkäyttöveden säätöventtiileillä, mutta laskentatapa ei poikkea lämmityksen osalta mitenkään. Sekä lämpimänkäyttöveden että lämmityksen osalta päätettiin käyttää kahta säätöventtiiliä paremman säädön takaamiseksi. Säätöventtiilien mitoistiedot on esitetty taulukossa 4 luvussa 6.6.

Lämmönsiirtimen painehäviö kolmasosalla kokonaisvirtaamasta voidaan laskea kaavan 17 avulla:

$$\Delta p_{siirtin,1/3} = \frac{20kPa}{3^2} \approx 2,22kPa$$

Putkiston painehäviö sisältää putkistovarusteet pois lukien säätöventtiilejä. Putkiston painehäviö kolmasosalla kokonaisvirtaamasta voidaan laskea kaavan 18 mukaan.:

$$\Delta p_{putkisto,1/3} = \frac{5kPa}{3^2} \approx 0,56kPa$$

Säätöventtiiliin paine-ero mitoitus tilanteessa voidaan nyt laskea yhtälöä 16 käyttäen, kun lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero on 60 kPa:

$$\Delta p_{1,1} = 60kPa - 2,22kPa - 0,56kPa = 57,22kPa = 0,57bar$$

jossa.

q_v = ensiöpuolen mitoitusvirtaaman kolmasosa (m^3/h)

Δp = säätöventtiilin mitoituspaine-ero (bar)

Säätöventtiilin TV1.1 k_v -arvo voidaan nyt laskea yhtälöä 19 käyttäen:

$$k_{v,1,1} = \frac{1,63m^3/h}{\sqrt{0,57bar}} \approx 2,86m^3/h$$

Säätöventtiilin TV1.1 k_{vs} -arvoksi valitaan $2,5 m^3/h$.

Seuraavaksi täytyy laskea mikä olisi säätöventtiilin k_v -arvo, jos käytettäisiin vain yhtä säätöventtiiliä. Ensin lasketaan säätöventtiiliin paine-ero mitoitus tilanteessa hyödyntäen kaavaa 16.

$$\Delta p = 60kPa - 20kPa - 5kPa = 35kPa = 0,35bar$$

Tämän jälkeen voidaan laskea k_v -arvo yhdelle venttiilille käyttäen kaavaa 19.

$$k_v = \frac{4,86m^3/h}{\sqrt{0,35bar}} \approx 13,89m^3/h$$

Vaikka tässä työssä päätettiin alusta asti käyttää kahta säätöventtiiliä hyvän säädön takaamiseksi, niin K1 ohjeen mukaan tämä tilanne olisi tullut pakolliseksi joka tapauksessa, koska k_{vs} -arvoksi tulisi yhdellä säätöventtiilillä yli $6,3 m^3/h$. Nyt voidaan yhden säätöventtiilin k_v -arvosta vähentää säätöventtiilin TV1.1 k_{vs} -arvo, jolloin saadaan k_v -arvo säätöventtiilille TV1.2.

$$k_{v1.2} = 13,89m^3/h - 2,5m^3/h = 11,39m^3/h$$

Valitaan säätöventtiilin TV1.2 k_{vs} -arvoksi $10 m^3/h$. jossa, Δp_{sv} = on venttiiliyhdistelmän todellinen painehäviö (bar)

Venttiiliyhdistelmän todellinen painehäviö on siis:

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{4,86m^3/h}{2,5m^3/h + 10m^3/h} \right)^2 \approx 0,15bar$$

Venttiiliyhdistelmän vaikutusasteeksi tulee näin ollen:

$$\beta = \frac{0,15bar}{0,6bar} = 0,25$$

Säätöventtiilin tai venttiiliyhdistelmän vaikutusasteen tulee kuitenkin olla yli 0,5. Tästä johtuen vaihdetaan molempien säätöventtiilien k_{vs} -arvoiksi seuraavaksi pienempi arvo. Tarkistetaan todellinen painehäviö uusilla k_{vs} -arvoilla hyödyntäen kaavaa 20:

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{4,86m^3/h}{1,6m^3/h + 6,3m^3/h} \right)^2 \approx 0,38bar$$

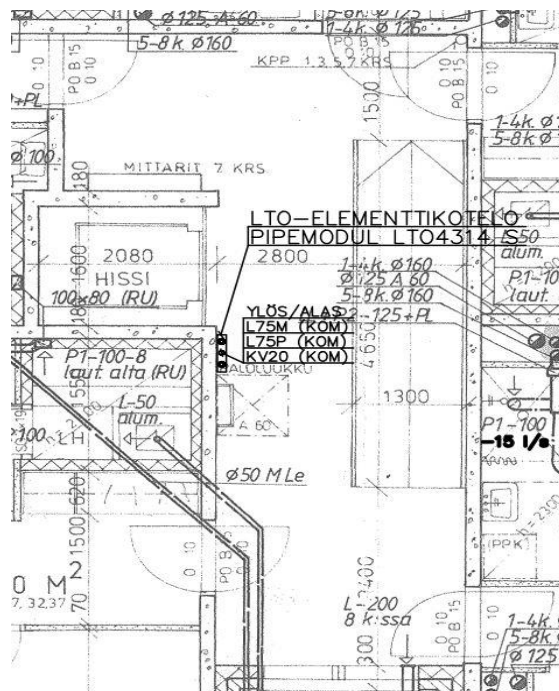
Tarkistetaan vaikutusaste uudestaan lasketulla todellisella painehäviöllä:

$$\beta = \frac{0,38bar}{0,6bar} = 0,63$$

Uudestaan valituilla k_{vs} -arvoilla vaikutusasteeksi saadaan 0,63, joka on suurempi kuin vaadittu 0,5. Valitaan venttiilin TV1.1 k_{vs} -arvoksi siis 1,6 m³/h ja venttiilin TV1.2 6,3 m³/h. Samaa laskentatapaa käyttäen on laskettu lämmityksen säätöventtiilien k_{vs} -arvot, jotka on esitetty taulukossa 4.

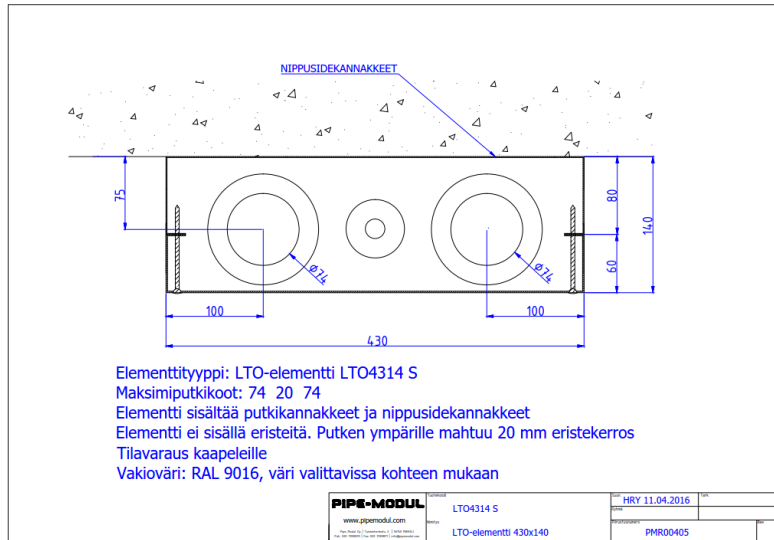
6.8 Tilavaraukset

Tarvittavien laitteiden ja putkistojen sijoitus rakennukseen oli osa suunnittelutyötä. Lämmönkeruupiirin putkisto suunniteltiin vietävän valmiissa LTO-elementissä rakennuksen porraskäytävässä. Samaan koteloon sijoitettiin myös LTO-huippuimurin pesua varten katolle vietävä kylmävesiputki. Toinen vaihtoehto putkiston sijoitukselle olisi ollut rakennuksen ulkoseinä. Halukkaille urakoitsijoille annettiin lupa tehdä vaihtoehtoinen tarjous myös tällä vaihtoehdolla. Suunniteltu putkielementin paikka on esitetty kuvassa 15.



KUVA 15. LTO-elementin sijoitus porraskäytävään seinälle

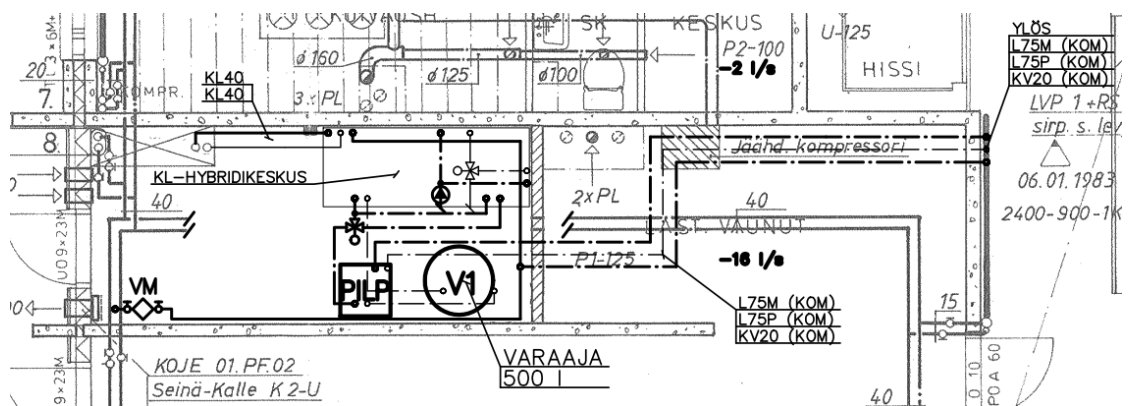
LTO-elementille löytyi hyvin tilaa hissien viereiseltä seinustalta, jota pitkin se voidaan kuljettaa kaikkien asuinkerrosten läpi katolle asti. Elementiksi suunniteltiin Pipemodulin malli LTO4314 S, joka on esitetty tarkemmin kuvassa 16.



KUVA 16. Suunniteltu LTO-elementti

Kuvasta huomataan, että samassa elementissä on tarkoitus viedä LTOH:n pesua varten suunniteltu kylmävesiputki katolle.

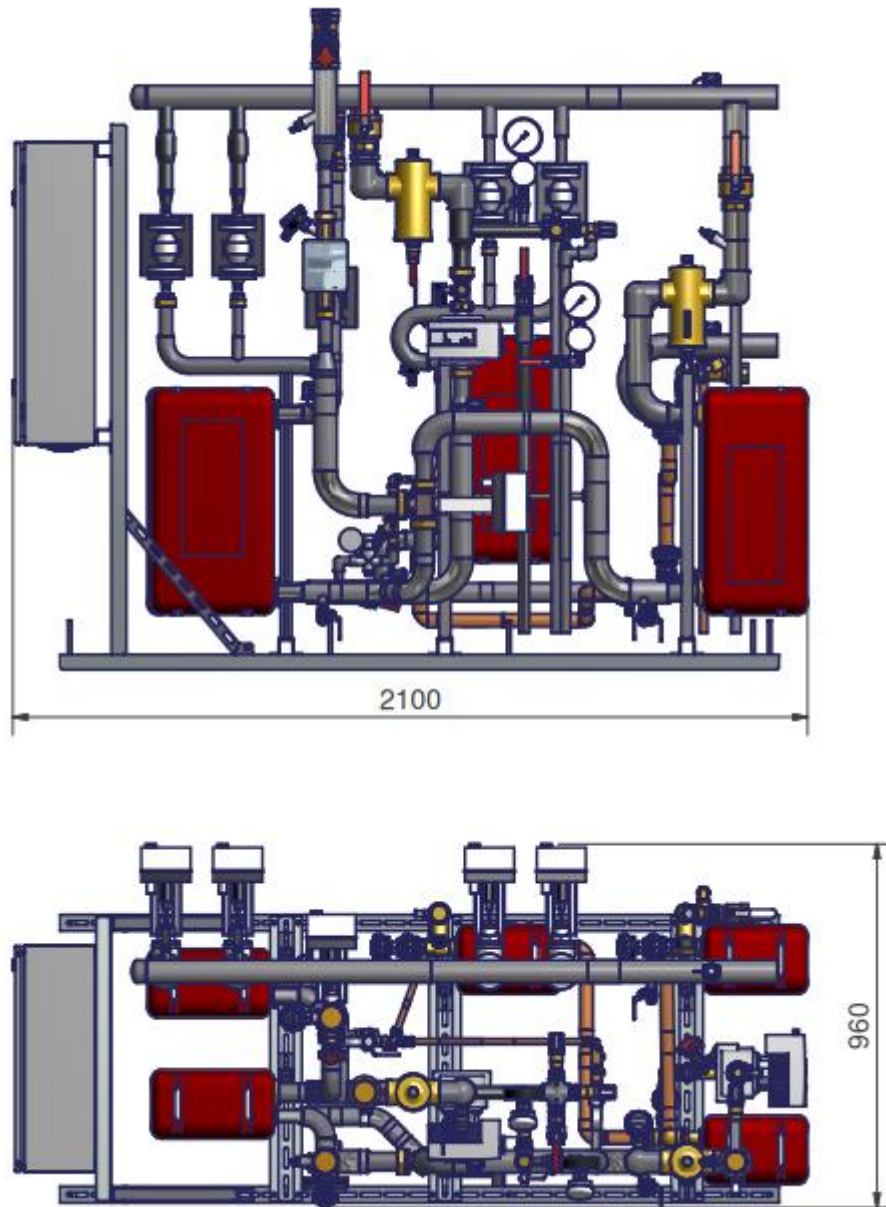
Muu laitteisto, LTO-huippuimuria lukuun ottamatta, suunniteltiin asennettavaksi ole-massa olevaan lämmönjakohuoneeseen. Tarkemmat laitteiden ja putkiston tilavaraukset on esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. PILP laitteiston sijoitus lämmönjakohuoneeseen

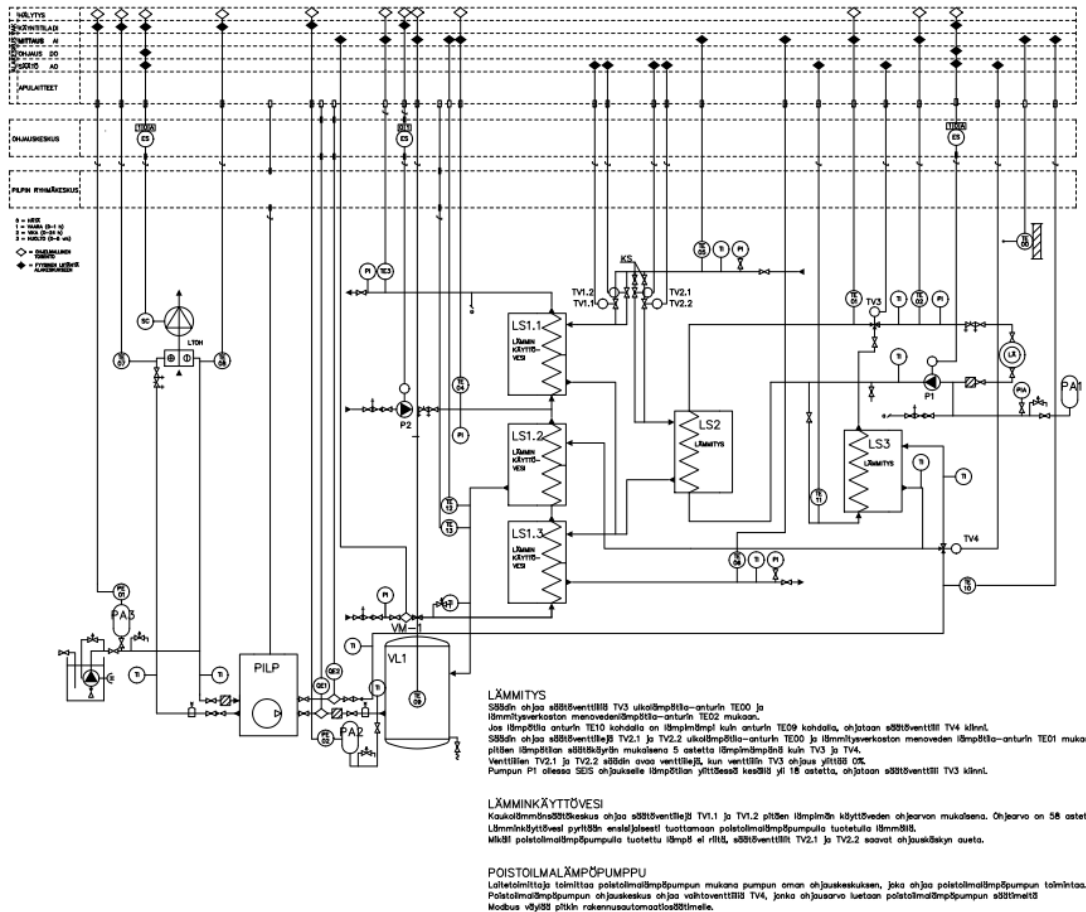
Lämminvesivaraaja suunniteltiin asennettavaksi lämmönjakohuoneen ovelta katsottuna oikeaan takanurkkaan. Lämpöpumppu tulisi lämminvesivaraajan viereen. Hybridilämmönjakokeskus sijoitettiin suunnitelmissa luonnollisesti vanhan kaukolämpökeskuksen

paikalle. Kuvassa 18 on esitetty tarkemmin hybridilämmönjakokeskuksen mitat. Lämmönkeruupiirin putkisto kuljetetaan pyörävaraston katossa porraskäytävään ja siitä edelleen katolle, kuten aiemmin tässä luvussa mainittiin.



KUVA 18. Hybridilämmönjakokeskus edestä ja päältä kuvattuna /29/

LTO-huippuimuri sijoitettiin suunnitelmissa olemassa olevan huippuimurin paikalle. Katolla kulkeva lämmönkeruupiirin putkisto kuljetettiin kattuhuoneen seinän vieressä ulos LTOH:lle. Kulku katolle tapahtuu myös tämän huoneen kautta. Tarkemmin laitteiden sijoitus katolle on esitetty kuvassa 19.



KUVA 20. Kohteeseen räätälöity säätökaavio

Säätökaavio räätälöitiin HögforsGST:n toimittamasta hybridilämmönjakokeskuksen säätökaaviosta sekä muiden laitevalmistajien tietojen pohjalta kohteeseen sopivaksi. PILP:llä tuotettua lämpöenergiaa ohjataan lämmönsiirtonesteen välityksellä vaihtventtiilin TV4 kautta tilojen lämmitykseen sekä lämpimänkäyttöveden lämmittämiseen. Lämpöpumppu sisältää itsessään kaksi kappaletta kiertopumppuja. Liitteessä 3 on esitetty säätökaaviossa esitettyjen laitteiden tiedot.

7 SAADUT TARJOUKSET

7.1 Tarjousten sisältö

Tarjouksia saatiin riittävästi kunnollisen vertailun suorittamiseksi. Tässä työssä ei mainita yritysten nimiä, vaan tarjouksista puhutaan numeroidussa muodossa. Tarjouksia pyydettiin lähialueen putki- ja ilmastointiurakoitsijoilta sekä lämpöpumppu toimittajilta.

Laskenta vaiheessa urakoitsijoilta tuli kysymyksiä vaihtoehtoisista putkireiteistä, järjestelmän komponenteista sekä järjestelmän vaihtoehtoisesta liittämisestä vanhaan kaukolämpökeskukseen. Urakoitsijoille annettiin lupa jättää myös vaihtoehtoisia tarjouksia suunnitelmien mukaisten tarjousten rinnalle. Näin päästiin vertailemaan myös eri ratkaisumallien hintavaikutuksia urakan kokonaishintaan. Saatujen tarjousten sisältöä on vertailtu taulukossa 5.

	<u>Tarjous 1</u>	<u>Tarjous 2</u>	<u>Tarjous 3</u>	<u>Tarjous 4</u>	<u>Tarjous 5</u>	<u>Tarjous 6</u>	<u>Tarjous 7</u>
<u>Lämpöpumppu</u>	NIBE 1345-30	NIBE 1345-30	NIBE 1345-30	NIBE 1345-30	NIBE 1345-40	NIBE 1345-40	Thermia M
<u>LTO-huippuimuri</u>	KOJA	RETERMIA	PILPIT 20U	PILPIT 20U	PILPIT 20U	PILPIT 20U	RSP1000SP
<u>Putkiston sijoitus</u>	Sisällä	Sisällä	Sisällä	Ulkona	Sisällä	Ulkona	Sisällä
<u>Varaaja</u>	1000 l	500 l	500 l	500 l	500 l	500 l	500 l
<u>Kaukolämpökeskus</u>	Ei uusita	GEBWELL	HögforsGST	HögforsGST	HögforsGST	HögforsGST	HögforsGST

TAULUKKO 5. Saatujen tarjousten sisältö

Kuten tarjouksien sisällöstä nähdään, niin tarjoukset sisältävät paljon vaihtoehtoisia laitteita. Vain yhdessä tarjouksessa on käytetty suunnitelmien mukaista LTO-huippuimuria. Myös liuospiirin putkireittien muutosta on esitetty kahdessa tarjouksessa. Eniten pyydetyistä poikkeaa tarjous numero 1, jossa kaukolämmönalajakokeskusta ei uusittaisi, vaan tarjous on laskettu siten, että PILP-järjestelmä kytketään vanhaan keskukseen. Kytkentätapaa ei urakoitsija tarjouksessaan esittänyt ja näin ollen sen vaatimusten mukaisuudestaan ei ole täyttä varmuutta tässä vaiheessa. Tarjoukset sisältävät eri urakoitsijoiden tarjouksia sekä osin samojen urakoitsijoiden vaihtoehtoisia tarjouksia.

7.2 Hintavertailu

Saatujen tarjousten halvin arvolisäverollinen hinta oli 61 258,00 € ja kallein 135 000 €. Eroa halvimman ja kalleimman tarjouksen välillä on siis 73 742 €. Toki on huomattava, että myös tarjousten sisällöissä on huomattavia eroja keskenään, kuten edellisessä kappaleessa on mainittu. Taulukossa 6 on esitetty tarkemmin tarjousten sisältämiä hintoja.

TAULUKKO 6. Saatujen tarjousten hintavertailu

	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4	Tarjous 5	Tarjous 6	Tarjous 7
Perushinta	61 258,00 €	82 024,00 €	99 500,00 €	96 400,00 €	101 500,00 €	98 400,00 €	135 000,00 €
Uusi kaukolämpökeskus	EI	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY
Automaatiotyöt	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY	SISÄLTYY
Etävalvonta	EI	EI	3 700,00 €	3 700,00 €	3 700,00 €	3 700,00 €	SISÄLTYY
IV-mittaus ja -säätö	EI	EI	4 400,00 €	4 400,00 €	4 400,00 €	4 400,00 €	EI
Kokonaishinta	61 258,00 €	82 024,00 €	107 600,00 €	104 500,00 €	109 600,00 €	106 500,00 €	135 000,00 €

Tarjous 1 on hinnaltaan selvästi halvin, mutta ei sisällä uutta hybridilämmönjakokeskusta. Kallein tarjous on tarjous numero 7. Tästä tarjouksesta voidaan kuitenkin todeta, että kyseessä on jo tehtaalla yhteen sovitettu kokonaisuus, joten sen toimivuus ja komponenttien kommunikointi keskenään on varmistettu.

8 SAADUT TULOKSET JA KANNATTAVUUS

8.1 Normeeratut kulutukset

Ilmatieteenlaitoksen www-sivuilta /30/ saadaan Kouvolan normaalivuoden lämmitys- tarveluvuksi 4392 vertailupaikkakunnan ollessa Lahti. Samalta sivulta löydetään jokaisen vuoden toteutuneet lämmitystarveluvut ja kaavojen 3 ja 4 avulla voidaan normeeratut energiankulutukset esittää taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Normeeratut energiankulutukset 2011-2015

Vuosi	Q_{kok} (MWh)	$V_{\text{käyttövesi}}$ (m ³)	V_{kv} (m ³)	Q_{kv} (MWh)	S_{N} vpkunta	$S_{\text{toteutunut}}$ vpkunta	Q_{norm} (MWh)
2011	350	3782	1512,8	87,7	4392	3926	381,1
2012	393	3102	1240,8	72,0	4392	4427	390,5
2013	337	3053	1221,2	70,8	4392	4023	361,4
2014	335	3274	1309,6	76,0	4392	4073	355,3
2015	318	3286	1314,4	76,2	4392	3662	366,2
		Keskiarvo (5 vuotta)		76,5	Keskiarvo (5 vuotta)=		370,9

Yhden vuoden keskiarvoksi saatiin viiden vuoden jaksolta normeeratuilla kulutuksilla laskettuna 370,9 MWh. Yhtä lämmitetty neliometriä kohden lämmitysenergian kulutus voidaan laskea siis olevan:

$$Q_{\text{norm}/m^2} = 370900 \text{ kWh} / 3229 \text{ m}^2 = 114,9 \text{ kWh} / \text{m}^2, a$$

Tätä arvoa voidaan käyttää rakennuksen normaalina vuosittaisena tilojenlämmityksen energiankulutuksena. Käyttöveden lämmittämiseen kulutettu lämmitysenergia viiden vuoden tarkastelujaksolla oli keskimäärin 76,5 MWh. Tällöin yhtä lämmitettyä neliometriä kohden lämpimänkäyttöveden lämmittämiseen kulutettu energia oli:

$$Q_{lkv/m^2} = 76500kWh,a / 3229m^2 = 23,7kWh/m^2, a$$

Käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia neliometriä kohden vuodessa on siis 23,7 kWh/m². Yhteensä tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen kulutettu vuosittainen energia lämmitettyä neliometriä kohden on siis:

$$Q_{lämmitys+lkv} = Q_{norm/m^2} + Q_{lkv/m^2} = (114,9 + 23,7)kWh/m^2, a = 138,6kWh/m^2, a$$

Yhteensä lämmitysenergiaa tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen vuodessa lämmitettyä neliometriä kohden kuluu siis 138,6 kWh/m²,a.

8.2 Säästöt

Poistoilmalämpöpumpun SFP-luku voidaan arvioida energialaskentaoppaan /21/ avulla taulukon 8 mukaisesti.

TAULUKKO 8. Poistoilmalämpöpumpun tilojen ja käyttöveden lämmityksen SPF-lukuja /21, s.11-12/

Poistoilmalämpöpumppu	SPF-luku
Jäteilman minimi lämpötila °C	
-3	2,4
1	2,1
3	2,0
5	1,9

Työssä käytettiin mitoitusvaiheessa jäteilman minimilämpötilana 4,3 °C. Tätä vastaava SPF-luku saadaan interpoloimalla taulukosta:

$$SPF_{4,3} = 2,0 - \frac{2,0 - 1,9}{20} \times 13 = 1,935$$

SPF-luvuksi poistoilman minimilämpötilalla 4,3 °C saadaan 1,935. Tämän jälkeen voidaan PILP:n tuottama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden energiatarpeesta ratkaista interpoloimalla taulukosta 9. Tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia on laskettu luvussa 8.1.

TAULUKKO 9. PILP:n tuottama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden energiatarpeesta /21, s. 9/

Q _{lämmitys,tilat,lkv} kWh/m ² ,a	Q _{LP} /Q _{lämmitys,tilat,lkv}				
	SPF = 2,0				
	T _{jäte} -3°C	T _{jäte} 1°C	T _{jäte} 3°C	T _{jäte} 4,3°C	T _{jäte} 5°C
100	0,99	0,95	0,9	0,86	0,84
138,6	0,86	0,77	0,71	0,68	0,65
150	0,82	0,72	0,66	0,62	0,6
200	0,66	0,56	0,51	0,48	0,46
250	0,55	0,46	0,41	0,38	0,37

PILP:n tuottama osuus lämmitysenergian tarpeesta on interpoloitu ja osuudeksi saatiin 68 %.

Näin lisälämmityksen tarpeeksi tilojen lämmityksen osalta saadaan kaavan 22 avulla:

$$Q_{\text{lisälämmitys,tilat}} = (1 - 0,68)370,9\text{MWh} = 118,7\text{MWh}$$

Lisälämmityksen tarpeeksi lämpimän käyttöveden osalta saadaan kaavan 23 avulla:

$$Q_{\text{lisälämmitys,LKV}} = (1 - 0,68)76,5\text{MWh} = 24,5\text{MWh}$$

PILP:llä tuotettava energia tilojen lämmitystä varten on kaavaa 24 käyttäen:

$$Q_{\text{LP,lämmitys,tilat}} = 370,9\text{MWh} - 118,7\text{MWh} = 252,2\text{MWh}$$

PILP:llä tuotettava energia lämpimän käyttöveden lämmitystä varten on puolestaan kaavaa 25 käyttäen:

$$Q_{\text{LP,lämmitys,LKV}} = 76,5\text{MWh} - 24,5\text{MWh} = 52\text{MWh}$$

Näin PILP:n ostoenergiankulutukseksi kaavalla 26 laskettuna saadaan:

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = \frac{252,2}{1,935} + \frac{52}{1,935} = 157,2 \text{ MWh}$$

Liitteestä 2 voidaan nähdä, että kaukolämmön hintana on käytetty tässä työssä isännöitsijältä saatuihin tietoihin perustuen 60,40€/MWh ja sähkön hintana siirtomaksuineen ja veroineen 13snt/kWh. Nyt voidaan laskea PILP:lla säästetyn kaukolämmön hinta vuodessa sekä PILP:n kuluttaman sähkön hinta vuodessa. Poistoilmalämpöpumpulla säästetyn kaukolämmön hinta on siis:

$$\text{Kaukolämpö} / a = (252,2 \text{ MWh} / a + 52 \text{ MWh}) \times 60,40 \text{ €} / \text{MWh} = 18373,68 \text{ €} / a$$

Poistoilmalämpöpumpun kuluttaman sähköenergian hinta puolestaan on:

$$\text{Sähköenergia} / a = 157200 \text{ kWh} / a \times 0,13 \text{ €} / \text{kWh} = 20436,00 \text{ €} / a$$

Sähkölaitokselta tarkastetulla sähkön hinnalla kyseisessä kohteessa viimeisen 12 kuukauden aikana PILP:n kuluttaman sähköenergian hinta puolestaan olisi:

$$\text{Sähköenergia} / a = 157200 \text{ kWh} \times 0,1276 \text{ €} / \text{kWh} = 20058,72 \text{ €} / a$$

Kuten huomataan, on PILP:n kuluttaman sähkön hinta enemmän kuin säästetyn kaukolämmön hinta. Näin saatu voitto PILP:n asennuksesta voidaan laskea käyttäen kaavaa 27:

$$\text{Kaukolämpö} / a - \text{Sähköenergia} / a = 18373,68 \text{ €} / a - 20058,72 \text{ €} / a = -1685,04 \text{ €} / a$$

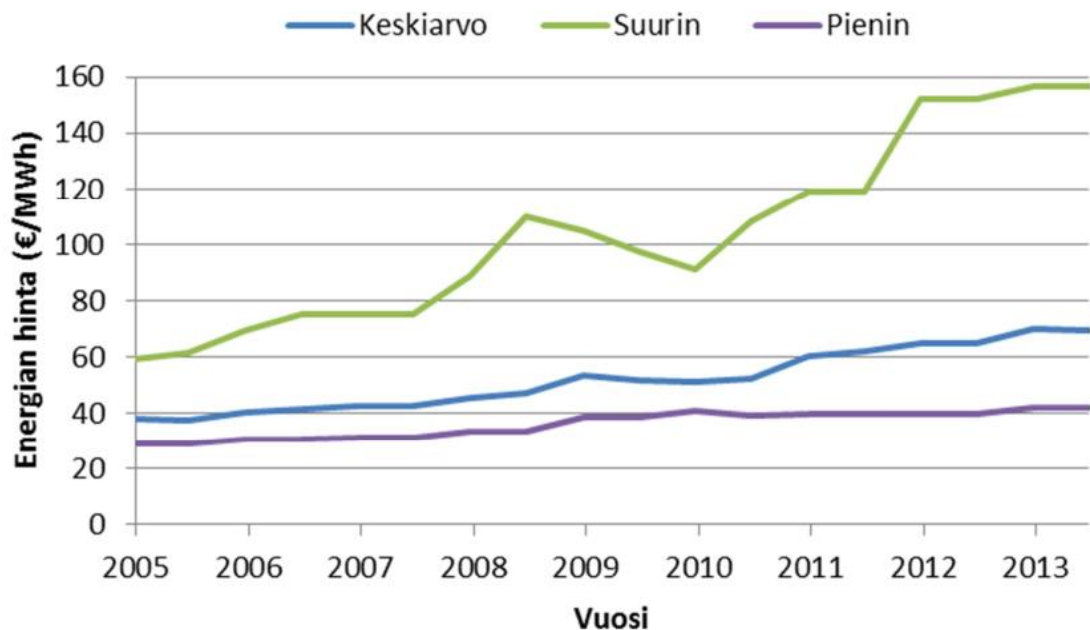
Voiton ollessa negatiivista tarkoittaa tämä sitä, että kiinteistön energiakustannukset nousisivat PILP:n asennuksen jälkeen tällä laskentamenetelmällä. Tarkastellaan seuraavaksi mikä tulisi olla kaukolämmön hinta yhtä megawattituntia kohden jotta päästäisiin nollan tulokseen. Merkitään kaukolämmön hinta yhtälöön y:llä:

$$(252,2 \text{ MWh} + 52 \text{ MWh}) \times y \text{ €} / \text{MWh} = 20058,72 \text{ €}$$

Ratkaistaan tästä johtamalla y:n arvo:

$$y = \frac{20058,72\text{€}}{252,2\text{MWh} + 52\text{MWh}} = 65,94\text{€}$$

Kaukolämmön hinnan tulisi olla 65,94€/MWh, jotta kiinteistössä käytettävän lämmitykseen kuluvan energian hinta olisi sama PILP-laitteiston asentamisen jälkeen kuin ennen asentamista. Mikäli hinta nousisi yli tämän, alkaisi laitteisto tuottaa säästöä. Samalla tavalla voitaisiin ratkaista tarvittava sähkön hinnan putoaminen nollatulokseen pääsemiseksi. Kuvasta 21 voidaan nähdä kaukolämmön hinnankehitystä Suomessa vuosina 2005-2013 /10, s. 9/.



KUVA 21. Kaukolämmön hintakehitys Suomessa /10, s. 9/

Vuonna 2013 kaukolämmönkeskihinta Suomessa on ollut noin 70 euroa/MWh. Tällä kaukolämmön hinnalla laitteistolla saataisiin tutkittavana olevassa kohteessa tuottoa myös D5-taustamateriaaleista löytyvän lämpöpumppujen energialaskentaoppaan /21/ laskentamenetelmällä.

Tarkastellaan vielä erään tarjouksen liitteenä tulleen säästölaskelman mukaisia säästöjä. Urakoitsija ilmoittaa PILP:n vuodessa tuottamaksi lämmitysenergian määräksi 296,23 MWh ja laitteen kuluttamaksi verkosta otetun sähköenergian määräksi 76862 kWh. Arvioita voidaan pitää uskottavina verrattaessa niitä VTT:n tutkimukseen, jossa on kerätty

tietoja 13 eri kohteesta /10, s.23-24/. Urakoitsijan ilmoittaman poistoilmalämpöpumpulla säästetyn kaukolämmön vuotuinen hinta on siis:

$$\text{Kaukolämpö} / a = 296,23\text{€} \times 60,40\text{€} / \text{MWh} = 17892,29\text{€}$$

Ja poistoilmalämpöpumpun kuluttaman sähköenergian hinta vuodessa puolestaan on:

$$\text{Sähköenergia} / a = 76862\text{kWh} \times 0,1276\text{€} / \text{kWh} = 9807,59\text{€}$$

Nyt lämpöpumpun vuotuinen säästö voidaan laskea kaavaa 27 käyttäen:

$$\text{Kaukolämpö} / a - \text{Sähköenergia} / a = 17892,29\text{€} - 9807,59 = 8084,7\text{€} / a$$

Erään urakoitsijan ilmoittamilla kulutuslukemilla vuotuinen säästö olisi siis 8084,7 €/a.

8.3 Takaisinmaksuajat

Koska D5:n liitemateriaalin energialaskentaoppaan /21/ mukaan vuotuisesta nettotuotosta tuli negatiivista käytetään takaisinmaksuajan laskemisessa erään urakoitsijan ilmoittamilla kulutus- ja tuottolukemilla laskettua vuotuista nettotuottoa, joka oli 8084,70€. Tämän urakoitsijan tarjoama urakkahinta eli investointiin sijoitettava pääoma oli 98400,00€. Näin takaisinmaksuajaksi yksinkertaisella tavalla laskettuna saadaan:

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{98400,00\text{€}}{8084,70\text{€} / \text{vuosi}} \approx 12,2\text{vuotta}$$

Urakoitsijan ilmoittamilla kulutus- ja tuottolukemilla takaisinmaksuajaksi yksinkertaisella laskentamenetelmällä saadaan noin 12,2 vuotta.

Oletetaan korkokannan olevan 2,5 %. Näin korollinen takaisinmaksuaika voidaan laskea yhtälöä 29 käyttäen:

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\ln\left(\frac{8084,70\text{€}}{8084,70\text{€} - 98400,00\text{€} \times 0,025}\right)}{\ln(1 + 0,025)} = 14,7\text{vuotta}$$

Korolliseksi maksuajaksi saadaan 14,7 vuotta. Näin ollen voidaan todeta, että vaikka rakennus on aika optimaalinen poistoilmalämpöpumppujärjestelmän asennukselle, venyvät takaisinmaksuajat yli kymmenen vuoden nykyisillä sähkön ja kaukolämmön hinnoilla. Takaisinmaksuajoissa ei ole huomioitu, että kaukolämmön perusmaksu voi mahdollisesti laskea seuraavan tarkastelujakson aikana, mikä luonnollisesti lyhentäisi takaisinmaksuaikaa. Myöskään kaukolämmön mahdollista hinnan nousua ei ole huomioitu.

8.4 Taloyhtiölle ehdotetut toimenpiteet

Kilpailutuksen jälkeen taloyhtiölle ja sen edustajille ilmoitettiin saaduista tarjouksista. Heille kerrottiin, että mahdolliset jatkotoimenpiteet ovat kutsua esimerkiksi kolmen edullisimman tarjouksen jättänyttä urakoitsijaa urakkaneuvottuihin, joissa voidaan vielä tarkentaa tarjouksien sisältöä ja pyytää lisälaskelmia. Myös kalleimman tarjouksen jättänyt urakoitsija voitaisiin kutsua neuvotteluihin tarjouksen toisenlaisen lähestymistavan vuoksi ja tarkistaa mahdollisuus tarkentaa urakkahintaa. Toinen vaihtoehto on kilpailuttaa urakkaa uudelleen pidemmällä laskenta-ajalla. Tämä asia täytyy neuvotella taloyhtiön edustajiston kanssa.

Taloyhtiötä kuitenkin suositellaan kilpailuttamaan urakka vielä uudelleen pidemmällä laskenta-ajalla lisätarjousten saamiseksi ja jo saatujen tarjousten tarkentamiseksi. Lisätarjousten saannista ei ainakaan olisi haittaa tässä tilanteessa. Taloyhtiötä suositellaan myös käyttämään konsultoivaa yritystä jatkossakin PILP-järjestelmän urakkaneuvotteluissa ja itse toteutusvaiheessa asioiden sujuvuuden varmistamiseksi.

9 POHDINTA

Työn alkuperäisenä tavoitteena oli mitoittaa ja suunnitella poistoilmalämpöpumppujärjestelmä asuinkerrostaloon ja vertailla urakan kilpailutuksesta saatuja tarjouksia mahdollisimman kattavasti. Tähän tavoitteeseen päästiin. Tarjouksia olisi voinut tulla enemmänkin, mutta hieman tiukan aikataulun johdosta osa urakoitsijoista ei ehtinyt laskemaan tarjouksia. Tähän vaikutti osaltaan myös keväinen vuodenaika, jolloin urakoitsijoilla on yleisesti paljon tarjouksia laskettavana.

Tarjousten vertailu ei edes valmiiden suunnitelmien mukaan annetuilla tarjouksilla osoittautunut aivan yksinkertaiseksi. Urakoitsijat pyrkivät usein käyttämään eri laitevalmistajien laitteita suunnitelmista poiketen. Tällöin muuttuvat hieman myös mitoituspisteet, mikä tekee tarjouksien ja niiden kannattavuuksien vertailusta hankalaa ja työlistävää.

Tarjousten vertailun ohessa tehtiin mielenkiintoisia havaintoja liittyen kaukolämmön suhteellisen alhaisen hinnan vaikutukseen poistoilmalämpöpumppujen vuotuisiin tuottoihin ja takaisinmaksuaikoihin Kouvolan alueella. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taustamateriaalin laskentaoppaan /26/ mukaisella laskentamenetelmällä ei ole taloudellisesti järkevää asentaa poistoilmalämpöpumppuja Kouvolan alueella. Muuten laitteiston mahdollisiin hyötyihin tai haittoihin laskentaopas ei ota kantaa. Erään tarjouksen liitteenä tulleen säästölaskelman mukaisilla säästö- ja kulutustiedoilla saatiin takaisin maksu ajoiksi yksinkertaisella menetelmällä 12,2 vuotta ja korollisella menetelmällä 14,7 vuotta. Nämäkin ajat ovat suhteellisen pitkiä.

Opinnäytetyötä voisi jatkaa tutkimalla työn toteutusta urakkaneuvotteluista eteenpäin aina toteutukseen ja toteutuneisiin kustannuksiin asti. Olisi myös mielenkiintoista tehdä tutkimuksia ja laskelmia, kuinka aurinkopaneeleiden lisääminen järjestelmään vaikuttaa takaisinmaksu aikaan, kun voitaisiin omavaraisesti tuottaa sähköenergiaa poistoilmalämpöpumppujärjestelmälle. Työn aikana on myös vastaan monesti tullut kaksi toisistaan poikkeavaa tapaa lähestyä poistoilmalämpöpumppu järjestelmää. Toiset rakentavat järjestelmän täysin toisistaan riippumattomista komponenteista ja toiset taas jo tehtaalla yhteen sovitetusta järjestelmästä. Olisi mielenkiintoista tutkia, kuinka tällaiset järjestelmät eroavat toisistaan toteutettuina kustannusten ja säästöjen osalta.

Saatujen tulosten perusteella ei tällä hetkellä voi mielestäni varauksetta suositella poistoilmalämpöpumpun asentamista kerrostaloihin Kouvolan alueella. Jokainen kohde vaatii tutkimista ja laskelmien tekemistä ennen toteutusta. Energian hinnat ovat kuitenkin alttiita muutoksille, joka voi muuttaa tilannetta nopeastikin. Vaikka asunto-osakeyhtiö ei juuri tällä hetkellä suunnittelisikaan koko poistoilmalämpöpumppujärjestelmän asentamista tai suunnittelemista, niin kannattaa asiaa ainakin tutkia esimerkiksi kaukolämmönalajakokeskuksen uusimisen yhteydessä. Tällä hetkellä on jo saatavilla sellaisia

keskuksia, jotka on helppoa toteutuessaan muuttaa yhteen sopiviksi PIPL-järjestelmän kanssa. Tämä on mielestäni erittäin varteen otettava vaihtoehto.

LÄHTEET

1. Perälä, Rae. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. Helsinki: Alfamer/Karisto Oy. 2013.
2. Happonen, Taito. Ilmalämpöpumpun toiminta ja asennus. Kuopio: Kopijyvä Oy. 2010.
3. Seppänen, Olli. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry. 2001.
4. Hakala, Pertti; Kaappola, Esko. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus. 2013.
5. Ympäristöministeriö. D2 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf
6. Näin toimii poistoilmalämpöpumppu. 2016. Verkkodokumentti. NIBE Energy Systems Oy. <http://www.nibe.fi/tuki/lampopumppu-toiminta/poistoilma/poistoilma/>. Päivitetty 28.4.2016. Luettu 28.4.2016.
7. Motiva Oy. Poistoilmalämpöpumppu. Yrityksen WWW-sivut. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat. Päivitetty 28.4.2016. Luettu 28.4.2016.
8. Ota hukkalämpö talteen – tee ympäristöteko, joka kannattaa myös taloudellisesti. 2012. PDF-dokumentti. http://naavatar.fi/wp-content/uploads/2012/09/naavatar_esite_K_LR.pdf
9. Ilmanvaihdon parantaminen Mobair-laitteilla. 2016. Verkkodokumentti. Mobair. <http://www.mobair.fi/ilmanvaihdon-parantaminen-mobair-toimintaporiaate>. Päivitetty 28.4.2016. Luettu 28.4.2016.

10. Rämä, Miika, Niemi, Rami & Similä Lassi 2015. Poistoilmalämpöpumput kauko-lämpöjärjestelmässä. PDF-dokumentti. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-CR-00564-15.pdf>.
11. Rakennusten kaukolämmitys K1. 2013 Energiateollisuus ry. http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_20140509.pdf. Päivitetty 9.5.2014.
12. Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Suomen LVI-liitto ry. 1996.
13. Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Suomen LVI-liitto ry. 2004.
14. Retermia Oy. 2012. LTO-Huippuimuri (LTOH). PDF-dokumentti. http://www.retermia.fi/wp-content/uploads/2012/01/LTOH_www.pdf. Päivitetty 3.8.2012. Luettu 29.4.2016.
15. Retermia Oy. 2012. Retermia lämmönsiirtimien pesuohje. PDF-dokumentti. <http://www.retermia.fi/html/kuvat/paino/Pesuohje.pdf>. Päivitetty 17.1.2012. Luettu 29.4.2016
16. Motiva Oy. Mitä ovat lämmitystarveluvut? Yrityksen WWW-sivut. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/mita_ovat_lammitystarveluvut. Päivitetty 3.5.2016. Luettu 3.5.2016
17. Motiva Oy. Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. Yrityksen WWW-sivut. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus. Päivitetty 3.5.2016. Luettu 3.5.2016
18. Motiva Oy. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. Yrityksen WWW-sivut. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi. Päivitetty 3.5.2016. Luettu 3.5.2016

19. RT-LVI-11-10472. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. 2011.
20. NIBE Energy Systems Oy. NIBE™ F1345 MAALÄMPÖPUMPPU. PDF-dokumentti. <http://www.nibe.fi/nibedocuments/12112/M11320-1.pdf>. Päivitetty 9.5.2016. Luettu 9.5.2016.
21. Eskola, Lari, Jokisalo, Juha & Sirén, Kai. 2012. Lämpöpumppujen energialaskentaopas. PDF-dokumentti. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taustamateriaali. Luettu 12.5.2016.
22. Pellinen, Jukka. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. Helsinki: Talentum Media Oy. 2003.
23. Eklund, Irina & Kekkonen, Heidi. Kannattavuuslaskennan taitajaksi. Helsinki: Sanoma Pro Oy. 2016.
24. Karjalainen, Leila. Liiketalouden matematiikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 2012.
25. Saarinen, Lassi. Sähköpostikeskustelu. 9.3.2016. Retermia Oy
26. Väättänen, Jukka. Sähköpostikeskustelu. 4.5.2016. NIBE Energy Systems Oy
27. NIBE Energy Systems Oy. Jäähdytystehot maalämpö. Yrityksen WWW-sivut. <http://www.nibe.fi/ammattilaiset/jaahdytystehot-maalampo/>. Päivitetty 4.5.2016. Luettu 4.5.2016.
28. Hartman, Antti. Sähköpostikeskustelu. 22.4.2016. HögforsGST Oy
29. Virkki, Juha. Sähköpostikeskustelu 19.5.2016. HögforsGST Oy
30. Ilmatieteenlaitos. Yrityksen WWW-sivut. <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitys-tarveluvut>. Päivitetty 3.5.2016. Luettu 3.5.2016

Rakennuksen poistoilmavirrat

Yleiset tilat	Poistoilmavirta (dm ³ /s)	Poistoilmavirta (m ³ /h)	Pinta-ala (m ²)	Ilmanvaihtokerroin (1/h)
Talopesula	22	79,2	14,5	1,95
Askarteluhuone	34	122,4	22,5	1,94
Väestönsuoja	28	100,8	71,5	0,50
Säilytyskomerot	28	100,8	76	0,47
Ulk. Väline varasto	16	57,6	44,5	0,46
Sähköpääkeskus	2	7,2	3,5	0,73
WC	10	36	2,5	5,14
Kuivaushuone	22	79,2	11,5	2,46
Mankelihuone	14	50,4	7	2,57
Yleiset tilat yhteensä:	176	633,6	253,5	
Asunnot				
<u>1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36</u>	Poistoilmavirta (dm ³ /s)	Poistoilmavirta (m ³ /h)	Pinta-ala (m ²)	Ilmanvaihtokerroin (1/h)
Keittiö	20	72	-	-
Pesuhuone	15	54	-	-
WC	10	36	-	-
Sauna (ei kertoimeen)	6	6		
Yht.	51	183,6	78,5	0,74
<u>2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 37</u>				
Keittiö	20	72	-	-
Pesuhuone	15	54	-	-
WC	10	36	-	-
Vaatehuone	3	3	-	-
Sauna (ei kertoimeen)	6	6	-	-
Yht.	54	194,4	66	0,89
<u>3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38</u>				
Keittiö	20	72	-	-
Pesuhuone	15	54	-	-
WC	10	36	-	-
Sauna (ei kertoimeen)	6	6	-	-
Yht.	51	183,6	65,5	0,88
<u>4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39</u>				
Keittiö	20	72	-	-
Pesuhuone/WC	15	54	-	-
Sauna (ei kertoimeen)	6	6		
Yht.	51	183,6	35	1,29
<u>5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45</u>				
Keittiö	20	72	-	-
Pesuhuone	15	54	-	-
WC	10	36	-	-
Sauna (ei kertoimeen)	6	6	-	-
Yht.	51	183,6	78,5	0,74
Asunnot yhteensä 100%:	2064	7430,4		
Rakennus yhteensä 100%:	2240	8064		
Rakennus yhteensä 75%	1680	6048		

As Oy Oipinlehdon esitietolomake hybridilämmönjakokeskuksen mitoittamiseen

HYBRIDI LTO

Lähtötietolomake

Toteutusaikataulu (arvio)	2017
Kohdenimi:	As Oy Oipinlehto
Osoite:	Lohitie 8, 45160 Kouvola
Asiakas:	As Oy Oipinlehto
Yhteystiedot:	Lohitie 8, 45160 Kouvola
Kiinteistötyyppi, lukumäärä:	Kerrostalo, 1 kpl
Asuntojen lukumäärä (liikehuoneistot)	39
Lämmitettävät m2	3229
Lämmitettävät m3	10450
Rakennusvuosi	1983

Kulutustiedot ja energiahinnat (hinnat sis alv 24%)

Sähkö	0,13	eur/kWh
KL-MWh hinta	60,40	eur/MWh
KL-perusmaksu	4068	eur/vuosi
Lämpö	318 (v.2015)	MWh/vuosi
Vesi	3286 (v.2015)	m3/vuosi
Yhteisilmamäärä tehostus/normaali/aika	1680 (mitoitettava ilmavirta)	l/s / aika h

(HUOMIO! Ilmamäärät mitattava kohteesta ennen lopullista mitoitusta)

Huippareiden sijoitus ulkona / sisällä (kammio)	Ulkona
Huipparit kpl määrä ja ilmamäärä norm./huippari	1 kpl
Lämmitysverkoston lämpötilat	80-50 °C
Kiinteistön pääsulakekoko	3x50 A

Lämmitysverkoston perussäätö	Tehty <input checked="" type="checkbox"/> Milloin? 2011
	Ei tehty <input type="checkbox"/>
Lämmönkeruuput kisto LTO-tekniinen tila	Ulkoreitti <input type="checkbox"/> Sisäreitti <input checked="" type="checkbox"/>

Muuta huomioitavaa (poikkeuksellisen suuri käyttöveden kulutus, uima-allas jne.)

- Sähkökuvat sekä kiinteistön huippukuorma

A (jos selvitetty)

Liitä mukaan mahdollisimman paljon tietoa kohteesta. Esim. haalausreittien mitat

- Valokuvia kohteesta
- Kytentäkaaviot
- Kohteen mitoitustiedot
- Tasokuvat: Katto/ullakko/kellari ja (Julkisivu)
- **ISÄNNÖITÄMISTODISTUS**
- Vanhat laitekortit
- **Teknisen tilan pohjakuva LVI**
- Kaukolämpöyhtiön energiaraportti



HögforsGST

Poistoilmalämpöpumpujärjestelmän laitetiedot

KOJENUMERO	NIMITYS	LISÄTIEDOT/TEKNISET TIEDOT	SIJAINTI	HANKKII/ASENTAA
TE00	LÄMPÖTILA-ANTURI	ULKOLÄMPÖTILA-ANTURI	ULKOSEINÄLLÄ	OLEMASSA OLEVA
TE01	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE02	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE03	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE04	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE05	LÄMPÖTILA-ANTURI	KL-LÄMPÖTILA-ANTURI	PUTKEEN	OLEMASSA OLEVA
TE06	LÄMPÖTILA-ANTURI	KL-LÄMPÖTILA-ANTURI	PUTKEEN	OLEMASSA OLEVA
TE07	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE08	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE09	LÄMPÖTILA-ANTURI		VARAAJA KESKIOSA	PU/PU
TE10	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE11	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE12	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
TE13	LÄMPÖTILA-ANTURI		PUTKEEN	PU/PU
QE1	LÄMPÖENERGIAMITTARI	Esim. Kamstrup multical 602	PUTKEEN	PU/PU
QE2	LÄMPÖENERGIAMITTARI	Esim. Kamstrup multical 602	PUTKEEN	PU/PU
PA1	PAISUNTA-ASTIA	2x80l		OLEMASSA OLEVA
PA2	PAISUNTA-ASTIA	40l		PU/PU
PA3	PAISUNTA-ASTIA	20l		PU/PU
PE01	PAINEANTURI			PU/PU
PE02	PAINEANTURI			PU/PU
TI	LÄMPÖMITTARI		PUTKEEN	PU/PU
PI	PAINEMITTARI		PUTKEEN	PU/PU
TV1.1	SÄÄTÖVENTTIILI	Esim. Belimo H613S kvs = 1,6 DN15		PU/PU
TV1.2	SÄÄTÖVENTTIILI	Esim. Belimo H620S kvs = 6,3 DN20		PU/PU
TV2.1	SÄÄTÖVENTTIILI	Esim. Belimo H611S kvs = 0,63 DN15		PU/PU
TV2.2	SÄÄTÖVENTTIILI	Esim. Belimo H614S kvs = 2,5 DN15		PU/PU
TV3	SÄÄTÖVENTTIILI	Esim. Belimo H525B kvs = 10 DN25		PU/PU
TV4	VAIHTOVENTTIILI	Esim. Belimo H525B kvs = 10 DN25		PU/PU
P1	PUMPPU	Esim. WILO STRATOS 25/1-8	LÄMMITYSVERKKO	PU/PU
P2	PUMPPU	Esim. WILO STRATOS 25/1-10	LV-KIERTO PUTKEEN	PU/PU
PILP	POISTOILMALÄMPÖPUMPPU	ESIM. NIBE F-134S 30kW		PU/PU
LTOH	LÄMMÖNTALTEENOTTOHUIPPUIMURI	ESIM. RETERMIA HIFEK 12-4T		PU/PU
		PUHALLIN FANSELECT GR56C-ZID.GG.CR		
VL1	LÄMMINVESIVARAAJA	ESIM. AKVATERM AKVA 500L		PU/PU