

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Pulkkinen Heli

**Ilmalämpöpumppujen virheasennukset ja niistä johtuvat
kustannukset**

Tuotantotalous
Kone- ja tuotantotekniikka
Kemi 2009

ALKUSANAT

Työn valvojina toimivat opettaja Ari Pikkarainen ja DI, lehtori Tuomo Palokangas, joita haluan kiittää saamistani neuvoista ja työhön osoitetusta mielenkiinnosta.

Tämä insinöörityö on tehty Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaarelle. Työn valvojana ja yrityksen yhteishenkilönä toimi Esa Lammassaari, jolle haluan esittää kiitokset työn ohjauksesta ja avusta työn toteutuksessa.

Lisäksi haluan kiittää kaikkia opinnäytetyöhön tekoon osallistuneita. Kiitokset tuestanne ja tiedoistanne sekä miellyttävistä juttuhetkistä asentajien ja kuluttajien parissa.

Kiitokset vanhemmilleni ja isovanhemmilleni sekä Jorma ja Sirkka Nuutiselle saamastani ehtymättömästä tuesta ja kannustuksesta niin opinnäytetyötäni tehdessä kuin opintojen aikana.

Rakkaimmat kiitokset avopuolisolleni Janille tuestasi opintojeni aikana.

Kemissä 02.12.2009

Heli Pulkkinen

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Opinnäytetyön tekijä	Heli Pulkkinen
Opinnäytetyön nimi	Ilmalämpöpumppujen virheasennukset ja niistä johtuvat kustannukset
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	02.12.2006
Sivumäärä	105+ 16 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ari Pikkarainen ja DI Tuomo Palokangas
Yritys	Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Esa Lammassaari

Opinnäytetyössä keskitytään ilmalämpöpumppujen virheasennuksista syntyviin vikoihin ja niiden aiheuttamiin kustannuksiin, esimerkiksi huolto, kunnossapito ja toimintahäiriöt. Lisäksi arvioidaan ilmalämpöpumppujen virheasennuksista johtuvaa hyötysuhteen laskua ja talon rakenteille tapahtuneita vaurioita. Työssä tarkastellaan ilmalämpöpumpun oikeaoppista asennusta ja käydään läpi erilaiset lämpöpumpputyypit ja lämpöpumpun tekniikka.

Kustannuksissa seurataan esimerkkikohteiden ilmalämpöpumpun hankintaprosessia, ilmalämpöpumpun lämmitysenergian säästöodotuksia sekä vika- ja huoltokustannuksia. Maahantuojilta selvitetään takuuongelmia, joita syntyy virheasennuksien vuoksi. Tietoa hankitaan maahantuojilta, vakuutusyhtiöiltä ja asennusliikkeiltä sekä asentajilta.

Virheasennuksista tehdään vika-vaikutusanalyysi, jonka avulla tarkastellaan virheasennuksien vaikutusta, esiintyvyyttä ja löydettävyyttä. Ilmalämpöpumpuista saatujen tarjouksien perusteella kerättiin tietoa muun muassa varaosista ja niiden saatavuudesta, takuista ja asennuskustannuksista. Vika-vaikutusanalyysissä tarkastellaan muun muassa sisäyksikön ja ulkoyksikön asennusvirheitä, tyhjiöintiä, sähkö- ja kylmäasennusta, kondensio- ja sulamisvesien aiheuttamia vahinkoja sekä puutteellisesta käytönopastuksesta aiheutuvia häiriötilanteita.

Virheasennuksista pyydetään tietoa maahantuojilta, vakuutusyhtiöiltä, asentajilta ja kuluttajilta. Ilmalämpöpumppujen hankintakustannuksia selvitetään tarjouksien pohjalta. Samalla kerätään tietoa varaosista, varaosien saatavuudesta, asennuskustannuksista ja takuuajoista.

Työssä selvitetään niin sanottua itseasennusta koskevia määräyksiä ja ilmalämpöpumpun asennukseen tarvittavia kylmä- ja sähköasennuslupia sekä turvallisuusmääräyksiä. Lisäksi tarkastellaan asentajan vastuuta ja velvollisuuksia.

Työssä tarkastellaan myös eri lämmitysenergiälähteitä ja rakennusmääräyksiä sekä vallitsevaa energiapolitiikkaa. Talojen energiatehokkuutta ja lämmitysenergian säästämähdollisuuksia tarkastellaan lähinnä ilmalämpöpumppujen osalta.

Osana työtä tarkastellaan lämpöpumppualalla vallitsevia ongelmia ja niiden syitä. Lisäksi selvitetään asentajan vastuuta ja velvollisuuksia. Kuluttajien suojaa selvitetään kuluttajasuojalain ja tuotevastuulain kautta.

Lisäksi tarkastellaan ilmalämpöpumppujen ympäristövaikutuksia ja elinkaarta. Ympäristövaikutuksia otetaan huomioon ilmalämpöpumppujen hiilidioksidipäästöt. Elinkaarta tarkastellaan lähinnä ilmalämpöpumpun virheasennuksien vuoksi tapahtuvan hyötysuhteen laskun kautta. Lisäksi selvitetään ilmalämpöpumpun purkua ja loppukäsittelyä elinkaaren lopussa.

Asiasanat: energiansäästö, energiateknologia, lämmönkulutus, LVIS- ala, lämpöpumput.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Industrial Management
Name	Heli Pulkkinen
Title	Installation Errors of Heat Pumps and the Resulting Costs
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	2 December 2009
Pages	105+ 16 appendixes
Instructor	Ari Pikkarainen, BEng , Tuomo Palokangas, MSc (El.Eng)
Company	Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari
Contact Person/Supervisor from Company	Esa Lammassaari

This Bachelor's thesis focuses on studying and analyzing installation errors of heat pumps. The aim of this study was defining costs of maintenance and malfunction due to installation errors of heat pumps. Degradation of the coefficient of performance and structural damage are analyzed in this thesis. Information about heat pumps and installation errors were asked from insurance companies, manufactures, importers, contractors and consumers.

As a result of our society's increasing concern for ecological and environmental issues, the demand for more efficient ways to utilize heat and energy is rising. Heat pumps all have the same basic components. Despite the relative similarities of these components, heat pump designs vary greatly depending on the specific application of the pump. Most installed heat pumps are air-sourced in which heat, drawn from the ambient atmosphere outside the building, is transferred indoors. Part of the study was to define problems in heat pump industry and causes for these problems. This study focuses on air-sourced heat pumps.

The majority of heat pumps give the added benefit of providing both heating in winter and cooling in summer. The typical heat pump operation uses the working fluid to receive heat from a source positioned close to the evaporator. Generally, heat pumps will be installed at the construction site. Proper installation depends on many factors. These factors include working fluid type, climate, local building code requirements, and safety issues. Therefore, it is necessary to find out about permits required for a qualified plumbing and heating contractor. These permits are also required if tax deductions are requested. Self made installations are viewed in the eyes of the law. It is also good to be aware of the duties and responsibilities of the contractor. The data of consumer rights consists of consumer protection laws and products liability laws.

Failure mode analyze of the installation process of air-sourced heat pumps was made. Information about spare parts, availability of spare parts and warranties was collected from quotations of air- sourced heat pumps. The analysis focuses on installation errors of indoor and outdoor units, vacuumizing of heat pump, electrical installation and cold mounting, damages due to condensed and melt water and inadequate guidance of the use and adjustments.

As part of the study, homes that had been equipped with heat pumps and homes that had been equipped with heat pumps during the study were studied. The idea was to define how much money and energy it is possible to save whit the use of heat pumps. The acquisition costs and the estimate of the repayment period were calculated. Different heat sources, building regulations, energy policies and energy saving were examined.

The environmental aspects and the life cycle of heat pumps were analyzed by exploring carbon dioxide and degradation of the coefficient of performance. In this case, emissions and environmental impact determination are produced during the heat pump functioning. Disassembly and reprocessing of air- sourced heat pumps are reviewed in the end of the heat pump's life cycle.

Keywords: energy saving, energy technology, heat consumption, HPAC (heating, plumbing, air-conditioning), heat pump.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät	1
1.2.	Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari	2
2.	LÄMMITYSVAIHTOEHDOT PUNTARIIN	3
2.1.	Öljy	3
2.2.	Sähkö	4
2.2.1.	Turve	6
2.2.2.	Ydinvoima	7
2.2.3.	Vesivoima	9
2.3.	Tuulivoima	10
2.4.	Kaukolämpö	11
2.5.	Maakaasu	12
2.6.	Pelletti, polttopuut ja polttohake	12
2.7.	Lämpöpumput	13
3.	ENERGIAPOLITIIKKA JA RAKENNUSMÄÄRÄYKSET	15
3.1.	Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia	15
3.2.	Rakennusmääräykset ja energiatodistus	15
3.2.1.	Ilmalämpöpumpun asennus rivitaloon tai osakkeeseen	16
3.3.	Talon energiatehokkuuden parantaminen	16
3.4.	Lämmitys- ja energiankulutuksen arviointi	19
4.	LÄMPÖPUMPPUTYYPIT	20
4.1.	Lämpöpumppujen historia	20
4.2.	Lämpöpumppujen toimintaperiaate ja tekniikka	20
4.2.1.	Kompressorityypit	24
4.2.2.	Oikosulkumoottori	27
4.2.3.	Hermeettinen ja puolihhermeettinen kompressori rakenne	28
4.2.4.	Kylmäaineet ja niiden luokittelu	29
4.2.5.	Säätölaitteet	29
4.3.	Lämpökerroin eli COP-kerroin	31
4.4.	Kylmäkerroin eli EER-kerroin	34
4.5.	Antoteho, ottoteho ja puhallusteho	34
4.6.	Erilaisia lämpöpumppuja	35
4.6.1.	Ilmalämpöpumput, ILP	36
4.6.2.	Ilmavesilämpöpumppu, UVLP	36
4.6.3.	Poistoilmalämpöpumppu, PILP	37
4.6.4.	Maalämpöpumppu, MLP	38
4.6.5.	Suorahöyrystinlämpöpumppu	39
5.	ILMALÄMPÖPUMPPUJEN ETUJA	40
5.1.	Kustannukset	40
5.2.	Rahallinen hyöty	42
5.3.	Muut hyödyt	44
5.4.	Kotitalousvähennys	45
5.4.1.	Kuluttajavirasto tiedottaa ja tutkii lämpöpumppualan ongelmia	46
5.4.2.	Energia-avustus	46
5.5.	Takaisinmaksuarvio	47
5.5.1.	Ilmalämpöpumpusta saadut säästöt esimerkkikohteessa	48

6.	ILMALÄMPÖPUMPUN ASENNUS	51
6.1.	Ilmalämpöpumpun valintakriteerit	51
6.2.	Turvallisuusmääräykset ja kylmäaineluvat	53
6.3.	Asennus	54
6.4.	Huolto ja puhdistus	58
6.5.	Lämpöpumpun purku ja loppukäsittely	59
7.	VIRHEASENNUKSET	61
7.1.	Vika- ja vaikutusanalyysi VVA	61
7.2.	Ilmalämpöpumppujen asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi	62
7.3.	Asennusprosessin vika-vaikutusanalyysin arviointikriteerit	64
7.4.	Tiedon saanti	66
7.5.	Asennusprosessin vika-vaikutusanalyysin tulokset	66
7.6.	Esimerkkejä virheasennuksista	67
7.6.1.	Sisäyksikön paikan valinta	67
7.6.2.	Sisäyksikön kondensioveden poistoputkessa ei ole kaatoa	69
7.6.3.	Puutteellinen tyhjiöinti	69
7.6.4.	Huono ja puutteellinen käytön opastus	70
7.6.5.	Kylmäainevuodot asennusvaiheessa	70
7.6.6.	Laitteen suojaaminen vikavirtasuojakytkimellä	71
7.6.7.	Ulkoyksikön ääniongelmia	71
7.6.8.	Oikeat työvälineet ja materiaalit	72
7.6.9.	Rakenteille aiheutuvat kosteusvauriot	73
8.	VIRHEASENNUKSISTA SYNTYVÄT KUSTANNUKSET	74
8.1.	Huolto ja varaosat	74
8.2.	Muut kustannukset	77
8.3.	Huollon saatavuus	77
8.4.	Hankintaturvatuote	78
8.5.	Vaikutus laitteen elinkaareen	78
8.6.	Elinkaarenaikaiset hiilidioksidipäästöt	79
8.7.	Vajaatäytön ja vuotojen vaikutus COP: hen	80
8.8.	Yhteenveto virheasennuksien kustannuksista	82
9.	ASENTAJAN VASTUUT JA KORVAUSVELVOLLISUUDET	83
9.1.	Tuotevastuulaki ja kuluttajasuojalaki	83
9.2.	Asennusvirheiden korvattavuus	84
9.3.	Turvaa oikeutesi ja valitse oikein	84
10.	ILMALÄMPÖPUMPPUJEN HANKINTAAN, ASENNUKSIIN, HUOLTOON JA TAKUUSEEN LIITTYVIÄ ONGELMIA	85
11.	YHTEENVETO	87
12.	LÄHDELUETTELO	89
13.	LIITELUETTELO	95

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

SULPU= Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry

EHPA= Euroopan Lämpöpumppuyhdistys

Peak Oil= Öljyn tuotannon huippu, jonka jälkeen öljyn määrä markkinoilla romahtaa.

ASPO= Association of the Study of Peak Oil and Gas

TWh= Terawattitunti eli energian yksikkö, jota käytetään tuotetun energiamäärän, sähkön ja lämmön, ilmaisemiseen. $1 \text{ TWh} = 1\,000 \text{ GWh} = 1\,000\,000 \text{ MWh} = 1\,000\,000\,000 \text{ kWh}$; $1 \text{ TJ} = 0,278 \text{ GWh}$

IPCC= Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IEA= Kansainvälinen energiajärjestön (International Energy Association)

PAH-yhdisteet= Polysykliset aromaattiset hiilivedyt

CO₂= Hiilidioksidi, kasvihuonekaasu

HFC- yhdisteet= Fluorihilivedyt

CFC- yhdisteet= Freonit

COP-kerroin= Lämpöpumpun lämmityksen hyötysuhde.

EER- kerroin= Lämpöpumpun jäähdytyksen hyötysuhde.

Scroll- kompressori= Kierukkakompressori

Hermeettinen kompressorityyppi= Kompressorityypillä tarkoitetaan kompressorin ja oikosulkumoottorin sijoittamista tiiviiseen koteloon.

Puolihermeettinen kompressorityyppi= Osittain tiiviiseen koteloon suljettu kompressori.

Invertteri= Lämpöpumpun säätölaite, joka toimii taajuusmuuntajan tavoin.

Ilmalämpöpumppu ILP= Lämpöpumppu, joka ottaa lämmön ulkoilmasta ja siirtää sen sisälle lämpimään tilaan.

Ilmavesilämpöpumppu UVLP= Lämpöpumppu, joka ottaa lämmön ulkoilmasta ja siirtää sen sisälle lämpimään tilaan vesikierron kautta.

Poistoilmalämpöpumppu PILP= Lämpöpumppu, joka ottaa talosta poistuvasta lämpimästä ilmasta lämmön talteen ja palauttaa sen takaisin veden lämmitykseen.

Maalämpöpumppu MLP= Lämpöpumppu, joka ottaa energian maahan sijoitetun putkiston tai vesistön pohjaan sijoitetun putkiston kautta ja lämmittää sekä talous- että lämmityskierronveden.

Suorahöyrystinlämpöpumppu= Toimintaperiaate perustuu maahan kaivettuun tai lämpö-kaivon upotettuun kupariputkeen, jossa kylmäaineen höyrystyminen tapahtuu kaasuksi.

Vika- ja vaikutusanalyysi, VVA= Failure mode and effects analysis (FMEA) on menetelmä, joka tutkii potentiaalisia vikatiloja tuotteesta, prosessista tai organisaatiosta.

TEWI- laskentamallin= Mallin (Total Equivalent Warming Impact) avulla voidaan lämpöpumpun elinkaaren aikana syntyneitä päästöjä ekvivalenttisenä hiilidioksidimääränä.

n= Laitteiston käyttöikä [a]

L= Vuosittainen vuotomäärä [%]

m= Kylmäaineen määrä [kg]

GWP= Ns. global warming potential [kgCO₂/kg kylmäainetta]

E_{vuosittainen} = Vuosittainen energiankulutus

EF= Lämpöpumpun käyttämän energian(sähkö) päästökerroin [kgCO₂/kWh]

L_{purku}= Purun aikana tapahtuva kylmäaineen vuoto ympäristöön [%]

1. JOHDANTO

Ilmalämpöpumppuala on kasvanut vuonna 2007 25 % ja vuonna 2008 alan kasvu oli yli 30 %. Vuonna 2008 asennettiin noin 60 000 lämpöpumppua, joista 38 000 oli ilmalämpöpumppuja. Kansantaloudessa nousu tarkoittaa 300 miljoonaa euroa vuodessa.

Lämpöpumppujen tuomat lämmitysenergian säästöt houkuttavat kuluttajia asentamaan ilmalämpöpumppuja. On kuitenkin muistettava, että lämpöpumpun asennus ei rahaa tilille tuo, mutta se pienentää lämmityslaskua ja rahan voi käyttää muuhun.

Laitteen ympäristöystävälliset vaikutukset, kuten lämmitysenergian kulutuksen pieneminen ja tätä kautta hiilidioksidipäästöjen aleneminen, kannustavat niin valtiovaltaa asennuksien tukemiseen kotitalousvähennyksen muodossa kuin asukkaita laitteen hankkimiseen. Yksi ilmalämpöpumppu vähentää hiilidioksidipäästöjä henkilöauton tuottamien hiilidioksidipäästöjen verran.

Täysin ongelmaton tilanne ei kuitenkaan ole. Kuluttajat ovat usein pettyneitä lämpöpumpun tuomiin säästöihin ja lämpöpumpuissa ilmenneisiin ongelmiin. Alalla on paljon niin sanottuja pelureita, joilta asennuksiin tarvittavat luvat puuttuvat. Lisäksi jopa uusien laitteiden varaosien saatavuus on takkuillut.

Kuluttajan on helppo saada tietoa lämpöpumpuista. Monesti kuluttaja hämmentyy tiedon paljoudesta eikä osaa poimia oleellisia tietoja lämpöpumpun tekniikasta ja toiminnasta. Kuluttaja pettyy usein myös asentajien lupaamiin ylisuuriin kotitalousvähennyksiin ja lämmitysenergian säästöihin.

Helpoksi tilannetta ei tee alan kausiluontoisuus. Lämpöpumppuyrittäjiä syntyy kevään ja kesän aikana. Kun ala hiljenee, yritys lopettaa toimintansa jättäen jälkeensä luvatut pitkät takuuajat. Kun asiakas myöhemmin ottaa yhteyttä yritykseen kaivatessaan lämpöpumpun huoltokäyntiä, ei yritykseen saada yhteyttä ja huollot jäävät asiakkaan omasta pussista maksettavaksi.

1.1. Työn rajausta ja tutkimusmenetelmät

Työ rajataan käsittelemään ilmalämpöpumppuja eli ilma-ilmalämpöpumppuja. Työssä esitellään kuitenkin eri lämpöpumppujen toimintaperiaatteet. Materiaalia kerätään haastattelemalla kylmäalan yrittäjiä, yrityksiä ja asentajia sekä maahantuoja. Lisäksi materiaalia pyydetään vakuutusyhtiöiltä ja kuluttajaviranomaisilta ilmalämpöpumppujen ongelmien ja alalla esiintyvien ongelmien selvittämiseksi. Hankintakustannuksia ja varaosa- sekä takuuasioita selvitetään tehdyn tarjouskierroksen perusteella.

Jotta voidaan perustella ilmalämpöpumppujen hankintaa, työssä tarkastellaan erilaisia lämmitysenergiamuotoja ja niiden merkitystä Kemin alueella. Työssä ei oteta kantaa eri laitevalmistajien ilmalämpöpumppujen hyvyyteen tai huonouteen. Ilmalämpöpumppujen tekniikan ja valintakriteerien esittelyssä käydään läpi, mihin asioihin kuluttajan tulisi keskittyä ilmalämpöpumppua valitessaan.

1.2. Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari

Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari on päätoimialaltaan kylmäkoneiden- ja nestekaasulaitteiden huoltoa ja asennuksia suorittava yritys. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Kemissä ja sen henkilöstömäärä on vaihdellut yhdestä neljään henkilöön. Yrityksen liikevaihto on noin 0,2 miljoonaa euroa.

Lisäksi yrityksen palveluihin kuuluu ilmalämpöpumppujen, vesi-ilmalämpöpumppujen ja poistoilmalämpöpumppujen myynti, asennukset ja huolto. Yrityksen tuotemerkkeihin kuuluvat muun muassa Panasonic, Hitachi ja Sanyo CO₂. Esa Lammassaarella on seuraavat asennusluvut:

- kaasumaisen nestekaasun putkistojen ja käyttölaitteiden asennus- ja huoltotyöluvat, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 500 kW sekä kaikki nestekaasupulloasennukset
- maakaasun käyttöputkistojen ja käyttölaitteiden asennus- ja huoltotyöluvat, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 500 kW
- luokan 3 sähköasennusluvut
- kylmälaitteiden asennus- ja huoltoluvat yli 3 kilon laiteille.

Esa Lammassaarella on vuosien kokemus kylmäalan asennuksista ja kylmäkonehuollosta. Yritys on perustettu vuonna 1975. Esa Lammassaari tunnetaan asiakkaiden ja muiden kylmäasentajien piirissä Kylmäsormen Esana. Hän on myös Suomen yrittäjien jäsen.

2. LÄMMITYSVAIHTOEHDOT PUNTARIIN

Ilmastonmuutos ja lisääntyvä sähkön sekä lämmitysenergian kulutus on saanut kuluttajat, yrittäjät ja päättäjät miettimään niin uusia lämmitysmuotoja kuin sähkönkulutusta alentavia laitteita ja määräyksiä. Vaikka uudet kodinkoneet kuluttavat vähemmän, on kuitenkin kodinkoneiden- ja laitteistojen määrä kodeissa noussut. Sähköä kulutetaan enemmän pelkästään viihdetarkoitukseen ja mukavuuden halusta huonelämpötilaa nostetaan.

Jotta voisimme ymmärtää, miksi ilmalämpöpumput ovat erinomainen ratkaisu lämmitysenergian riittävyyden turvaamiseksi, on hyvä tarkastella muita lämmitysenergian lähteitä. Tarkastelussa on huomioitu myös Kemin alueella olevaa lämmitysenergian tuotantoa.

2.1. Öljy

1970-luvulla käyty Lähi-idän sotaa seurannut öljy-kriisi sai öljyn hinnan nousemaan 1960-luvun 6 pennistä 2008 kesän yli euron litra hintaan. Öljyn hinnan nousu pilviin ei ollut seurausta ainoastaan tekniikan kehityksestä ja kulutuksen kasvusta vaan myös OPEC-järjestön (Öljynviejämaiden) kartellista ja öljytynnyrin hinnan keinottelusta. Oman sävöyksensä tilanteeseen on antanut Yhdysvaltojen Lähi-idän politiikka. /104/

Suurin ongelma on kuitenkin uusien öljyesiintymien löytäminen. Öljy (hiilivetyjen seos) luetaan uusiutuviin luonnonvaroihin, jota syntyy kasvien ja eläinten jäänteistä kovassa paineessa. Koska öljyn uusiutuminen vie kuitenkin miljoonia vuosia ja vaatii syntyäkseen uuden jääkauden, luetaan se usein uusiutumattomiin luonnonvaroihin.

Kuvassa 1 on esitetty arvio nykyisten öljylähteiden riittämiseen ja arvio kulutuksen kasvusta. Huippunsa öljyntuotanto saavuttaa 2020-luvulla. Tästä ilmiöstä tutkijat käyttävät nimeä Peak Oil. Ilmiötä ennustamaan ja tutkimaan on geologi Colin Campbellin perustanut yhdistyksen ASPO eli Association of the Study of Peak Oil and Gas. /53,104/



Kuva 1. Öljyn kulutuksen huippu eli Peak Oil saavutetaan 2020 /104/

MTV 3 uutisoi Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n varoittavan öljynkriisin olevan oletettua lähempänä. IEA arvioi öljyn kulutuksen huipun syntyvän oletettua nopeammin jo noin kymmenen vuoden kuluttua. /47/

Lisäksi ongelmana on, että tarvitsemme öljyä muuhunkin kuin pelkkään lämmitykseen, esimerkiksi liikenne ja logistiikka polttoaineena ja teollisuus muun muassa muovien raaka-aineena. Vuonna 2007 Suomen energian kulutus vastasi 27 miljoonaa öljytonnia luvun ollessa vuonna 2006 35,6 miljoonaa öljytonnia. Kokonaisuutena vuonna 2007 öljyä kulutettiin Suomessa kuitenkin 9,08 miljoonaa tonnia. Tämä tarkoittaa, että lämmitykseen käytettiin muutakin kuin pelkkää öljyä. /52, 63/

Seuraavaksi on lueteltu Öljy- ja kaasualan keskusliiton tilastojen mukaan Suomessa vuonna 2007 myytyjen öljyn ja sen jalosteiden määrä:

- dieselöljyä 2,6 miljardia litraa
- bensiiniä 2,5 miljardia litraa
- kevyttä polttoöljyä lämmitykseen noin 1 miljardi litraa
- kevyttä polttoöljyä maa- ja metsätalouden rakentamisen ja teollisuuden koneissa noin 1,2 miljardia litraa
- raskasta polttoöljyä vajaat 1 miljardi litraa
- lentopetrolia noin 0,8 miljardia litraa (kotimaan liikenne noin 20 % lentojen kokonaiskulutuksesta). /52/

Myös ihmisten lisääntyvä ymmärrys öljyn aiheuttamista ympäristöhaitoista on lisännyt öljylämmitteisten talojen saneerauksia. Uutisissa näemme kuvia eläimistä, jotka kärsivät öljykatastrofien takia ja lisääntyneet keuhko- ja verisuonisairaudet, johtuvat osittain savukaasujen mukana ilmaan pääsevästä PAH- yhdisteistä (Polysykliset aromaattiset hiilivedyt).

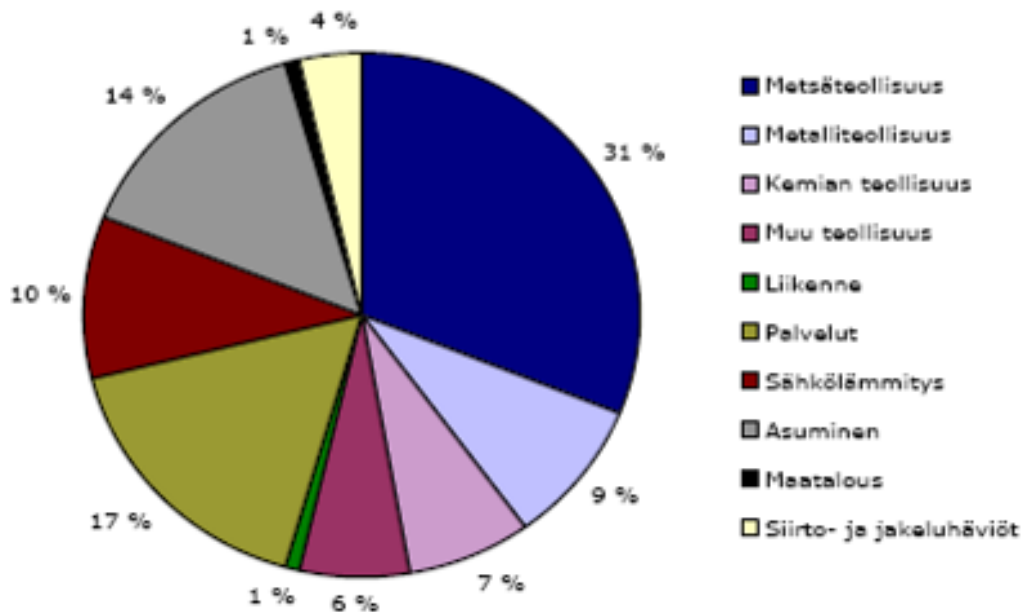
Ilmakehään vapautuva kasvihuonekaasu hiilidioksidi eli CO₂ nopeuttaa ilmastonmuutosta. Kehittyneet savukaasujen suodattimet suodattavat epäpuhtauksia, mutta hiilidioksidi vapautuu suoraan ilmakehään. Lisäksi Suomen autokanta on vanha, ja liikenteessä on paljon ajoneuvoja ilman katalysaattoreita. Autokannan uudistumista on edesautettu autoverolakien ja tuontiautoja koskevan verotuksen keventämisellä.

2.2. Sähkö

Sähkön kulutuksen lisääntyminen on seurausta niin yhteiskunnan hyvinvoinnin noususta, taloudellisen hyvinvoinnin kohentumisesta ja asuinpinta-alan kasvamisesta henkilöä kohden. Yhä enemmän kiinnitetään huomiota myös esteettisiin ratkaisuihin rakentamisesta esimerkiksi valaistusratkaisut. Tämä ei aina tarkoita sitä, ettei energiataloudellisuutta oteta huomioon. Esimerkiksi syksyllä 2009 lopetetaan hehkulampujen myynti ja tilalle tulevat niin sanotut energiasäästölamput esimerkiksi led-valaisimet. Koko EU-alueella hehkulamput kielletään 2012 loppuun mennessä. /79/

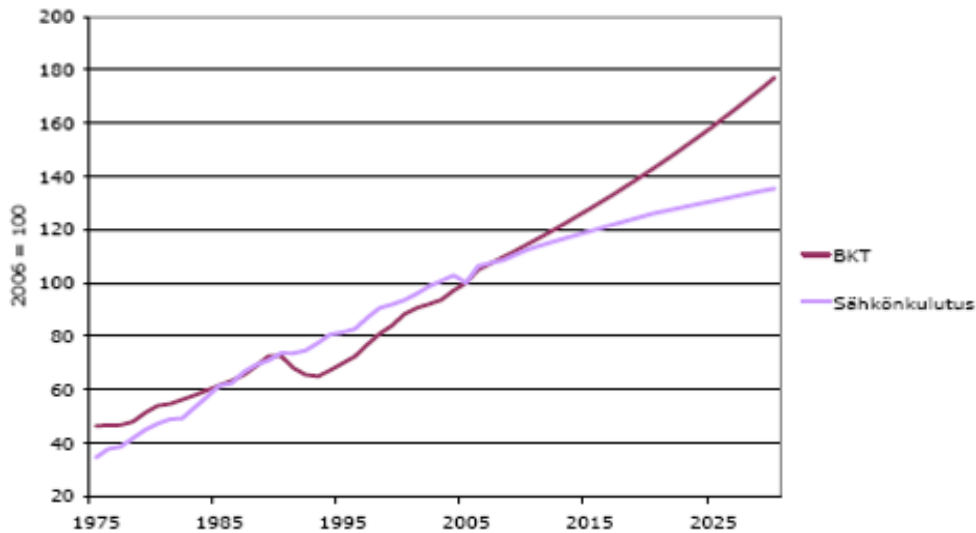
Suomessa sähköä tuotetaan tuuli- ja vesivoimalla, ydinenergiana ja kivihiiltä sekä turvetta polttamalla. Aurinkoenergiaa ja aurinkosähköä hyödynnetään Suomessa lähinnä sellaisissa paikoissa, joissa ei ole sähköverkkoa esimerkiksi kesämökeillä. /22/

Kuvissa 2 ja 3 on esitetty Suomen sähkönkulutus eri sektoreittain ja bruttokansantuotteen sekä Suomen sähkönkulutuksen kehitystä vuosina 1975- 2030. Tiedot on kerätty Elinkeinoelämän keskusliitto EK: n ja Energiateollisuus ry:n ET: n Marraskuussa 2007 julkaisemasta tutkimuksesta ”Arvio Suomen sähkön kysynnästä vuosille 2020 ja 2030”. Vuonna 2006 sähköä kulutettiin ennakkotietojen mukaan noin 90 TWh. Suurin sähkönkuluttaja oli vuonna 2006 metsäteollisuus, jonka osuus kaikesta sähkönkulutuksesta oli 31 %. Sähkölämmityksen osuus vuoden 2006 sähkönkulutuksesta oli 10 %. /17/



Kuva 2. Suomen sähkönkulutus 2006 /17/

Kuvassa 3 on esitetty bruttokansantuotteen ja sähkönkulutuksen kehitys vuosina 1975–2030. On selvästi nähtävissä, että sähkönkulutus ja bruttokansantuote kulkevat niin sanotusti käsi kädessä. Kun bruttokansantuote kasvaa, kasvaa sähkön kulutuskin. /17/



Kuva 3. Bruttokansantuotteen ja sähkönkulutuksen kehitys 1975–2030 /17/

Ongelmaksi muodostuu sähkön riittävyys kovilla pakkasilla. Kun Suomen oma sähkön tuotanto ei ole riittävää, on turvauduttu ostamaan sähköä Pohjoismaista ja Venäjältä. Valtaosa tuontisähköstä ostetaan Venäjältä. Pakkaskausina naapurimaillamme ongelma on kuitenkin sähkön riittävyyden kannalta yhtä pulmallinen kuin meillä Suomessakin. Myös Venäjän ja Suomen poliittiset suhteet voivat vaikuttaa energian saantiin Venäjältä. Heinäkuussa 2009 uutisoitiin, että Suomessa on varauduttu huonosti pitkiin sähkökatkoksiin. Pitkät sähkökatkokset voivat lamauttaa koko Suomen. /74, 88, 104/ Suomessa sähkönkulutukseen on vaikuttanut Yhdysvaltojen pankkikriisistä alkanut taantuma. Sähkönkulutus on laskenut 11 % ja teollisuuden kulutus 20 %. /16/

2.2.1. Turve

Suomen energiapolitiikka on jo vuosia kannattanut öljyn ja kivihiilen polton lopettamista ja näiden korvaamisesta turpeen poltolla. Yle uutisoi 5.3.2009 artikkelissaan ”Päästöt Toppilassa vähenevät kivihiilen myötä” Oulun Toppilan voimalaitoksen päästöjen pienentyneen kivihiilen polton myötä. Turpeen poltosta aiheutuvat päästöt ovat VTT:n tutkimusprofessori Ilkka Savolaisen mukaan noin 10 prosenttia suuremmat kuin kivihiiltä poltettaessa. Lisäksi sateiset kesät ovat hidastaneet turpeen nostoa ja turpeesta on ollut jopa pula. /85/

Samalla luonnonsuojelijat ja ympäristöviranomaiset sekä tavalliset kansalaiset ovat huolissaan turpeen nostosta seurauksena olevasta soiden kuivumisesta ja vesistöjen pilaantumisesta. Turpeen nostossa (kuva 4) vesistöihin vapautuva humus värjää veden ruskeaksi ja kuluttaa vesistöjen happea aiheuttaen happikatoa. /82, 88/



Kuva 4. Turpeen nostoa turvesuolla

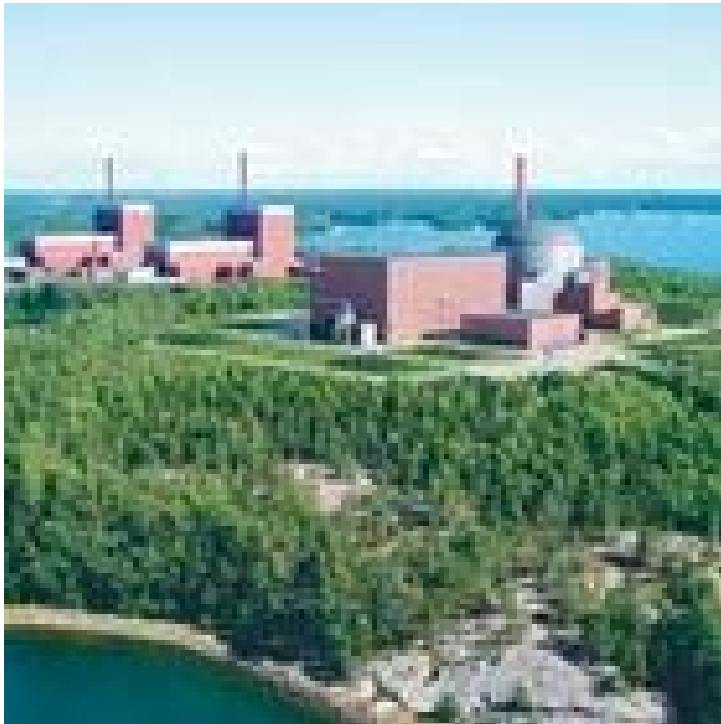
Ongelmaksi on myös muodostunut turpeen uusiutumisen määrittely. Geologian tutkimuskeskuksen tutkijan Kimmo Virtasen mukaan on arvioitu, että hyödyntämiskelpoiset turveesiintymät loppuvat Suomesta n. 300 vuodessa. Kädenvääntöä turpeen luokittelusta on käyty niin Eu:ssa kuin IPCC:ssa. Suomen rooli tässä taistelussa on ollut merkittävä. Aluksi turve määriteltiin Kioton sopimuksissa päästökauppavelvolliseksi polttoaineeksi. Vuonna 2001 EU päätti, että turve on hitaasti uusiutuvaa. Suomi kumosi päätöksen suuressa valiokunnassa 2002 arvalla. 26.4.2006 IPCC eli Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change) poisti turpeen fossiilisten polttoaineiden listalta. Turve määriteltiin vuonna 2008 biopolttoaineeksi. /29, 32, 48/

2.2.2. Ydinvoima

Vuonna 1977 otettiin käyttöön Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitosyksikkö. Tähän päivään mennessä Suomessa on käytössä kaiken kaikkiaan neljä reaktoria Loviisassa ja Olkiluodossa. Viidennen yksikön (kuva 5) rakentaminen aloitettiin helmikuussa 2005. Yksikön on oletettu valmistuvan vuonna 2011, mutta sen rakentamista ovat hidastaneet ja varjostaneet niin ongelmat betonilaadun kuin epäilyt laitoksen turvallisuudesta. Voimalaitoksen rakentamisen ongelmat ovat saaneet huomiota myös ulkomailla. /21, 73, 75, 90/

Kesäkuussa 2009 Kemin kaupunginhallitus otti kantaa uuden kuudennen ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta naapurikuntaansa Simoon. Kaupunginhallitus päätyi äänestyksessä vastustamaan uuden ydinvoimalaitoksen rakentamista Simoon. Kuntalaiset ilmaisivat kantaansa marssimalla ydinvoimaa vastaan Kemin kaduilla 26.4.2009. /84, 86/

Ydinvoiman suurimpia ongelmia ovat vesistöihin kohdistuvat kuormitukset muun muassa lauhdevesien muodossa, vaara ydinonnettomuudesta, jonka seuraukset nähtiin vuonna 1986 tapahtuneessa Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudessa sekä ydinjätteiden sijoittaminen. Olkiluodossa sijaitsevan ydinjäteluolan laajennuksesta tehdään lisäselvityksiä. /87/



Kuva 5. Viides ydinvoimala /73/

2.2.3. Vesivoima

Suomessa on yli 200 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on lähes 3000 MW. Ja lisärakentamismahdollisuus noin 670 MW. Vuonna 2004 vesivoiman osuus sähkön-tuotannosta oli 17 prosenttia. Kemi-Tornion alueella tunnetuin vesivoimalaitos on Isohaa-ran vesivoimalaitos (v.1946) Kemijoen suulla. Kaiken kaikkiaan Kemijoessa ja sen valu-ma-alueella on 18 vesivoimalaitosta ja kaksi tekoallasta. Kuvassa 6 on esitetty Pohjolan Voiman vesivoimalaitoksien sijainnit ja kuvassa 7 Isohaaran voimalaitos. /20, 54/



Kuva 6. Pohjolan Voiman vesivoimalaitokset /54/



Kuva 7. Isohaaran voimalaitos

Vesivoima on uusiutuva energiamuoto. Positiivisina puolina vesivoimassa voidaan pitää tulvien ja tulvavahinkojen torjumisena. Kuitenkin vaikutukset kalakantoihin, vesistöjen virtauksiin ja ekologiaan vaativat jatkuvaa kehitystoimintaa esimerkiksi kalaportaita rakentamalla. /20, 54/

2.3. Tuulivoima

Tuulesta saatava sähköenergia on tuulen liike-energiaa. Niin kuin vesivoimakin, tuulivoima on uusiutuva energiamuoto. Suomessa tuulivoimaloita on rakennettu muun muassa meren rannoille ja Lapin tuntureille, esimerkiksi Kemissä Ajoksen tuulivoima-alue (kuva 8). Kaiken kaikkiaan Suomessa oli vuonna 2007 107 tuulivoimalaa. Nämä tuottavat sähköä 190 GWh, joka vastaa 0,2 % Suomen sähköstakulutuksesta. On arvioitu, että Suomessa voitaisiin tuottaa sähköä vuoteen 2030 mennessä jopa 7,5 TWh. /19/

Ongelmia tuulivoimassa on kuitenkin, ettei tuulen voimakkuutta ja tuulisuutta tulevaisuudessa voida ennustaa. Tämän vuoksi tuotannon määrä vaihtelee päivästä toiseen. Myös Suomen kylmät olosuhteet asettavat tekniikalle haasteita. Suomi onkin merkittävä teknologiaosaaja tuulivoimatekniikassa. /19/

Tuulivoima ei ole vielä ilman tukia taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi ympäristölle aiheutuvat kuormitukset kohdistuvat lähinnä maisemaan ja meluun. Linnuille suurista ”tuulimyllyistä” aiheutuu ongelmia niiden törmätessä myllyn lapoihin. /19/



Kuva 8. Ajoksen tuulivoima-alue- ”tuulimyllyjä” merellä

2.4. Kaukolämpö

Helppoa ja edullista lämmitysmuotoa ja sähköenergiaa edustaa kaukolämpö. Se edellyttää kuitenkin, että alueella on kaukolämpölaitos ja kaukolämpöverkko lämmön jakelua varten. Polttoaineeksi kaukolämpölaitos käyttää maakaasua, puuta, haketta, turvetta, kivihiiltä ja jopa jätteitä, mutta ei kuitenkaan välttämättä öljyä. Suhteessa sähköä saadaan yksi kolmasosa ja loppu energia johdetaan verkostoon lämpönä. /31/

Kaukolämpölaitoksen ongelmia ovat kuitenkin savukaasut ja hiilidioksidipäästöt, jotka aiheuttavat terveysongelmia, kuten keuhkosairauksia ja edistävät kasvihuoneilmiötä. Päästökauppalaki koskee kaukolämpölaitoksia. /31/

Kemissä kaukolämpölaitos sijaitsee Karjalahdella (kuva 9). Kaukolämpöverkoston pituus Kemissä on noin 50 km ja se sijoittuu lähinnä keskustaan ja sen lähialueille. Lämmitettävät rakennukset ovat suurelta osin rivi- ja kerrostaloja sekä julkisia rakennuksia. Pientaloja piirissä on vain kymmenkunta. /31/



Kuva 9. Kemin kaukolämpövoimalaitos sijaitsee Karjalahdella

2.5. Maakaasu

Suomessa maakaasun osuus lämmön- ja sähköenergian tuotannosta on 30 prosenttia maakaasuverkon alueella Suomen kaakkois- ja eteläosassa. Koko Suomen sähköenergian tuotannosta maakaasun osuus oli vuonna 2004 11,6 prosenttia. Keski-Euroopassa maakaasun osuus sähkön- ja lämmitysenergian tuotannossa on huomattavasti suurempi laajojen maakaasuverkostojen vuoksi. Suomessa Itämereen suunniteltu kaasuputki aiheuttaa jatkuvaa kädenvääntöä niin hallituksen kuin luonnonsuojelijoiden kesken. Maakaasun poltto niin ikään aiheuttaa terveydelle ja ilmastolle vaarallisia hiukkas- ja hiilidioksidipäästöjä. /18, 83, 91/

2.6. Pelletti, polttopuut ja polttohake

Pelletti, polttopuut ja hakkeen poltto aiheuttavat hiilidioksidi päästöjä. Kuitenkin hiilidioksidia sitoutuu yhtä paljon metsän kasvaessa uudelleen. Pellettikattiloita on asennettu öljykattiloiden tilalle. Pilkkeen polttamiseen verrattuna pellettikattilan automatiikka lisää pellettiä kattilaan. Samoin hakepolttimissa on automaattinen hakkeen syöttöjärjestelmä. /104/ Niin pellettitakka (kuva 10) kuin varaavatakka soveltuvat hyvin lisälämmönlähteeksi.



Kuva 10. Pellettitakka lisälämmönlähteenä

2.7. Lämpöpumput

Lämpöpumput (kuvat 11, 12 ja 13) ovat yleistyneet hurjaa vauhtia. Niiden tekniikkaa on kehitetty toimimaan Suomen kylmissä olosuhteissa. Vähäinen huollontarve ja nopea asennus ovat nostaneet muun muassa ilmalämpöpumppujen määrää Suomessa. Lisäksi lämmityskustannuksien ja sähkön hinnan nousu ovat lisänneet lämpöpumppujen suosiota.



Kuva 11. Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö malli Mitsubishi Electric GE 25



Kuva 12. Ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö malli Mitsubishi Electric GE 25. Kuvassa asentaja Rami Sippala Suomen Energiansäästökeskuksesta.

Niin maalämpöpumppujen kuin ilmalämpöpumppujen toimintaperiaate perustuu samaan tekniikkaan. Pumput toimivat jääkaapin tavoin: rakennuksien ulkopuolelta kylmästä ilmastasta, maasta tai vedestä kerätään auringon lämpöenergiaa ja siirretään se sisälle. Ilmalämpöpumpun toimintaa on käsitelty tarkemmin kohdassa 4.2 Lämpöpumppujen toimintaperiaate ja tekniikka. Sähköllä toimiva pumppu kerää ympäristöstä jopa kolme kertaa niin kutsutta ilmaista energiaa kuin mitä itse sähköverkosta kuluttaa. /104/



Kuva 13. Maalämpöpumppu Nibe Fighter 1240

3. ENERGIAPOLITIikka JA RAKENNUSMÄÄRÄYKSET

3.1. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiasstrategia

Valtioneuvosto antoi eduskunnalla selonteon pitkänaikavälin ilmasto- ja energiasstrategiasta marraskuussa 2008. Sen mukaan noin 80 % Suomen ilmastön lämpenemistä aiheuttavista kasvihuonekaasupäästöistä on peräisin energian tuotannosta ja kulutuksesta sekä liikenteestä.

Selonteossa arvioitiin Suomen sähkönkulutuksen kasvavan noin prosentin vuosivauhtia vuoteen 2020. Vuonna 2020 sähköä kuluisi täten 103 TWh. Vuoden 2007 sähkönkulutus oli noin 90 TWh. Seurauksena sähkönkulutuksen kasvusta olisi, ettei EU:n komission asettamia energiankäytön ja päästöjen tavoitteita voida täyttää.

Tavoitteisiin pääsemiseksi Suomi on asettanut muun muassa seuraavat tavoitteet. Puuperäisen energian, jätepolttoaineiden, lämpöpumppujen, biokaasun ja tuulienergiankin käyttöä lisätään voimakkaasti tulevaisuudessa. Uutena edistämiskeinona otetaan käyttöön kustannustehokas ja mahdollisimman markkinaehtoinen syöttötariffijärjestelmä. Lisäksi uusiutuvan energian osuus nostetaan vuoteen 2020 mennessä on 38 prosenttiin. Omavaraisuusastetta parannetaan sähköntuotannossa ja päästämättömiä tai vähäpäästöisiä laitoksia rakennetaan. Taloudellisesti kannattavia ja ympäristöllisesti hyväksyttäviä laitoksia rakennetaan, kuten vesi- ja tuulivoimalaitokset. On myös varauduttava lisäydinvoiman rakentamiseen. /5, 12, 32/

3.2. Rakennusmääräykset ja energiatodistus

Uudisrakennuksien rakennuslupaa haettaessa on hakemukseen liitettävä energiaselvitys. Energiaselvitys sisältää seuraavat tiedot:

1. rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus (RakMk D3 kohta 2.2)
2. IV-laitteiden ominaissähköteho (RakMk D2)
3. rakennuksen lämmitysteho (RakMk D3 kohta 2.4 ja 2.5)
4. arvio kesäajan huonelämpötilasta ja tarvittaessa jäähdytysteho (RakMk D3 kohta 2.8)
5. rakennuksen energiankulutus RakMK D3
6. rakennuksen energiatodistus RakMk D3. /9,39/

Pakolliseksi energiaselvitys tuli 1.1.2009 lähtien. Energiatodistuksen tavoitteet ovat kasvihuonekaasujen pienentäminen, osto- ja vuokraustilanteissa vertailun helpottaminen ja energiatehokkuuden parantaminen. Yleensä energiatodistuksen tekee pätevä asiantuntija. Uudet ja tiukemmat rakentamista koskevat energiavaatimukset tulevat voimaan 2010. Tämä tarkoittaa 30 % tiukempia rakennusmääräyksiä. /39/

3.2.1. Ilmalämpöpumpun asennus rivitaloon tai osakkeeseen

Asunto-osakeyhtiöiden ohjeellisen vastuunjakotaulukon mukaan sähköiset lämmityslaitteet (jopa lämminvesiboilerin sähköosat) ovat asunnon haltijan kustannus-, korjaus- ja huolto-vastuulla. Ilmalämpöpumpun hankintaa suunniteltaessa on syytä ottaa yhteyttä taloyhtiön hallituksen puheenjohtajaan tai taloyhtiön huoltoyhtiöön ja selvittää taloyhtiön kanta ilma-lämpöpumpun asennukseen. On kohteliasta ottaa huomioon naapurit ilmalämpöpumpun paikkaa harkitessa. /3, 59/

3.3. Talon energiatehokkuuden parantaminen

Talon energiatehokkuuden parantamiseen voi vaikuttaa niin talon rakennus- kuin sanee-rausvaiheessa ja omalla toiminnallaan. Säästöt eivät kohdistu vain energiaan vaan myös ympäristöön. Mitä suurempi talo, sitä enemmän se kuluttaa energiaa. Valtion asettamia tavoitteita talojen energiatehokkuuden parantamiseksi ovat

- matalaenergiarakentamista edistäminen
- rakentamismääräyksien tarkistaminen ja tiedon lisääminen rakennusten kokonaisenergian kulutuksesta
- korjaus- ja energia-avustuksilla tukeminen
- asuinkiinteistöjen energiatalouden parantamista selvittävät kuntoarviot
- energiatehokkuutta parantavat investoinnit. /118/

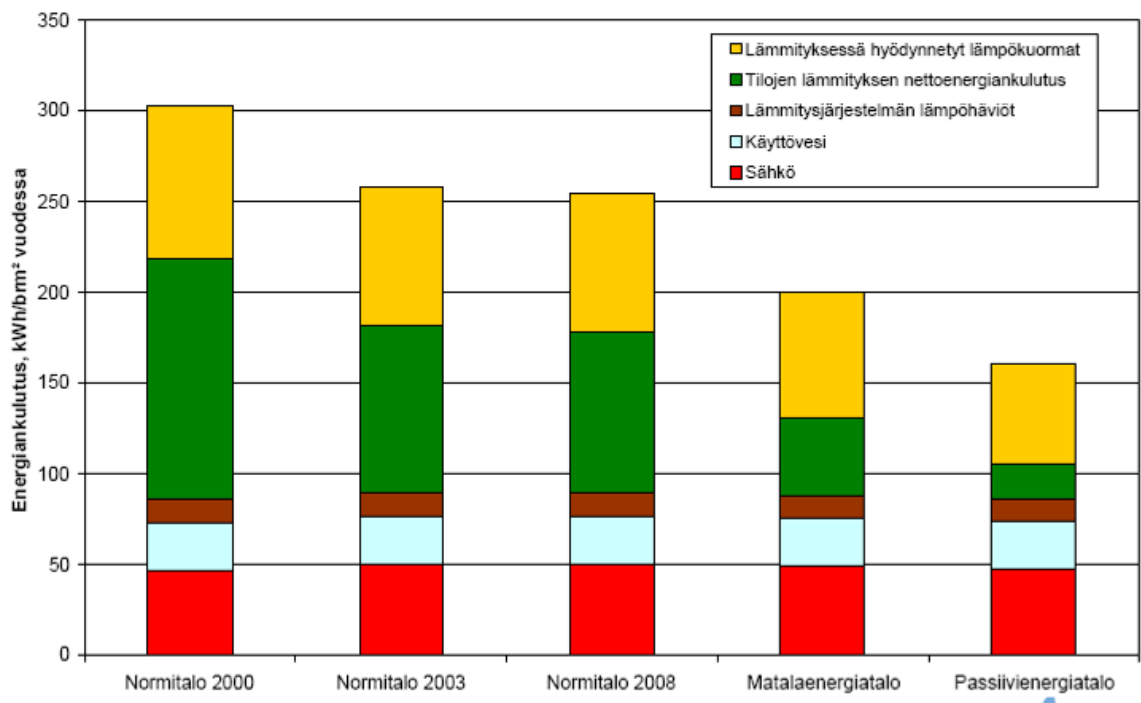
Paras tapa varautua energiahintojen nousuun on rakentaa talo, joka kuluttaa vähän lämmitysenergiaa: seinien, alapohjan ja yläpohjan hyvä eristäminen lisää energia-tehokkuutta noin 7-20 %. Jälkikäteen lisäeristäminen voi tulla kohtuuttoman kalliiksi. Markkinoilta löytyy valmiita ratkaisuja niin matala- kuin passiivienergiataloista. /118/

Erkkerit ja erilaiset kulmaukset lisäävät talon energiankulutusta ja ovat myös hankalia suunnitella ja rakentaa oikein. Yksikerroksinen talo kuluttaa energiaa vähemmän kuin kaksikerroksinen talo. Ikkunoiden oikea suunnittelu ja niiden sijoittaminen sekä ikkunan valinta vaikuttaa energiatehokkuuteen +/- 20 %. Talon ikkunoiden suunnittelu eteläsuuntaan säästää jopa 7 % energiaa. Myös lämmöntalteenotto on huomioitava, jotta ei lämmitetä niin sanotusti harakoille. /118/

Arkielämässä asukkaan tulisi kiinnittää huomiota omaan käyttäytymiseen ja tottumuksiin. Energian säästöön voi vaikuttaa seuraavilla toimenpiteillä:

- Vältä turhaa tuuletusta.
- Käytä lämmintä vettä harkiten.
- Pese täysiä koneita pyykkiä ja astioita.
- Vaihda lamput energiasäästölamppuihin ja sammuta turhat valot.
- Tiivistä ovet ja ikkunat.
- Harkitse jäähdytystarvetta kesäisin.
- Sulata pakastin riittävän usein ja huolla muutkin kodin kylmälaitteet ja vaihda mahdolliset ”energiasyöpöt” uusiin.
- Laske huonelämpötilaa asteella tai kahdella- sopiva 18- 22°C:a.
- Investoi niin sanottuun ilmaisenergiaan, kuten lämpöpumppuihin.

Kuvassa 14 on esitetty VTT:n arvio talojen energiakulutuksesta. Vertailussa on normitalo (vuosina 2000, 2003 ja 2008) ja matala- sekä passiivienergiatalo. Normitalolla tarkoitetaan lämmön- ja eristysmääräysten nykyisen minimitason mukaisesti toteutettua rakennusta. Muutos vuoden 2000 normitalon ja vuoden 2008 normitalon välillä on noin 50 kWh/bm³ vuodessa. Tämän on mahdollistanut rakennusmääräyksen kiristyminen. Kuitenkin ero normitalon ja passiivienergiatalon välillä on edelleenkin suuri. Onkin mietittävä, onko mahdollista, että tulevaisuudessa normitalo vastaisi passiivienergiatalon energiatehokkuutta? /6/



Kuva 14. Energiatehokkuuden vaikutus energiankulutukseen /6/

Energian kokonaiskulutusta voidaan kuvata taulukon 1 mukaisesti. Kokonaisenergiankulutus muodostuu lämmityksestä, sähkönkulutuksesta ja jäähdytyksestä. Ilmalämpöpumppujen osalta häviöitä tapahtuu jäähdytyksen ja lämmityksen osalta. On kuitenkin huomattava, että lämpöpumput tuottavat lämpöä noin kolminkertaisesti suhteessa sen kuluttamaan energiaan nähden. Tällöin talon energiatehokkuus paranee. /106

Taulukko 1. Rakennuksien energiatase, -tarve ja – kulutus /106/

ENERGIAN-KULUTUS	TALOTEKNIikka-JÄRJESTELMÄT JA LÄMPÖKUORMAT	ENERGIAN-TARVE
Kokonaisenergia		
LÄMPÖ + SÄHKÖ	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT - lämmöntuotantolaitteiden lämpöhäviö ulos - lämmönjakelun ja tilojen häviö ulos - käyttövesihäviö ulos LÄMPÖKUORMAT - henkilöt - auringon säteily - valaistus, sähkölaitteet - lämmitysjärjestelmät - jäähdytys, sisälauhdutus	LÄMMITYS -Ulkovaipan läpi johtuva - lämpöhäviö - ilmastointi - ilmavuodot -Lämmin vesi + LTO + hyödynnettävät lämpökuormat (osa)
SÄHKÖ	SÄHKÖJÄRJESTELMÄT - häviö ulos	SÄHKÖ - valaistus - laitteet - LVI-sähkö
JÄÄHDYTYS (=sähkö)	JÄÄHDYTYS - häviö ulos, ulkolauhdutus	JÄÄHDYTYS

3.4. Lämmitys- ja energiankulutuksen arviointi

Ennen ilmalämpöpumpun valintaa on syytä tarkastella omaa sähkönkulutusta ja tehdä arvio mahdollisesta ilmalämpöpumpun säästämästä lämmitysenergian kulutuksesta. Arviota ei tule tehdä pelkästään rahallinen säästö mielessä. Säästöodotukset eivät saa olla kohtuuttomat. Kuluttajan mahdollisista säästöistä tulee esittää realistinen arvio.

Omakotitalon sähkönkulutuksen voidaan olettaa koostuvan seuraavasti

- lämmitys
- käyttövesi eli lämmin vesi
- käyttösähkö ja ilmastointi.

Lämpöä karkaa ilmastoinnin ja tuuletuksien yhteydessä. Rakennuksen lämmöneristyskyky (ala- ja yläpohjan eristeet) ja asukkaiden tottumukset vaikuttavat lämmitysenergian tarpeeseen. Sään muutoksiin emme voi vaikuttaa, mutta pienentämällä lämmitystä jo yhdellä asteella pienenee lämmityskustannukset jopa 5 %. /104/

Internetistä löytyy laskureita sähkönkulutuksen arvioimiseksi ja halvimman sähköyhtiön löytämiseksi. Lähes kaikilla sähköyhtiöillä on omat laskurinsa. Esimerkiksi osoitteesta <http://www.vertaa.fi> voi arvioida oman sähkönkulutuksen ja löytää halvimman sähköyhtiön. Tiedot sulakekoosta ja sähkösopimustyyppi löytyvät sähkölaskusta. Sivulla voi vertailla myös eri sähkön tuotantotapoja ja sähkön hintaa.

Sähkönkulutusta voi arvioida karkeasti seuraavasti

- omakotitalo 120 kWh/m²
- matalaenergiatalo 31–45 kWh/m²
- passiivienergiatalo 20–35 kWh/m²
- nollaenergiatalo 0 kWh/m²
- käyttövesi vuodessa 1000 kWh/asukas
- käyttösähkö vuodessa 4000 kWh/kotitalous.

Tästä voidaan olettaa, että 150 m² ja neljän asukkaan kotitalous kuluttaisi sähköä noin 26 000 kWh. /104/

4. LÄMPÖPUMPPUTYYPIT

Jotta voimme ymmärtää ilmalämpöpumppujen toimintaa ja ilmalämpöpumpun hyötyjä, tulee tarkastella lämpöpumppujen tekniikkaa. On myös ymmärrettävä, millaisia lämpöpumppuja on markkinoilla, ja mihin niiden toiminta perustuu. Lämpöpumppua valittaessa on ymmärrettävä mahdollisten säästöjen suuruus, jotta pettymyksiä ei synny. Kuluttaja voi pettyä myös toteutuneeseen takaisinmaksuaikaan.

4.1. Lämpöpumppujen historia

Lämpöpumput ovat pitkälle kehitettyä tekniikkaa. Niiden juuret juontavat kuitenkin jo 1800-luvun puoliväliin, jolloin William Thomson, Largsin ensimmäinen paroni Kelvin eli Lordi Kelvin (1824–1907) esitteli jäädytyskoneen toimintaperiaatteen. Lordi Kelvin oli brittiläinen fyysikko, matemaatikko, insinööri ja keksijä niin teoreettisen kuin kokeellisen tutkimuksen alalla. Erityisesti hänet tunnetaan työstään termodynamiikan, sähkön ja matemaattisten analyyysien kehittäjänä. Yhdeksi tieteen suurmieheksi hänet teki hänen luomansa modernin fysiikan periaatteet ja absoluuttinen lämpötila-asteikko, jonka yksikkö Kelvin on nimetty hänen mukaansa. Lisäksi hänet tunnetaan käsitteen entropia ja termodynamiikan toisen pääsäännön luoja. /2/

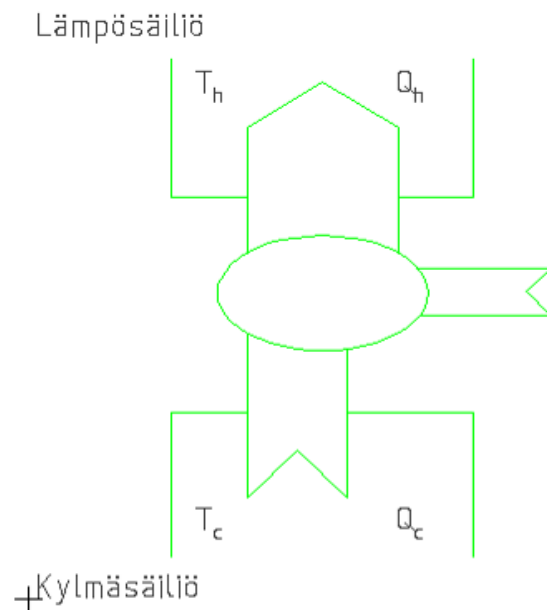
Seuraavassa on esitetty lämpöpumpun vaiheita 1900-luvulla. 1920-luvulla asennettiin ensimmäiset lämpöpumput. 1940-luvulla toisen maailman sodan aiheuttaman hiilipulan vuoksi asennettiin lämpöpumppuja Keski-Eurooppaan. 1970- 80-luku oli öljykriisien aikaa ja ilmapumput lisääntyivät. 2000- luvun energian hinnannousuun seurauksena lämpöpumput yleistyvät räjähdysmäisesti. Valtiot alkoivat tukea lämpöpumppujen hankinnoissa. /104/

4.2. Lämpöpumppujen toimintaperiaate ja tekniikka

Lämpöpumpun toimintaa voidaan verrata tavallisen kylmälaitteen, kuten pakastimen tai jääkaapin, toimintaan. Lämpöä kerätään kylmemmästä paikasta, ja se johdetaan lämpimämpään paikkaan. Lämmön siirtämisestä ja kaapin kylmyydestä huolehtii kompressor. /104/

Yksinkertaisimmillaan lämpöpumpun toimintaa voidaan kuvata Carnot'n prosessin avulla. Hyötysuhdetta on käsitelty kohdassa 4.3 Lämpökerroin eli COP-kerroin ja kylmäkerrointa kohdassa 4.4 Kylmäkerroin eli EER-kerroin. Kuvassa 15 on esitetty jäädytyskoneen ja lämpöpumpun periaatekaavio. Teho saadaan kaavasta 1:

$$P = |Q_h| - Q_c \quad (1)$$



Kuva 15. Jäädytyskoneen ja lämpöpumpun periaatekaavio /100/

Lämpöpumpun osia ovat kompressori, lämmönvaihtimet ja putkistot kiertovesipumppuineen sekä säätölaitteet. Ilmalämpöpumput sisältävät seuraavat peruskomponentit:

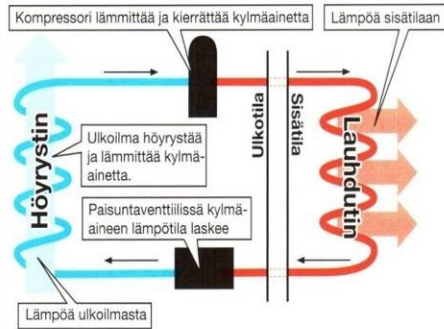
- kompressori
- höyrystin (lämmön siirrin)
- lauhdutin (lämmön siirrin)
- termostaatti
- termostaattiventtiili
- puhallin
- putkisto
- täyttö- ja sulkuventtiilit (Rotalock-venttiilit)
- lämmön siirtoaine (kylmäaine). /56/

TM Rakennusmaailman numerossa 5E/09 kuvattiin kuvan 16 mukaisesti ilmalämpöpumpun toimintaa ja sen osia. Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy sitoen lämpöä ulkoilmasta. Kompressorin puristaa kylmäainetta nostaen kylmäaineen lämpötilaa. Lauhduttimessa höyry nesteytyy ja lämpö johdetaan puhaltimien kautta huoneilmaan. Paine laskee paisuntaventtiilissä, ja samalla kylmäaineen lämpötila laskee. Sama periaate toimii kaikissa lämpöpumpuissa. Kylmäaine ja mistä (kallio, vesistö, ilma) lämpö siirretään ja mihin se luovutetaan (ilmaan, veteen) vaihtelevat. /111/

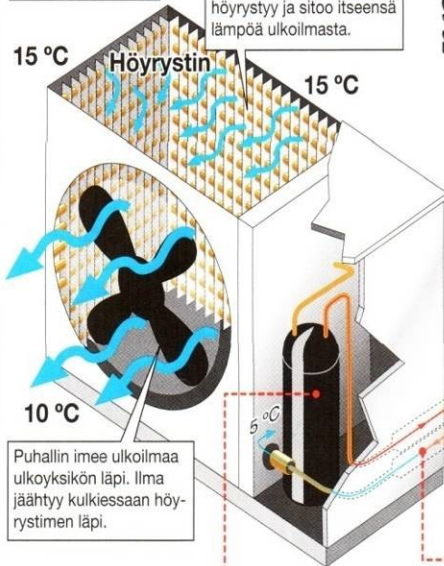
Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää lämmitykseen tai viilennykseen

Toimintaperiaate

Lämpöpumpussa on suljettu kiertö, jossa kylmäaine muuttaa olomuotoaan kaasusta nesteeksi ja päinvastoin.

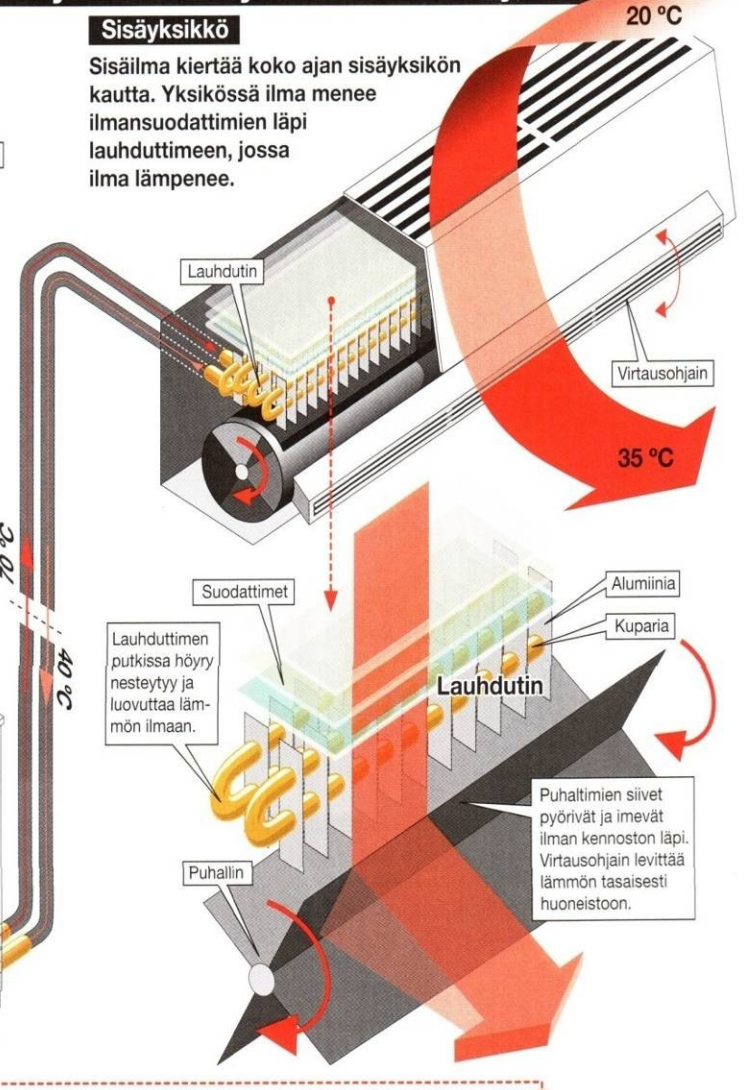


Ulkoyksikkö

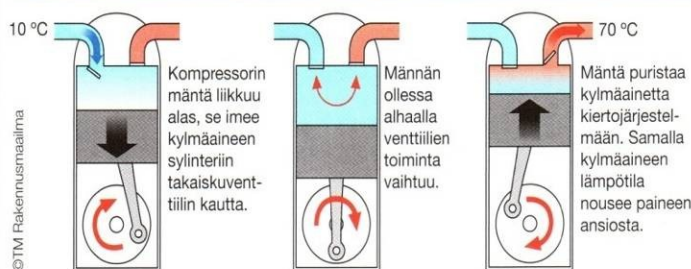


Sisäyksikkö

Sisäilma kiertää koko ajan sisäyksikön kautta. Yksikössä ilma menee ilmansuodattimien läpi lauhduttimeen, jossa ilma lämpenee.

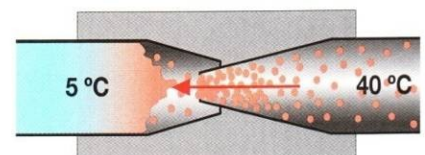


Kompressor nostaa painetta, lämpötilaa ja kierrättää kylmäainetta



Paisuntaventtiilissä lämpötila laskee

Paisuntaventtiili laskee kylmäaineen painetta, jolloin sen lämpötila laskee. Samalla osa nesteestä muuttuu höyryksi. Kylmäaine siirtyy ulkoyksikön höyrystimeen.



Kuva 16. Ilmalämpöpumpun toiminta ja sen osat /111/

4.2.1. Kompressorityypit

Lämpöpumpun tärkeimpiä osia on kompressor. Kompressorin tehtävänä on puristaa kylmäaine korkeassa paineessa lauhduttimelle. Paineen kasvaessa kylmäaineen lämpötila nousee. Lämpöpumpuissa olevat kompressorit voidaan jakaa mäntä- ja kierukkakompressoreihin. /98/

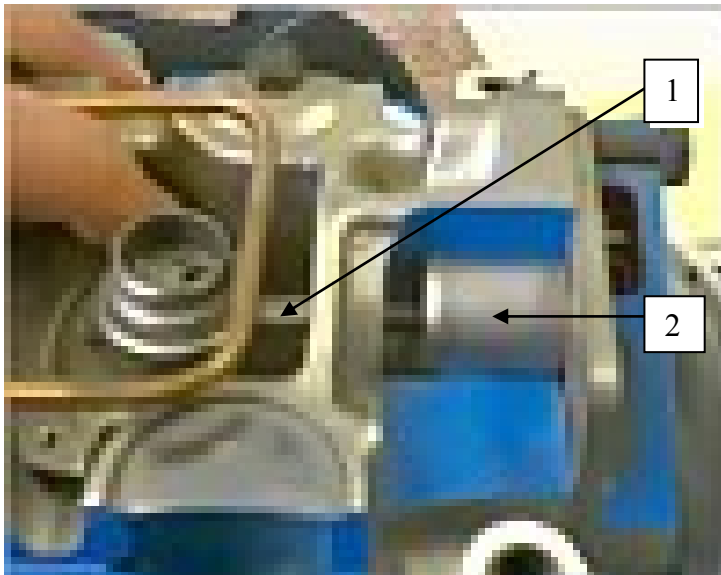
Mäntäkompressor

Mäntäkompressor on yleisin kompressorityyppi. Niitä käytetään- niin polttomoottoreissa kuin jääkaapeissa. Mäntäkompressorin osat ovat kampiakseli, kiertokanki, mäntä ja sylinteri. Mäntä liikkuu edestakaisin sylinterissä aiheuttaen kylmäaineen virtauksen venttiilien kautta sylinteriin ja sieltä pois. Kuvassa 17 on esitetty mäntäkompressorin toimintaperiaate.

Mäntäkompressorin toiminnan vaiheet:

1. Kompressorin männän (1) liikkuaessa alas nestettä virtaa sylinteriin (2).
2. Mäntä puristaa nestettä ylöspäin suuntautuvan liikkeen aikana ja nesteen paine kasvaa ja samalla nesteen lämpötila nousee.
3. Männän ollessa yläasennossa neste virtaa pois sylinteristä.

Männän liike saadaan aikaan kampiakselilla (epäkeskoinen akseli). Kuvassa 16 on mäntäkompressor. /93/



Kuva 17. Mäntäkompressor /93/

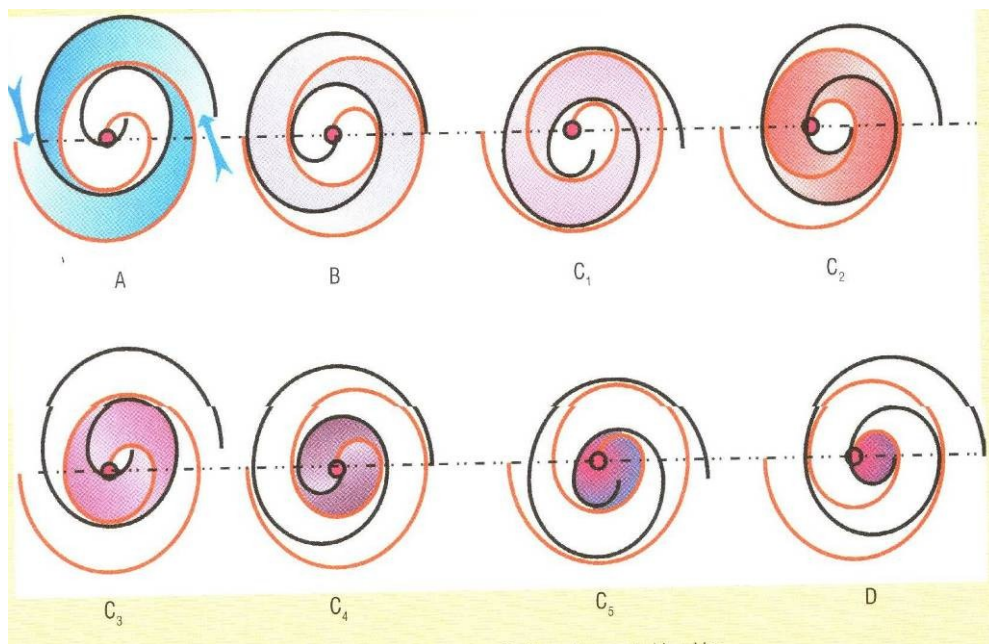
Kierukkakompressorit

Kierukkakompressorit eli scroll-kompressorit (kuva 18) ovat mäntäkompressoreita kehittyneempiä. Kierukkakompressorit tuottavat suuremman kompressoritehon kuin mäntäkompressorit. Kierukkakompressorin etuja ovat rakenteen yksinkertaisuus ja osien vähyys, jotka näkyvät kompressorityypin luotettavuudessa ja pitkäikäisyydessä. Käyntiäänäni saadaan hiljaiseksi, koska kierukkakompressorit eivät tarvitse venttiilejä. Mäntäkompressorissa mäntä liikkuu edestakaisin. Kierukkakompressorin tasainen liike vähentää mahdollisia vuotoja etenkin liitoskohdissa. Myös kierukkakompressorin voiteluaine kulkee kylmäaineen mukana, joka estää kuumenemisen ja kulumisen. Tämä takaa laitteelle pitkän käyttöiän. /8, 57, 93, 104/



Kuva 18. Kierukkakompressoreja /8/

Kierukkakompressorin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 19. Tässä kaksi toisissaan kosketuksissa olevaa kierukkaa puristavat kylmäaineen toisen kierukan pysyessä paikoillaan ja toisen tehdessä paikallaan pientä kiertoliikettä kuitenkin kääntymättä. Ulkolaidalle imeytyy kylmäainetta ja kohti keskustaa kylmäaine puristuu ja paine sekä lämpötila kasvavat. Lämmennyt ja paineistettu kylmäaine johdetaan lauhduttimeen. /104/



Kuva 19. Kierukkakompressorin toimintaperiaate /104/

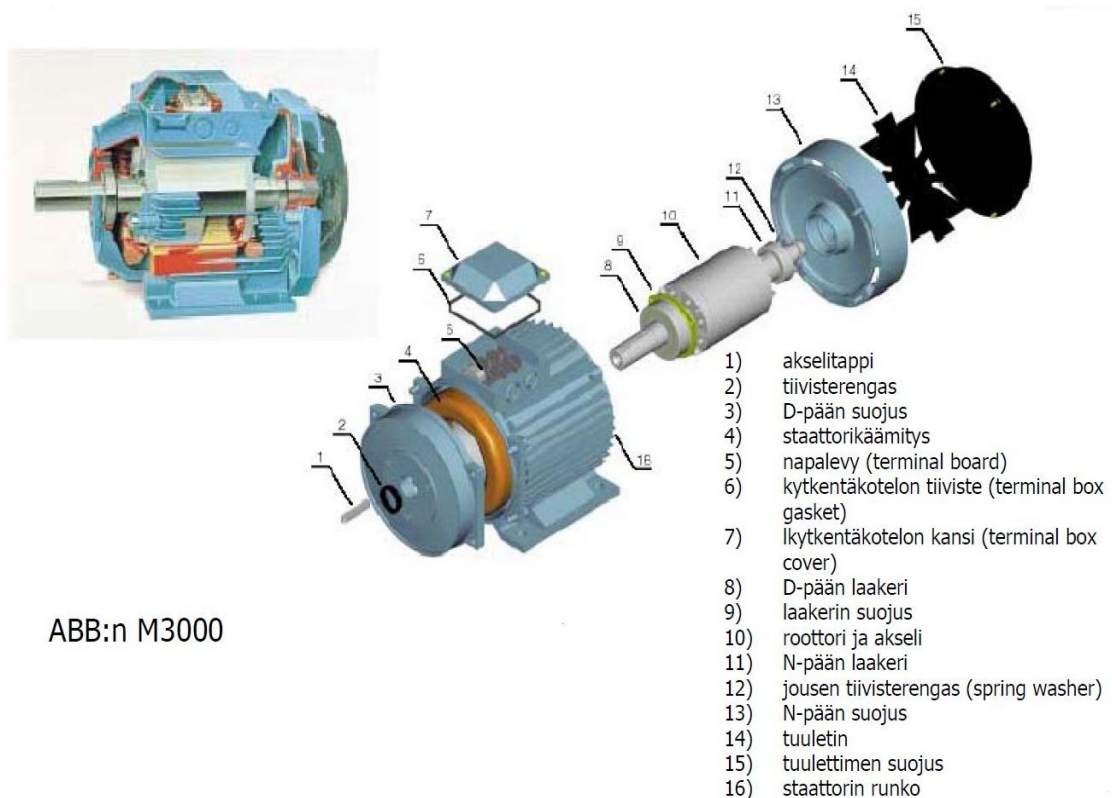
Twin rotary kompressor

Twin rotary -kompressor on kaksinokkainen pyörivä kompressor. Twin rotary -kompressorin hyviä puolia ovat mekaaninen vakaus ja kaksoislapatekniikan mahdollistama vähäinen värähtely. Lämpötilan säätömahdollisuus pienillä tehoilla on mahdollista, koska kierrosnopeutta voidaan pienentää ilman epävakautta. Muita twin rotary -kompressorin hyviä puolia ovat alhainen melutaso ja R410A-kylmäaineella saavutettava kompressoriteho. /76/

4.2.2. Oikosulkumoottori

Ilmalämpöpumput ottavat tarvitsemansa sähkön sähköverkosta oikosulkumoottoria varten. Oikosulkumoottorin tehtävänä on pyörittää kompressoria. Oikosulkumoottorin (kuva 20) kuluvia osia ovat laakerit. Moottorin hyvä puoli onkin vähäinen huollontarve. /104, 112/

Oikosulkumoottoriin syötetty vaihtovirta aiheuttaa staattoriin pyörivän magneettikentän. Roottorin oikosuljettuihin virtapiireihin indusoituu virta, kun staattorin magneettivuo leikkaa roottorin sauvoja. Roottori lähtee ”seuraamaan” pyörivää staattorikenttää. Tyyppillisesti moottoria ohjataan taajuusmuuttajalla (nopeutta tai momenttia). Ohjaimeen kytketään anturit, jotka antavat tietoa ohjauksen tarpeesta. Etuna taajuusmuuttajilla on niiden tuoma energian säästö.



Kuva 20. Oikosulkumoottori ABB:n M3000 ja sen osat /112/

Suomessa vaihtosähköverkon taajuus on 50 Hz. Tämä tarkoittaa käytännössä, että moottori pyörii jännitteen suunnan vaihtuessa 50 kertaa sekunnissa ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ 1/s}$) eli 3000 kertaa minuutissa. Kuitenkin häviöt vaikuttavat pyörimiseen ja todellinen pyörimisnopeus on 2900 kertaa minuutissa. Kolmivaihemoottorissa pyörimisnopeus on puolet yksivaihemoottoreihin verrattuna eli 1450 kierrosta minuutissa. /104/

4.2.3. Hermeettinen ja puolihermeettinen kompressorirakenne

Hermeettisellä kompressorityypillä tarkoitetaan kompressorin ja oikosulkumoottorin sijoittamista tiiviiseen koteloon (kuva 21). Kotelo suojaa kompressoria ja moottoria pölyltä ja lialta. Etuna hermeettisellä rakenteella on, ettei hukkalämpöä pääse ympäristöön, vaan moottorinlämpö lämmittää myös kylmäainetta. /104/



Kuva 21. Hermeettinen rakenne /56/

Huonona puolena voidaan pitää itse kotelon rakennetta. Sen rikkouduttua on koko hermeettinen kompressoriyksikkö vaihdettava uuteen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää puolihermeettistä kompressoria (kuva 22). Puolihermeettisiä ratkaisuja käytetään suurissa lämpöpumpuissa. /104/



Kuva 22. Puolihermeettinen rakenne /56/

4.2.4. Kylmäaineet ja niiden luokittelu

Ilmalämpöpumpuissa käytettävät kylmäaineet voidaan jakaa fluorivetyihin ja luonnollisiin kylmäaineisiin, kuten hiilidioksidi CO₂. Ilmalämpöpumpuissa eniten käytetyt kylmäaineet eli fluorihilivedyt, toisin sanoen HFC-yhdisteet, ovat syrjäyttäneet CFC-yhdisteet eli freonit. Freonit tuhoavat ilmakehän otsonikerrosta edistään täten kasvihuoneilmiötä. Vaikka tilalle käyttöön otetut HFC-yhdisteet ovat myös kasvihuonekaasuja, ne hajoavat luonnossa eivätkä tuhoa otsonikerrosta.

Jotta HFC-yhdisteiden käyttö voidaan kylmäaineena lopettaa, täytyy tilalle kehittää ympäristölle turvallisempia kylmäaineita. Yhtenä vaihtoehtona voidaan pitää hiilidioksidia, jota on luonnostaan ilmakehässä. Tällä hetkellä Sanyo markkinoi ainoana hiilidioksidia kylmäaineena käyttävää ilmavesilämpöpumppua. Hiilidioksidi aiheuttaa kuitenkin turvallisuuden kannalta toimenpiteitä. Hiilidioksidia kylmäaineena käyttävien lämpöpumppujen paine nousee 100bar:n jopa ylikin. Tästä syystä laitteiston rakenne on suunniteltu siten, että mahdollisissa räjähdystilanteissa kylmäaine leviää ulkoilmaan eikä räjähdystä pääse tapahtumaan sisätiloissa. Etuna hiilidioksidissa on myös sen korkeammassa lämpötilassa. Lämpö luovutetaan ilmaan 60°C:sa. /62, 104/

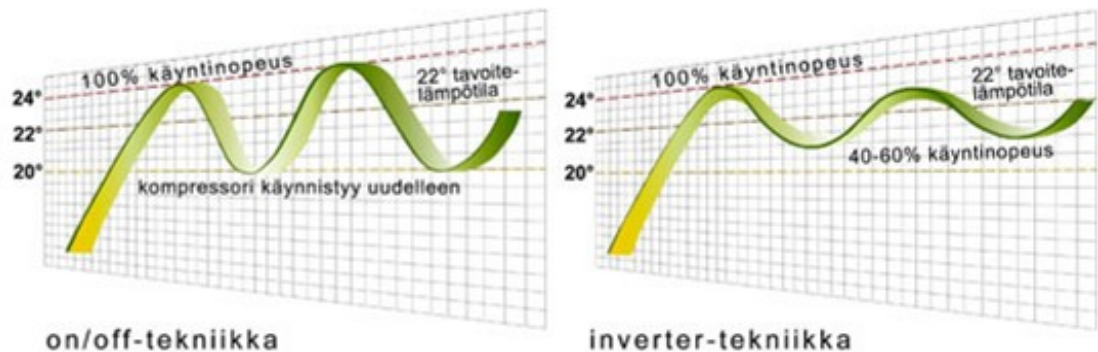
HFC-kylmäaineita ovat mm. R134a, R404A, R407C, R410A ja R507, jotka ovat ongelmajätteitä. Ne tulee ottaa talteen ja toimittaa käsiteltäväksi asianmukaisella tavalla. Ilmalämpöpumpuissa yleisin käytetty kylmäaine on R410A./61, 62/

Kylmäaineiden käsittelylupia ja niihin liittyviä määräyksiä on käsitelty kohdassa 7.2 Turvallisuusmääräykset ja kylmäaineluvat. Suomessa kylmäaineista ja niiden käsittelystä voi saada tietoa Suomen Kylmäliikkeiden liitto Ry:n kautta.

4.2.5. Säätolaitteet

Ilmalämpöpumppujen säätö voidaan suorittaa kahdella eri tavalla, joko on/ off- säätönä tai invertterisäätönä. On/ off-säädössä kompressorin käynnistyy termostaatin mukaan ja käy täydellä teholla niin kauan kunnes termostaatti katkaisee lämmön tuotannon. Ongelmaksi muodostuu kompressorin käynnistymien ja sammuminen. Tätä voidaan verrata auton kylmäkäynnistykseen, mikä kuluttaa auton moottoria. Lisäksi käyntikertojen lukumäärä ja niiden pituus vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan. Myös kompressorin käynnistyessä aiheuttama melu on on/ off- säädön huonoja puolia. /27, 104/

Invertterisäädön (kuva 23) tarkoituksena on saada kompressorin käymään tasaisesti pitkiä aikoja ilman pysähtymistä. Melu vähenee ja käyttöikä pitenee. Elektronisella laitteella niin kutsutulla inventterillä muutetaan vaihtosähkön taajuutta, jolloin kompressorin käynti on tasainen ilman toistuvia pysähtymisiä ja käynnistymisiä. Inventterit ovat kehittyneet nopeasti ja kehityksen myötä niiden käyttö on ilmalämpöpumpuissa yleistynyt, ja hinnat ovat laskeneet. /27, 104/



Kuva 23. On/off-tekniikka ja invertter-tekniikka eroavat toisistaan kompressorin käynnin mukaan /104/

Lämpöpumppujen yhteydessä puhutaan myös osateho- ja täystehomitoituksesta. Osateholle säädetty laite ei tuota kaikkea lämmitykseen tarvittavaa energiaa vaan tarvitaan lisälämmityksellä tuotettua energiaa kattamaan lämmityksen vaje. Mitä pienemmällä osateholla ilmalämpöpumppu käy, sitä enemmän lisälämmitystä tarvitaan.

Elektroninen paisuntaventtiili

Elektronisella paisuntaventtiilillä saavutetaan korkeampi höyrystymislämpötila kuin perinteisellä paisuntaventtiilillä. Täten höyrystimestä saadaan huomattavasti suurempi teho ja koneiston hyötysuhde paranee. /1/

Anturit

Ilmalämpöpumpuissa anturien tehtävänä on mitata sisäilman lämpötilaa. Termostaatti katkaisee lämmityksen, kun lämmitystä ei tarvita, ja käynnistää ilmalämpöpumpun, kun anturi ilmoittaa sisäilman lämpötilan olevan säädettyä alhaisempi. /56/

4.3. Lämpökerroin eli COP-kerroin

Lämpöpumppujen tehokkuutta kuvaamaan on määritetty niin sanottu COP-kerroin. COP muodostuu sanoista Coefficient Of Performance. Käytännössä COP-kerroin kuvaa pumpun tuottamaa energiamäärää kuluttamaansa energian suhteeseen. Näin ollen COP-kertoimen ollessa 3 kuluttaa pumppu tuottamaansa 3 kilowattituntia kohden yhden kilowattitunnin verran sähköä. Ilmalämpöpumppujen toimintaperiaate ja COP- kerroin saadaan termodynamiikassa esitetyn Carnot-prosessin mukaisesti. /111/

Teoriassa COP-kerroin voidaan määritellä kaavan 2 mukaisesti:

$$\text{COP- /Lämpökerroin} = T_2 / (T_2 - T_1), \text{ missä} \quad (2)$$

T_1 = Ulkoilman, maan tai veden lämpötila eli kohteen lämpötilaa, mistä lämpö kerätään (Kelvin- yksikössä).

T_2 = Kylmäaineen lauhtumislämpötila eli sisäilman tai kiertoveden lämpötila (Kelvin- yksikössä). /104/

Esimerkiksi kaavan 2 mukaisesti saadaan COP-kerroin laskettua, kun ilmanlämpötila on 0°C eli 273K ja energia luovutetaan lämpötilassa 50°C eli 323K:

$$\text{COP- /Lämpökerroin} = 323\text{K} / (323 - 273)\text{K} = 6,46 \quad (2)$$

Taulukossa 2 on esitetty COP-kertoimen vaikutusta energiaosuuksiin. Taulukosta voidaan havaita COP-kertoimen kasvavan suhteessa ilmaisenergiaan. /101/

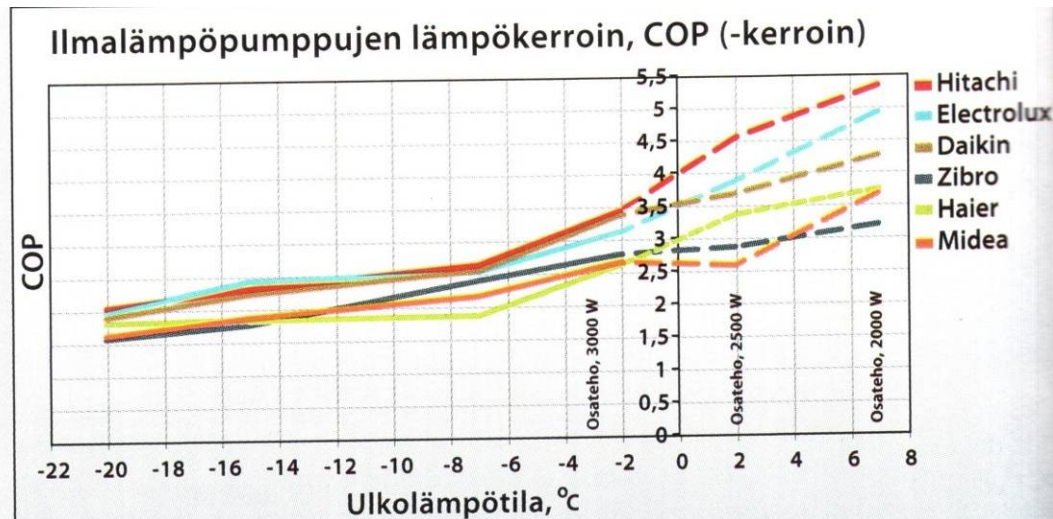
Taulukko2. lämpökertoimen vaikutus energiaosuuksiin /101/

Lämpökerroin	Sähköenergia	Ilmaisenergia
2,0	50%	50%
2,2	45%	55%
2,5	40%	60%
2,8	36%	64%
3,0	33%	67%
3,2	31%	69%
3,5	29%	71%
3,8	26%	74%
4,0	25%	75%

Tämä teoreettinen arvo vastaa kuitenkin harvoin todellisuutta. Oletuksena on, että lämpöpumppu toimii 100 % hyötysuhteella. Laitteistossa kuitenkin esiintyy aina kitkaa ja lämpöhäviöitä. Hyötysuhdetta alentaa käytännössä kompressorin ja apulaitteiden sähkönkulutus, ja keruulämpötila tulisi mitata paisuntaventtiilin jälkeen höyrystimessä, ja luovutuslämpötila kylmäaineen lämpötilana kompressorin jälkeen lauhduttimessa. Käytännössä COP-kertoimen arvo on 3. /94, 104/

Ongelmaksi muodostuu kuitenkin ilmalämpöpumppujen toiminnan tehokkuus verrattaessa lämmitys tarpeeseen. Ilmalämpöpumppu toimii tehokkaimmin, kun ulkoilman ja sisäilman eli keruu- ja luovutuslämpötilojen lämpötilaero on pieni. Mitä kylmemmäksi pakkaneen kiristyy, sitä huonommaksi ilmalämpöpumpun hyötysuhde laskee. Tämä on ristiriidassa sen kanssa, että kovilla pakkasilla ilmalämpöpumput lämmittävät sähkövastuksilla juuri, kun sähkönkulutus on muutenkin korkeimmillaan. Tämä ei poista ongelmaa sähkön riittävyydestä kovilla pakkasilla. /111/

Kuvassa 24 on esitetty lämpöpumpun hyötysuhteen ja ilman lämpötilan välistä käyttäytymistä. Parhaimmillaan hyötysuhde on siis pienillä pakkasilla ja $+7^{\circ}\text{C}$ asteessa. Tutkimustulos on TM Rakennusmaailma 5E/09 tehdystä ilmalämpöpumppujen vertailusta. Kuvasta 23 näkyy myös, millä osateholla pumppu on mittaushetkellä käynyt. /111/



Kuva 24. Ulkolämpötilan vaikutus COP- kertoimeen /111/

Hyötysuhteen parantamiseksi kannattaakin muun lämmityksen termostaatit asettaa alempaan lämpötilaan kuin lämpöpumpun termostaatit. Esimerkiksi sähköpatterit kannattaa säätää noin $16-18^{\circ}\text{C}$:seen, kun ilmalämpöpumpun termostaatti on asetettu 20°C :seen.

Ruotsissa kehiteltävässä lämpöpumppujen gsm-ohjausjärjestelmän avulla lämmitystä ohjataan gsm-verkon välityksellä tulevien säätiedotteiden mukaan. Näin voidaan ennakolta aloittaa lämmitys ennen pakkasen kiristymistä ja lopettaa lämmitys jo ennen ilman lauhtumista. Tämä vähentää muun muassa ilmastointilaitteen ja liian lämpimän huoneilman takia suoritettavan tuulettamisen välityksellä ulkoilmaan siirtyvää lämpöenergiaa eli niin sanotusti harakoille lämmittämistä. Tästä tekniikasta arvellaan koituvan noin 10 % säästöt. /104/

TM Rakennusmaailma kehittää mittausolosuhteita, joissa ilmalämpöpumput voitaisiin tutkia luotettavasti. Myös VTT:n tutkimukset ja mittaukset ovat luotettavia. VTT:n mittaukset suoritetaan Otaniemessä Espoossa. Internetistä löytyy erilaisia COP- kannattavuuslaskureita vuosisäästöjen ja COP-kertoimen tarkasteluun.

4.4. Kylmäkerroin eli EER-kerroin

Teoreettinen kylmäkerroin eli EER (Energy Efficiency Ratio) voidaan määritellä myös carnot- prosessin mukaisesti (kaava 3):

$$\text{EER- /kylmäkerroin} = T_1 / (T_2 - T_1), \text{ missä} \quad (3)$$

T_1 = Ulkoilman, maan tai veden lämpötila eli kohteen lämpötilaa, mistä lämpö kerätään (Kelvin- yksikössä).

T_2 = Kylmäaineen lauhtumislämpötila eli sisäilman tai kiertoveden lämpötila (Kelvin- yksikössä). /100/

Ilmalämpöpumpulla jäähdytettäessä kannattaa huoneilman lämpötilaa laskea aste kerrallaan. Tämä säästää enemmän sähköä kuin kerralla tavoiteltuun lämpötilaan jäähdytettäessä. /107/

4.5. Antoteho, ottoteho ja puhallusteho

Ilmalämpöpumpua hankittaessa tulisi ottaa huomioon myös antoteho ja ottoteho. Tärkeää on selvittää kuinka pieneksi ottotehon voi säätää. Esimerkiksi:

1. Daikin INVERTTERI ILMALÄMPÖPUMPPUFTXG E-sarja hi-wall FTXG25E-W/S:

Ottoteho, jäähdytys min~nimellis~maks kW 0,3~0,62~0,95 ja

Ottoteho, lämmitys min~nimellis~maks kW 0,29~0,825~1,42

Jäähdytysteho (antoteho) min~nimellis~maks kW 1,3~2,5~3,0 ja

Lämmitysteho (antoteho) min~nimellis~maks kW 1,3~3,4~4,5. /7/

2. Mitsubishi MSZ-FD 25 VABH:

Lämmitysteho (nimellisteho) kW 1,5–6,3 (3,2) ja

Jäähdytysteho (nimellisteho) kW 1,1–3,5 (2,5)

Omakäyttöteho (lämmitys), nimellisteho kW 0,60 ja

Omakäyttöteho (jäähdytys), nimellisteho kW 0,485. /34/

Ottotehon ja antotehon suhde kertoo pumpun hyötysuhteesta. Säättämisen mahdollisuus lisää laitteen energiatehokkuutta ja lisää säästöjä. Puhallustehoon kannattaa kiinnittää huomiota, koska se kertoo kuinka tehokkaasti laite levittää lämpöä huoneilmaa. Jos puhallusteho on olematon, ei hyvällä hyötysuhteella ole merkitystä.

4.6. Erilaisia lämpöpumppuja

Lämpöpumput voidaan jakaa neljään eri ryhmään lämpöpumpun lämmön keräystavan ja luovutustavan mukaan. Tunnusvärejä käytetään erottamaan eri lämpöpumpputyypit toisistaan:

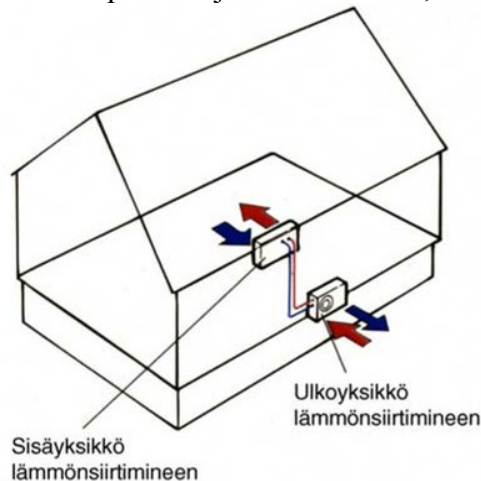
1. ilmalämpöpumppu ILP, sininen
2. ilmavesilämpöpumppu UVLP, punainen
3. poistoilmalämpöpumppu PILP, keltainen
4. maalämpöpumppu MLP, vihreä
5. suorahöyrystinlämpöpumppu. /64, 104/

Jotta lämpöpumppujen vertailu olisi helppoa, testataan lämpöpumput ennalta sovituissa lämpötiloissa. Esimerkiksi maalämpöpumpuissa merkintä 0/35 tarkoittaa maapiiriin palaavan nesteen lämpötilaan 0°C ja lämmityspiiriin palaavan veden lämpötilaa 35°C. Laittevalmistajan käyttöohjeissa on merkinnät EU:n direktiiveistä, CE-merkinnästä ja COP-kertoimesta. /51/

Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry eli Sulpu tekee yhteistyötä EU direktiivien valmistelussa Euroopan Lämpöpumppuyhdistyksen EHPA:n kanssa. Kansainvälinen Energiajärjestö IEA on perustanut lämpöpumppuorganisaation (IEA Heat Pump Programme eli IEA HPP) edistämään lämpöpumpputeknologian yleistymistä maailmanlaajuisesti. Ohjelma palvelee niin päättäjiä, viranomaisia, suunnittelijoita ja tutkijoita sekä tavallisia kansalaisia.

4.6.1. Ilmalämpöpumput, ILP

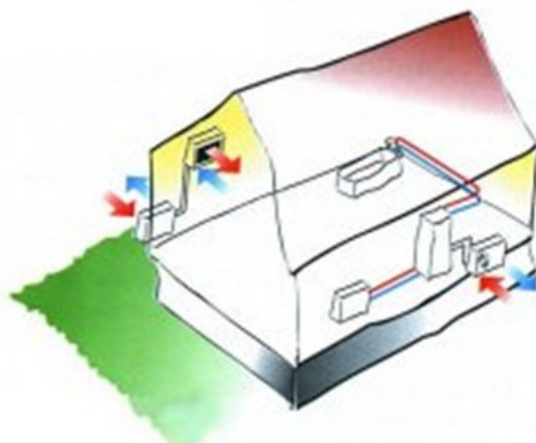
Ilmalämpöpumppujen toimintaperiaate (kuva 25) perustuu suoraan ulkoilmasta kerättävään auringon lämpöenergiaan. Ilmalämpöpumppujen etuina ovat helppo asennettavuus sekä uudis- että saneerauskohteisiin, edullinen hinta ja yksinkertainen tekniikka. Lämmitysenergiasta ilmalämpöpumpulla on mahdollisuus säästää noin 30–50 %. Tarkemmin ilmalämpöpumpun toimintaperiaatteen voi kerrata kohdasta 4.2 Lämpöpumppujen toimintaperiaate ja tekniikka. /64, 104/



Kuva 25. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate /64/

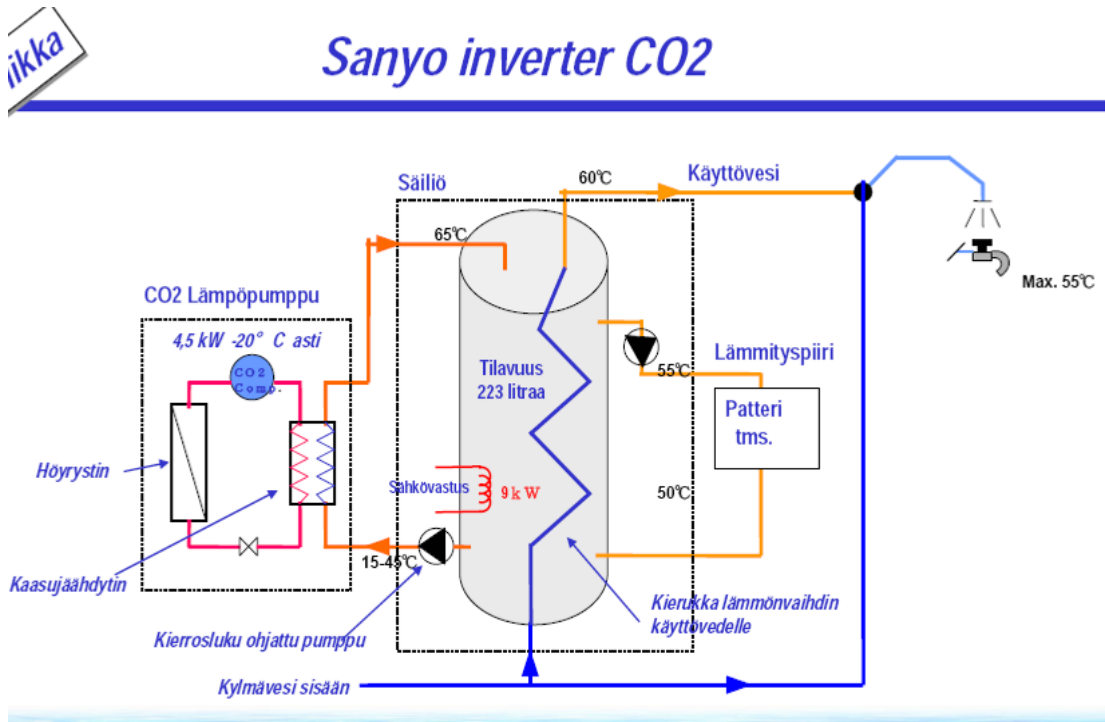
4.6.2. Ilmavesilämpöpumppu, UVLP

Kuten nimestäkin voi päätellä, ilmavesilämpöpumppu (kuva 26) kerää lämpöenergian ilmast ja luovuttaa sen veteen vesivaraajassa. Etuna ilmalämpöpumppuun verrattuna on, että ilmavesilämpöpumpulla voi lämmittää myös käyttövettä ja järjestelmä toimii vesikiertoisella patteriverkostolla varustetuissa talouksissa. Ilmavesilämpöpumput säästävät jopa 65 % lämmityskustannuksista ihanneolosuhteissa. Realistinen arvio on välillä 45–65 %. /64/



Kuva 26. Ilmavesilämpöpumppu lämmittää veden vesivaraajassa /64/

Tarkemman kuvan ilmavesilämpöpumpun toiminnasta saa kuvasta 27. Kuvassa 27 on esitetty Sanyon hiilidioksidi-ilmavesilämpöpumpuntoimintakaavio. Ilmavesilämpöpumput antavat parhaan hyötysuhteen talouksissa, joissa käytetään paljon lämmintä vettä talon lämmityksen lisäksi, esimerkiksi lapsiperheet.



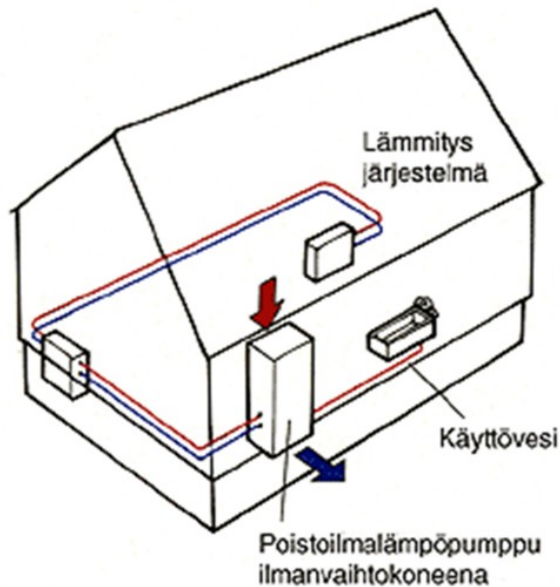
Kuva 27. Sanyo inverter CO₂ ilmavesilämpöpumpuntoimintaperiaate /58/

4.6.3. Poistoilmalämpöpumppu, PILP

Poistoilmalämpöpumpulla otetaan hyötykäyttöön talosta ilmastoinnin kautta poistuva lämpöenergia eli normaalisti harakoille menevä lämpö. Kerätty lämpö luovutetaan takaisin joko tuloilmaan tai vesivaraajan lämmitykseen. /64, 104/

Nykyisien rakennusmääräyksien vuoksi uusiin taloihin on asennettava lämmön talteenotto. Tämä tarkoittaa, että 30 % lämmöstä on otettava talteen. Poistoilmalämpöpumpun säästö on noin 30–50 %. /49/

Kosteaa poistoilma kerätään rakennuksen kosteista tiloista ja johdetaan ilmanvaihtokanavien kautta lämpöpumpulle ja taas takaisin ilmanvaihtoon ja asuintiloihin. Poistoilmalämpöpumput (kuva 28) soveltuvat hyvin esimerkiksi matalaenergiataloihin lämmöntalteenottoon ja ilmanvaihtoon.

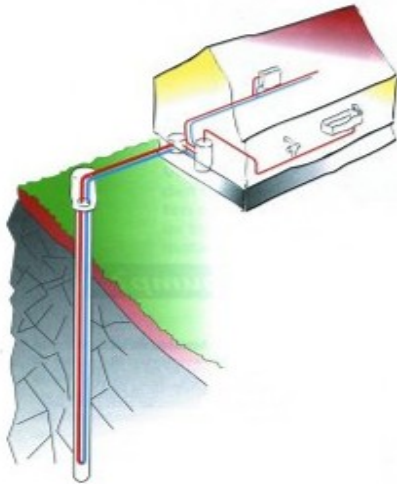


Kuva 28. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate /64/

4.6.4. Maalämpöpumppu, MLP

Maalämpöä kerätään joko vaaka- tai pystyputkistolla maasta tai vedestä. Keruuputkistosta kiertävään keruunesteeseen sitoutunut energia luovutetaan vesikiertoon. Vaikka maalämpöpumput ovat huomattavasti muita lämpöpumppuja kalliimpia, niiden toimintavarmuus ja pieni muun lisälämmityksen tarve tekee maalämmöstä varteenotettavan vaihtoehdon niin uudis- kuin saneerauskohteissa. /64, 104/

Maalämmön (kuva 29) etuna voidaan pitää myös niin kutsutun ilmaiskylmän eli jäähdyttämisen mahdollisuutta kesäisin. Kuitenkin korkeat perustamiskustannukset ja uusien rakennusmääräyksien mukaiset niin kutsuttujen matala-, passiivi- ja nollaenergia talojen vähäinen lämmitysenergian tarve ja täten pitkä takaisinmaksuaika hidastavat maalämpöpumppujen yleistymistä. Säästöiksi luvataan 2/3 osaa lämmityskustannuksista. /55, 64, 104/



Kuva 29. Maalämpöä kerätään porakaivoon asennetulla putkistolla /64/

4.6.5. Suorahöyrystinlämpöpumppu

Suorahöyrystinlämpöpumpun toimintaperiaate perustuu maahan kaivettuun tai lämpökai-
voon upotettuun kupariputkeen, jossa kylmäaineen höyrystyminen tapahtuu kaasuksi.
Ongelmaksi muodostuu kuitenkin voiteluaineenkierto. Suorahöyrystinlämpöpumppuja ei
juuri ole käytössä, ja ne ovat poistumassa käytöstä kokonaan. /64/

5. ILMALÄMPÖPUMPPUJEN ETUJA

5.1. Kustannukset

Lämmitys aiheuttaa kustannuksia niin laitteiston kuin energian ja huollon osalta. Kustannukset voidaan jakaa karkeasti pääomakustannuksiin eli laitteiston hankintaan ja sen arvon alenemiseen, energiakustannuksiin ja käyttö- sekä huoltokustannuksiin. Kustannuksia arvioitaessa kannattaa ottaa huomioon lainan korot ja mahdollinen koron nousu ja lasku.

Ilmalämpöpumppujen maahantuoilta ja jälleenmyyjiltä pyydettiin tarjouksia ilmalämpöpumpuista. Tarjouksia haettiin Internetistä ja sähköpostitse maahantuoilta ja asentajilta sekä vierailtiin paikallisissa yrityksissä. Oletuksena tarjouspyynnöissä oli noin 150 m² puuverhoiltu ja yksikerroksinen omakotitalo, jossa on suora sähkölämmitys. Rakennuksen oletettiin sijaitsevan Kemi-Tornio-alueella. Taulukossa 3. on yhteenveto saaduista tarjouksista. Osa laitteistosta on tarkoitettu myös suurempien tilojen kuin 150 m²:n lämmittämiseen. Itse tarjouspohja löytyy liitteenä 1. Tarjouksia pyydettiin 25 yritykseltä, joista noin puolet vastasi tarjouspyyntöön. Taulukon 3 hinnat ovat laitteiston hintoja. Asennuksen hinnat vaihtelivat 350–700 €:n välillä ja osa asennuskustannuksista sisälsi matkakulut.

Taulukko 3. Yhteenveto saaduista ilmalämpöpumppujen tarjouksista

Tuote	Laitteen hinta (ml.alv)
Daikin FTXL25	1 300 €
Hitachi Prerium 18SX8	1 590 €
Hitachi Prerium 25 SX8	1 740 €
Mitsubishi GE 35	1 140 €
Mitsubishi FD 35	1 450 €
Mitsubishi FD 50	2 240 €
Panasonic NE 12	1 195 €
Panasonic HE 12	1 490 €
Fujitsu Nocris 14	1 480 €
Fujitsu Nocris 18	1 880 €
Daikin FTXG-E 25	1 350 €
Daikin FTXG-E35	1 590 €
Daikin Uru.Sar. 28	1 695 €
Daikin Uru.Sar. 42	2 050 €
Sanyo 94	1 350 €
Sanyo 124	1 590 €
Mitsubishi FD 35	1 350 €
Sanyo Shiki Kan KCRV 1254 EHDVN	1 490 €
Panasonic HE 9	1300 €
Ultimate 20 twin pro plus inverter	798 €

On huomioitavaa, että osa laitteistoista on tarkoitettu hieman pienemmän tilan kuin 150 m²:n lämmittämiseen ja osa suuremman tilan kuin 150 m²:n lämmittämiseen. Pienempi tehoisia ilmalämpöpumppuja voidaan asentaa 150 m²:n taloon kaksi kappaletta. Tällöin laitteiston hinta kaksinkertaistuu. Esimerkiksi Panasonic nordic HE 9 maksaa noin 1300 € ja riittää noin 80–140 m²:n lämmittämiseen. Nyt laitteen tehon riittävyys riippuu talon avaruudesta (huonekorkeus, talon malli).

Oulun Lääninhallitus teki maaliskuussa selvityksen ilmalämpöpumppujen hinnoista asennuksineen. Oletuksena oli 140 m² sähkölämmitteinen omakotitalo. Tarjouksia pyydettiin selvityksessä Kajaanin, Muhoksen, Limingan, Tyrnävän ja Oulun alueelta. Yhteensä tarjouspyyntöjä lähetettiin 25 liikkeeseen ja vastauksia saatiin 14 liikkeestä. Yhteensä laitteistotarjouksia oli 17 kappaletta. /40/

Vertailussa todettiin ilmalämpöpumppujen hintojen vaihtelevan 1285–2490 euron välillä. Vertailun tekivät vaikeaksi seuraavat tekijät:

- Hinnan osatekijät jätettiin ilmoittamatta.
- Sähköasennuksen hinta puuttui, mikä nostatti lopullista hintaa.
- Osa liikkeistä ilmoitti vain laitteen ja kylmäasennuksen hinnan.

Laiteen ja työn takuun kesto vaihteli tutkimuksessa yhdestä kuuteen vuoteen ja varaosien saatavuus viidestä kymmeneen vuoteen. /40/

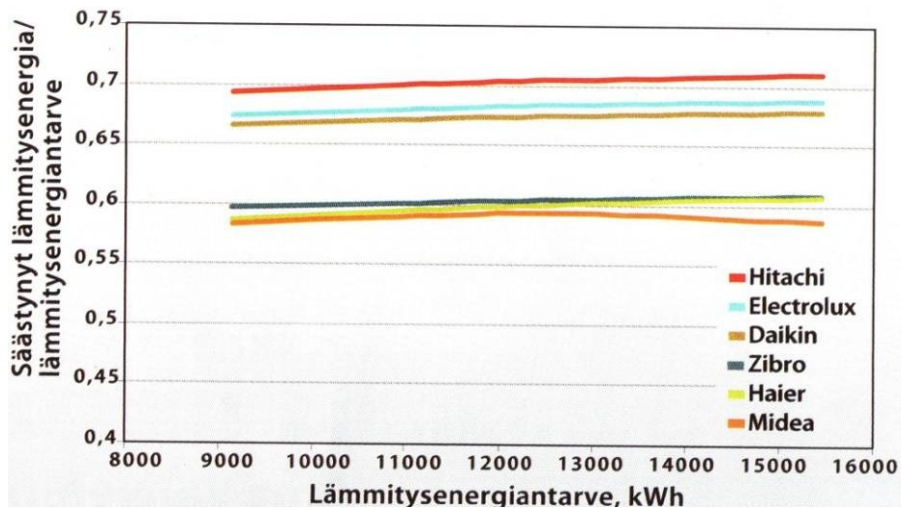
Tekemässäni vertailussa ilmalämpöpumppujen hinnoista, asennuksista, varaosista ja takuuajoista ilmeni samanlaisia ongelmia kuin Oulun Läninhallituksen vertailussa. Suurin ongelma oli tarjouksien saaminen yrityksiltä Kemin, Tornion, Simon ja Pellon alueelta. Toinen ongelma oli hintojen ilmoittaminen. Usea yritys ilmoittaa laitteiston hinnan ja asennushinnan. Asennushinnassa ei eritelty sähköasennusta ja kylmäasennusta. Matkakustannuksetkin jätettiin usein erittelemättä.

5.2. Rahallinen hyöty

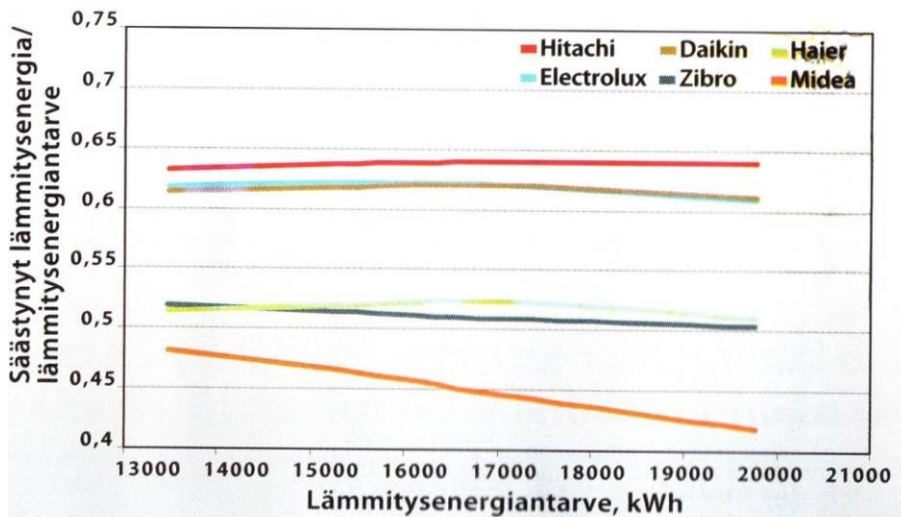
Maalämpö-, poistoilma- ja ilma-vesilämpöpumppu voivat olla monen kukkarolle liian kalliita investointeja. Maalämmön perustamiskustannuksien ollessa 11 000–18 000 € (lämmön pinta-ala 150 m²) ja ilma-vesi- sekä poistoilma-lämpöpumppujen maksaessa ilman asennusta 4000–10 000 € kuulostavat ilmalämpöpumppujen hinnat melko huokeilta.

Henkilökohtaisesta kokemuksesta voi sanoa, että maalämmön perustamiskustannukset vaihtelevat huomattavasti Etelä- ja Pohjois-Suomen (lisäksi Pohjois-Pohjanmaa) välillä. Omakotitaloomme maalämpöä hankittaessa, hankintahintojen erotus kalleimman ja halvimman vaihtoehdon välillä oli 5000–6000 €.

Ilmalämpöpumppujen hinnat vaihtelevat laidasta laitaan samoin kuin itse laitteen energiatehokkuuskin. Tässäkin voidaan pitää sääntönä: ”Halvalla ei hyvää saa”. Tärkeintä on tarkistaa ilmalämpöpumpun soveltuvuus paikkakunnan sääolosuhteisiin. TM Rakenusmaailmassa 5E/09 numerossa pelkästään Etelä- ja Pohjois- Suomen olosuhteet poikkeavat toisistaan niin paljon, että Etelä-Suomessa hyvällä hyötysuhteella toimivat ilmalämpöpumput eivät tuota lämpöä riittävästi Pohjois-Suomen kylmänä talvikautena (kuvat 30 ja 31). /111/



Kuva 30. Ilmalämpöpumput testattu Helsingin olosuhteissa /111/



Kuva 31. Ilmalämpöpumput testattu Sodankylän olosuhteissa /111/

Ilmalämpöpumppujen valmistajat lupaavat ilmalämpöpumppujen säästävän 30-50 % lämmityskustannuksista. Jotta säästöt ovat mahdollisia, tulee ottaa huomioon seuraavat tekijät:

- Lämpöpumppu on tarkoitettu Suomen kylmiin oloihin.
- COP- kerroin on pakkasilla (-7- -15 °C) tarpeeksi korkea 2-2,5.
- Ottotehon ja antotehon suhde ja minimi ottoteho.
- Puhallusteho on riittävä.
- Lämmitysteho on tarpeeksi korkea pakkasilla (-7- -15 °C) yli 2,5 kWh.
- Ilmalämpöpumppu on mieluummin ylimitoitettu kuin alimitoitettu lämmitettävään pinta-alaan nähden.
- Ilmalämpöpumppu on asennettu siten, että lämmin ilma pääsee virtamaan vapaasti eri huoneisiin.
- Huolehditaan, että ilmalämpöpumppu käy pitkiä jaksoja pysähtymättä eli ilmalämpöpumpussa on invertteri-ohjaus.
- Muu lämmitys on säädetty lämmittämään vasta huonelämpötilan tippuessa huomattavast, esimerkiksi 16-18°C:seen.
- Huonelämpötilaa ei nosteta liian korkeaksi. Suositeltava huonelämpötila on 18-22 °C.
- Ilmalämpöpumppua ei käytetä keväällä ja kesällä viilentämään huoneilmaa.
- Jos rakennuksessa on varaavatakka tai tulipesä, pakkaskausi lisälämmitys hoidetaan puuta, pellettiä tai haketta polttamalla ja ilmalämpöpumpulla kierrätetään sisäilmaa, jotta lämmin ilma pääsee virtamaan huonetiloihin.

Lämpöpumppujen toiminta perustuu Carnot-prosessiin. Prosessi asettuu vakaaseen tilaan vasta oltuaan riittävän pitkään toiminnassa. Tämän vuoksi ilmalämpöpumpusta saatava hyötysuhde on parhaimmillaan, kun pumppu käy pitkään. Kovilla pakkasilla ilmalämpöpumpun automatiikka huolehtii, että pumppu sammuu, kun hyötysuhde laskee liian alhaiseksi. /41, 70/

5.3. Muut hyödyt

Ilmalämpöpumpulla voidaan saada muitakin hyötyjä kuin rahallinen hyöty. Etenkin aurinkoisella paikalla sijaitsevilla taloissa ongelmana kesällä voi olla liian lämmin huonelämpötila. Ilmalämpöpumppu viilentää keväällä ja kesällä ja ilmalämpöpumpun viilennysteho onkin suurempi kuin lämmitysteho.

Usein huoneilman ja lämpötilan tekee tukalaksi liiallinen kosteus. Ilmalämpöpumpulla voidaan poistaa kosteutta huoneilmasta. Tästä on hyötyä niin asukkaiden hyvinvoinnin kuin rakennuksien rakenteiden kannalta. Ilmalämpöpumppu puhdistaa huoneilmasta pölyn. Pöly kerääntyy ilmalämpöpumpun etupaneeliin ja suodattimiin. Jotta ilmalämpöpumppu toimii huoneilman puhdistajana, suodattimien ja etupaneelin pesu tulee suorittaa riittävän usein. Kerääntynyt pöly voi aiheuttaa myös paloturvallisuusriskin.

Ilmalämpöpumpun suodattimet poistavat ilmasta myös homeitiöitä, joita on normaalissa ulkoilmassa. On kuitenkin huomioitavaa, että ilmalämpöpumpulla ei voida korjata home-ongelmaista taloa.

Kesämökkien ja loma-asuntojen lämmitys ja ilmanvaihto on edullista suorittaa ilma-lämpöpumpulla. Kesämökkien termostaatit säädetään matalalle ja lämmitys tapahtuu ilma-lämpöpumpulla. Rakennus tuulettuu ja kosteus poistuu, jolloin rakenteet pysyvät kuivina ja niin sanotusti terveinä.

Ilmalämpöpumppu soveltuu lämmitysvaihtoehdoksi niin uudis- kuin saneerauskohteisiin. Sähkölämmitteiseen rakennukseen, jossa ei ole vesikiertoisia pattereita, tai rakennukseen, johon on asennettu lattialämmitys, ei tarvitse asentaa pattereita. Patterit seinällä koetaan monesti turvallisuusriskinä etenkin pienille lapsille. Jotta pienet lapset eivät polta käsiään sähköpattereihin, voidaan patterit kyllä suojata patterinsuojuksilla. Patterit eivät ole mikään koriste seinällä ja niiden taakse kerääntyy pölyä ja likaa. Ilmalämpöpumppujen sisäyksikköjen ulkonäköön on kiinnitetty yhä enemmän huomiota. Tarjolla on niin eri väri vaihtoehtoja. Esimerkiksi LG:n Art Cool Gallery ilmalämpöpumput toimivat myös sisustuselementtinä niin tauluina kuin valokuvakehyksenäkin. /42/

Ilmalämpöpumppujen etuna voidaan pitää myös niiden vaivattomuutta asukkaalle. Säännöllisen sisäyksikön puhdistaminen ja ulkoyksikön ympäryksen siistinä pitäminen, tarvittavat lämpötilan säädöt sekä kauko-ohjaimen patterin vaihto jäävät asukkaan tehtäväksi. Ilmalämpöpumppujen viat korjataan paikan päällä ja takuu aika on yleensä 2-3 vuotta. Kompressorille annetaan 2-5 vuoden takuu. Asentaja antaa asukkaille tietoa takuusta, laitteen säätämisestä ja yhteystiedot ongelmatilanteita varten. Jopa tapettien vaihtoa varten tullaan sisäyksikkö irrottamaan ja asentamaan uudelleen paikoilleen. Asentajan kanssa on hyvä keskustella, mitä saa tehdä itse, ja mitä palveluita sinulla on mahdollisuus ja olet oikeutettu saamaan. /96/

Takuu ehtojen kanssa kannattaa olla varovainen. Usein laitteen takuu astuu voimaan vasta, kun valtuutettu asentaja lähettää asennuspöytäkirjan tarvittavine liitteineen maahantuojaalle. TM Rakennusmaailman numerossa 5E/09 kirjoitettu artikkeli Suosituin kokoluokka, suuria eroja käsitteli 9-sarjan ilmalämpöpumpuille tehtyjä vertailuja ja ilmalämpöpumppuihin liittyviä ongelmia. Artikkelissa kävi ilmi, että sekä taustatiedon hakeminen ostotilanteessa, että laitteen asennuksen laillisuuden valvonta jää usein asiakkaan tehtäväksi. /111/

5.4. Kotitalousvähennys

Kotitalousvähennyksenä saa vuonna 2009 vähentää verotuksessa 3000 €. Omavastuu osuus kustannuksista on 100 €. Kotitaloudessa puoliset voivat molemmat vähentää verotuksessa 3000 € kotitalousvähennyksenä eli yhteensä 6000 € kuitenkin 60 % työkorvauksesta. /36/ Kotitalousvähennyksenä voidaan vähentää ulkopuolisen työvoiman työn osuus, mutta ei työhön liittyviä matkakuluja ja käytettyjä koneita. Jotta voit saada kotitalousvähennystä, täytyy yrittäjä tai yritys olla arvolisäverovelvollinen eli merkitty ennakkoperintärekisteriin. /35, 36, 66/

Jos omistaja ei asu sijoitusasunnossa, eivät niihin tehtävät remontit ole kotitalousvähennykseen kuuluvia. Kotitalousvähennyistä ei voi saada omasta työstä tai jos korvausta on saatu esimerkiksi kunnan avustuksena tai tukena tai vakuutusyhtiön korvauksena. Myös yritykset ja asunto-osakeyhtiöt ovat kotitalousvähennyksen ulkopuolella. /36/

Ilmalämpöpumpun asennus on Turun Hallinto- Oikeuden (Turun HAO 20.8.2004 04/0558/3) mukaan kotitalousvähennykseen oikeuttava kiinteistön laatua parantava toimenpide. /115/

5.4.1. Kuluttajavirasto tiedottaa ja tutkii lämpöpumppualan ongelmia

Kuluttajavirasto on selvittänyt yhdessä lääninhallituksen kanssa ilmalämpöpumppuihin liittyviä ongelmia. Kuluttajaviraston tekemän selvityksen mukaan suurin ongelma on ilmalämpöpumppujen hinnoittelu. Asiakkaalle ilmalämpöpumpun lopullinen hinta voi olla yllätys, koska hinnat eivät yleensä sisällä kaikkia asennukseen liittyviä kuluja. Kuluttajavirasto on myös ohjeistanut Internet sivuillaan (www.kuluttajavirasto.fi) kuluttajia ilmalämpöpumpun hankinnassa. /38/

Kuluttajariitalautakunta (KRIL)

Kuluttajariitalautakunnan tehtäviä ovat ratkaista kuluttajien ja elinkeinonharjoittajien välisiä erimielisyyksiä, jotka koskevat kulutustavaroita ja -palveluja, asuntokauppaa, huoneenvuokraa, asumisoikeuden luovutusta ja takaus- ja panttaussitoumuksia.

Lautakunnan sivuilta löytyy tiedote ”Kodinkoneilta edellytettävä kestoikä 2-4 vuotta”. Tiedote on annettu 3.2.2008. Tiedotteen mukaan kuluttajat virheellisesti olettavat laitteen kestävän normaalikäytössä kestoikänsä ajan. Kuitenkin laitetta voi joutua korjaamaan ja huoltamaan elinkaaren aikana kuluttajankin laskuun. Myyjäliikkeen vastuu on laitteen elinkaaren alkupuolella ja heti takuuajan umpeuduttua. /37/

Kodinkoneita koskeva takuu aika on noin 1-2 vuotta. Kestoikä on kuitenkin huomattavasti pidempi. Jos laite rikkoutuu heti takuuajan jälkeen, - eivätkä korjauskustannukset ole vähäiset sekä käyttöohjeita on noudatettu, kuluttajalla on oikeus vedota laitteen kestoikään. Esimerkiksi jos kompressorin menee rikki neljän vuoden jälkeen, korvataan kompressorin, koska kompressorin oletetaan kestävän huomattavasti kauemmin. /37/

5.4.2. Energia-avustus

Saneerauskohteiden on mahdollista anoa omalta kotikunnalta valtion energia-avustusta. Energia-avustusta myönnetään rakennuksien energiansäästöön kohdistuville korjaustoille. Ilmalämpöpumput eivät kuulu kuitenkaan energia-avustuksen piiriin. /26/

5.5. Takaisinmaksuarvio

Jotta investointia voidaan pitää kannattavana, tulisi laitteiston takaisinmaksuajan olla 3-4 vuotta. Takaisinmaksuaikaa voidaan kuitenkin arvioida toisinkin perustein. Ilmalämpöpumppujen käytön yleistymisen vähentää ilmakehään joutuvia hiukkas- ja hiilidioksidi päästöjä, jotka aiheuttavat terveyshaittoja ja edistävät ilmaston lämpenemistä. Myös pidemmän ajan kuluessa ilmalämpöpumput tulevat kansantaloudellisesti halvemmaksi sähkön kulutuksen pienentyessä. /104/

Tässä työssä on arvioitu takaisinmaksuaikaa pelkästään asukkaille kohdistuvien kustannuksien ja säästöjen osalta. Arvion perusteena käytettiin 11.9.2009 asennuksen kuvauksen yhteydessä asennetun Mitsubishi Electric GE 25 ilmalämpöpumpun säästö-odotuksia ja hankintakustannuksia. Sen oletetaan säästävän 40 % talon lämmityskustannuksista.

Asukkaiden odotukset säästöille on 30 %. Muita odotuksia ovat muun muassa tasaisempi lämpö ja puhtaampi huoneilma. Oletuksena on, ettei laitetta käytetä viilennykseen keväisin ja kesällä. Huolto- ja varaosakustannuksia ei synny ainakaan heti, koska laitteen suodattimet ovat pestäviä. Asennuskohteessa on koneellinen ilmastointi lämmöntalteenotolla. /96/

Talon huoneisto-ala on 83,5 m² ja Mitsubishi Electric GE 25 on tarkoitettu maksimissaan 120 m² lämmittämiseen.

Kohteen sähkönkulutus tiedot:

- | | |
|---------------|-----------------------------|
| • Lämmitys | 11 000kWh |
| • Lämmin vesi | 2000kWh |
| • Käyttösähkö | 4000kWh |
| • Polttopuita | 0m ³ (ei takkaa) |

Laitteiston hankintakustannukset:

Laitteisto	1140 €
Alennus	-205 €
Asennus	650 €
Huolto ja varaosakustannukset	0 €/a (pestävät suodattimet)

Kustannukset yhteensä:	1790 €
-------------------------------	---------------

Kotitalousvähennys	-330 € (100€ omavastuu, 60 % työstä)
--------------------	--------------------------------------

Kustannukset kotitalousvähennyksen jälkeen: **1460 €**

Energiakustannukset pienenevät	4400 kWh (40 %)
Sähkön hinta (€/kWh)	0,09 € /kWh (arvioitu)
Säästöt (€/a)	396 €/a

Takaisinmaksuaika **1460€/ 396 €/a= 3,69 a**

Arvioiduksi takaisinmaksuajaksi saadaan 3,7 vuotta, kun ilmalämpöpumpun oletetaan säästävät noin 40 % lämmityskustannuksista. Takaisinmaksuaika voi olla nopeampi sähkönhinnan noustessa vuosi vuodelta. Asentajat pitävät hyvänä takaisinmaksuaikana noin viittä vuotta. Huomioitavaa asennuskustannuksissa on, että mitä suuremmaksi järjestelmän koko kasvaa, sitä suuremmat ovat asennuskustannukset.

On huomioitavaa, että takaisinmaksuaikaa pienentää myös ilmalämpöpumpun käyttö jäädytykseen keväisin ja kesäisin. Lisäksi kuluttaja voi herkästi sortua nostamaan huonelämpötilaa asteella tai parilla ajatellessaan, että ilmalämpöpumpun tuottaa niin sanottua ilmaisenergiaa. Tällöin odotetut säästöt jää pienemmiksi kuin on toivottu.

Toisaalta säästöt voidaan laskea COP-kertoimen mukaan. Tällöin 11 000 kWh jaetaan keskimääräisellä COP-kertoimella eli esimerkkikohteessa 11 000 kWh jaettuna COP-kertoimella 2 saadaan säästöksi 5500 kWh. Tämä kerrottuna 0,09 € saadaan teoreettiseksi säästöksi COP-kertoimella 2 495 €. COP-kertoimella 3 säästöksi saadaan 11 000 kWh / (3/2) 7333 kWh eli 660 €. 3/2 saadaan COP-kertoimesta 3 ja kahdesta niin sanotusta ilmaisesta kilowattitunnista yhtä kulutettua kilowattituntia kohden. Täten yllä esitetyssä laskelmassa 4400 kWh:n säästö vastaa COP-kerrointa 2,5.

Todellisuudessa kohdan 5.5.1 esimerkki kohteessa takaisinmaksuajaksi saatiin 4,7 vuotta. Asentajien lupaama viiden vuoden takaisinmaksuaika on mahdollinen.

5.5.1. Ilmalämpöpumpusta saadut säästöt esimerkkikohteessa

Esimerkkikohteena tarkasteltiin Kemissä sijaitsevan omakotitalon ilmalämpöpumpun hankintakustannuksia ja ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaikaa.

Kohteen tiedot:

- Pinta-ala: 100 m², joista 65 m² lämmitetään ilmalämpöpumpulla
- Rakennusvuosi: 1963
- Kerrosluku: Yksikerroksinen
- Ulkovuorimateriaali: Puuverhoilu
- Ilmanvaihto: Painovoimainen
- Lämmitysmuoto: Öljy
- Asukaslkm: 2 aikuista
- Ilmalämpöpumppu: Nordic ART COOL 9

Lähtötilanne ilmalämpöpumpun hankintavaiheessa oli seuraava:

Lämmitys ja vesi:	1749,00 l/a (öljy, keskimäärin laskettuna vuosina 2004-2008)
	1600,34 €/a (vuonna 2008 öljyn litrahinta 0,915 €/l)
Käytösähkö:	340,10 €/a (0,095 €/kWh kohteessa)
Polttopuut:	0 €/a (saunapuut)

Yhteensä:	1940,44 €/a
Lämmityskulut:	1600,34 €/a (sis. veden)

Laitteisto:	1540 €
Alennukset:	0 €
Matkakulut:	0 €
Asennus:	850 €

Yhteensä:	2390 €
Kotitalousvähennys:	410 €

Kustannukset yhteensä:	1980 €
-------------------------------	---------------

Nykytilanne lämmityksen ja käytösähkön osalta:

Lämmitys ja vesi:	846 l/a (öljy)
	549,90 €/a (0,65 €/l)
Käytösähkö:	634,89 €/a (6683 kWh/a)
Polttopuut:	0 €/a

Yhteensä:	1184,79 €/a
Lämmityskulut:	1184,79 €/a (sis. veden)

Ilmalämpöpumpun säästöt saadaan vähentämällä lämmityksen lähtötilanteen kustannuksista lämmityksen nykyiset kustannukset. Eli:

Säästöt:	415,55 €/a
Takaisinmaksuaika:	4,7 a

Kohteen takaisinmaksuaikaan on vaikuttanut huomattavasti öljyn hinnanmuutokset. Öljyn hinta on vaihdellut takaisinmaksuaikana 1-0,60 € /l. Lisäksi takaisinmaksuaikaan on vaikuttanut laitteistolla jäähdyttäminen kevät ja kesäaikaan. On huomattava, että asentajien lupaama viiden vuoden takaisinmaksuaika pitää paikkaansa.

Talon asukkaat ovat olleet tyytyväisiä ilmalämpöpumpun hankintaa. Heidän mielestään pumppu on yllättävän hiljainen ja sisäilman laatu on parantunut huomattavasti. Asukkaat ovat myös nauttineet ilmalämpöpumpun jäähdytyksestä kesähelteillä.



Kuva 32. Lg:n ilmalämpöpumppu esimerkikohteessa

6. ILMALÄMPÖPUMPUN ASENNUS

Ennen ilmalämpöpumpun valitsemista on hyvä tutustua ilmalämpöpumpun valintakriteereihin. Ilmalämpöpumppua valitessa on huomioitava tarvittavat huolto- ja puhdistustoimenpiteet. On myös hyvä tutustua asentajien lupa-asioihin ja turvallisuusmääräykseen. Ilmalämpöpumpun purku ja loppukäsittely vaatii myös ammattitaitoista asentajaa ja kylmäaineiden, öljyjen ja itse laitteiston oikeaoppista käsittelyä.

6.1. Ilmalämpöpumpun valintakriteerit

Ilmalämpöpumpun valintaan kannattaa uhrata hieman aikaa. Kuitenkin on syytä muistaa, että rakennusalan- ja tekniikanalanlehtien ilmalämpöpumppu vertailuihin kannattaa aina suhtautua kriittisesti. Samoin kannattaa suhtautua myyntimiesten ”ylystyspuheisiin” ja yltiömäisiin lupauksiin pumpun toiminnasta.

Pumput voidaan luokitella sarjoihin. Tämä tarkoittaa sitä, että niin sanotut 9-sarjalaiset tuottavat noin 2,6kW lämmitystehoa. 9-sarjalaisuus juontaa juurensa Pohjois-Amerikasta tarkoittaen ilmalämpöpumppuja, joiden lämmitysteho on 9000 Btu’ta (British thermal unit). Täten 1000Btu vastaa 0,293 kWh. Suomessa yleisin käytössä oleva lämpöpumppusarja on 9-sarja. /111/

Lämpöpumpun lämmitystehontarve voidaan arvioida muun muassa rakennuksen tilavuuden, asuinkerrosten lukumäärä, ilmanvaihdon, rakennuksen energiatehokkuuden ja jäähdytys sekä lämmitystarpeen mukaan. 1kW riittää noin 30 m²:n lämmittämiseen ja 20 m²:n jäädyttämiseen. /15/

Lämpöpumput voidaan jakaa niin kutsuttuihin split- ja multislip-pumppuihin. Split-pumput soveltuvat yksikerroksisiin rakennuksiin kun taas multislip-pumput soveltuvat rakennuksiin, joissa on useampi asuinkerros. Multislip eli multi-inventer-pumpuissa on useampi kuin yksi sisäyksikkö. Asuinkerrokseen on myös mahdollista asentaa kaksi ilmalämpöpumppua tai sisäyksikön voi asentaa portaikkoon. Portaikon on kuitenkin oltava avoin, jotta ilma pääsee kiertämään vapaasti kerrosten välillä. /15/

Markkinoille on tullut myös niin sanottuja lattiamalleja, joissa sisäyksikkö asennetaan lattia tasolle esimerkiksi Daikin FVXS35F ilmalämpöpumppu. Lattiat tuntuvat lämpimältä ja lämpö kiertää huoneilmasta lattialta kattoon. /28/

Kannattaa myös tarkastella ilmalämpöpumpun otto- ja antotehon suhdetta, minimi ottotehoa ja puhallustehoa. Minimi ottoteho kertoo paljon laitteen energiakulutuksesta ja kuinka pieneksi teho voidaan säätää. Puhallusteho taas kuinka tehokkaasti laite levittää lämpöä huoneilmaan.

Syytä on kiinnittää huomiota myös pumpun säätötekniikkaan (on/off vai inventer-teknikka), lisävarusteisiin ja suodattimiin sekä eritoten suodattimien ja lisävarusteiden hintaan. Huolto ja varaosat sekä takuu ja mahdollisissa vika- ja häiriötilanteissa huollon saatavuus kannattaa selvittää jo etukäteen. Mainintaa takuuehdoista ja huollon saatavuudesta kannattaa pyytää kauppakirjaan ilmalämpöpumppua ostettaessa. Lisäksi ilmalämpöpumpun hinta asennuksineen helpottaa riitatilanteissa. Kuitenkaan ei pidä unohtaa brändin vaikutusta ostopäätökseen. Jos merkki vaikuttaa oudolta, on syytä tutustua teknisiin tietoihin ja myyjän lupauksiin huolella.

Ilmalämpöpumpun teho muuttuu myös ulkoilman lämpötilan muuttuessa. Kuten kohdassa 4.3 käy ilmi COP-kerroin huononee jyrkästi ulkolämpötilan laskiessa. Paras hyötysuhde ilmalämpöpumpulla on pienillä pakkasilla ja nollakelillä.

Tutkimuksia ja COP-kertoimia vertailtaessa on myös syytä huomioida tutkimusolosuhteet. Todellisuus vastaa harvoin tutkimuksissa käytettyjä ihanneolosuhteita. Kuitenkin pienillä muutoksilla voidaan jo parantaa ilmalämpöpumpusta saatavaa hyötyä. Näitä ovat esimerkiksi ulko-ovien vaihto ja ikkunoiden tiivistäminen. Huomioitavaa on kuitenkin painovoimaisella ilmanvaihdoilla varustettujen talojen korvausilman tarve. Eniten hyötyä ilmalämpöpumpusta saadaan, kun muun lämmityksen säädöt asennetaan alhaiseksi. Tällöin lämpöpumppu tuottaa suurimman osan lämmön tarpeesta.

COP-kertoimen arvioimiseksi ja täten pumpun valinnan helpottamiseksi kannattaa selvittää edellisten vuosien sääolosuhteita ja ilmalämpöpumpun soveltuvuus talviolosuhteisiin. Selvitetään, kuinka monta kertaa vuodessa asuinalueellasi lämpötila on laskenut alle -20°C -asteen. Vertaa sitten COP-kertoimia, jotka on mitattu -20°C :ssa. Jos talvet ovat asuinalueellasi leutoja, yritä löytää mahdollisimman korkea COP-kerroin. Yli -15°C -asteen lämpötiloissa kannattaa kiinnittää huomiota lämmöntuottoon eli valita mahdollisimman suuritehoinen pumppu. /104/

Valmistajat ovat määrittäneet COP-kertoimen arvot pumpun 50 % osateholla. Maksimi lämmitysteho saadaan 100% moottoriteholla, joka kuitenkin tarkoittaa COP-kertoimen huononemista. Ylimitoitettu ilmalämpöpumppu on aina alimitoitettua parempi vaihtoehto. /44/

Ilmalämpöpumpun tekniikkaan kannattaa kiinnittää huomiota. Kompressorityyppiin kannattaa kiinnittää huomiota – kierukkakompressorin on yksi kestävimmistä kompressorityypeistä ja twin rotary-kompressorin yksi hiljaisimmista kompressorityypeistä. Elektronin paisuntaventtiili eli niin kutsuttu EEV säätelee kylmäpiirissä tarkasti ja taloudellisemmin olivatpa ulkoilman olosuhteet mitkä tahansa. /1,44/

Ilmalämpöpumpun valintavaiheessa kannattaa tarkastaa pumpun melutaso. Elinympäristön laatua heikentävä melu on yksi yleisimpiä ihmisen hyvinvointiin vaikuttava tekijä. Teollistuminen, väestönkasvu ja tekninen kehitys ovat lisänneet meluhaittoja. Ilmalämpöpumppujen melutaso ei saisi ylittää päivisin sisällä 47 db:ä ja öisin 44 db:ä. Ja ulkona suositeltavana maksimi desibeliarvona pidetään 52 db:ä. Myös sisäyksikön paikan valintaa kannattaa suunnitella siten, ettei yksikkö ole sijoitettuna makuuhuoneisiin tai tiloihin, joissa melusta voi olla haittaa. Ulkoyksikön tärinä etenkin puurakenteisissa taloissa pyritään hiljentämään asentamalla se joustimien tai kiinnitystelineen päälle. Huomioitavaa on kuitenkin, että mitä suuremmalla puhallusteholla ilmalämpöpumppua käytetään, sitä enemmän melua syntyy. Tätä voi verrata esimerkiksi hiustenkuivaajaan. /44, 92/

6.2. Turvallisuusmääräykset ja kylmäaineluvat

Lämpöpumppujen asennuksesta on käyty kovaakin keskustelua Internetin keskustelupalstoilta. Närää on herättänyt varsinkin ilmalämpöpumppujen asennuksen hinta. Monet asiakkaat pitävät asennuksen hintaa korkeana, kun itse työn kesto on noin puoli työpäivää. Myös kotitalousvähennys on saanut aikaan keskustelua.

Verottaja on alkanut tarkemmin kiinnittää huomiota kalliisiin asennuksiin, joilla hyväksikäytetään kotitalousvähennystä. Kalliista asennuksista hyötyy vain itse asentaja. Lehdistä voi lukea jopa tarjouksia ilmalämpöpumpuista, joissa ilmalämpöpumpun saa erittäin halvalla tai ilmaiseksi, mutta asennus maksaa huomattavia summia. Myös ilmalämpöpumpun hankinnan yhteydessä luvutut kylkiäiset jäävät asiakkaan maksettaviksi lopullisessa asennuksen- ja laitteiston hinnassa. Kylkiäisiksi on luvattu niin kylpylämatkoja kuin porakoneita ja voileipägrillejä.

Internetin sivustolta <http://www.lampopumput.info> löytää paljon hyviä keskusteluja ja tietoa lämpöpumpuista. Sivustolta löytyy niin TUKES:in kuin ympäristöministeriön kanta lämpöpumppujen itseasennuksiin. Ilmalämpöpumppuja koskee kylmälaiteliikeasetus 1187/2001 (muutos 1239/2003). Asetuksen mukaan ilmalämpöpumppujen asennuslupa koskee vain sellaisia toiminnanharjoittajia, jotka ovat tehneet TUKES:in asetuksen vaatimukset täyttävän toimintailmoituksen. Lainatakseni sivulta löytyvää Ympäristöministeriön Else Peurasen sähköpostitse antamaa tiedotetta: ”Henkilö, joka asentaa tai asennuttaa ilmalämpöpumpun ilman TUKES:in toteamaa pätevyyttä, rikkoo ympäristönsuojelulain (86/2000) 108 a §:ää ja sen nojalla annettuja valtioneuvoston asetuksia 1187/2001 ja 1239/2003.”. /95, 43/

Ristiriitatilanteita aiheuttavatkin lämpöpumput, jotka asennetaan pikaliittimin. Myös tähän Ympäristöministeriö on ottanut kantaa. Ympäristöministeriön mukaan kylmäpiiriin joudutaan koskemaan vaikka asennus tapahtuisikin pikaliittimin. Tästä voi seurata kylmäaineen vuoto ympäristöön. Tästä syystä asennus tulee jättää ympäristöministeriön mukaan vain ammattilaisille. /43/

Osa ilmalämpöpumpuista käyttää kylmäaineena propaania. Propaani ei ole lueteltuna Valtioneuvoston asetuksessa 1187/2001 kylmäaineluettelossa, joten asennuksen voi periaatteessa suorittaa itse. /43/

Ilmalämpöpumppuihin tehtäviin sähkötöihin tarvitaan sähköurakointioikeus. Oikeudet ja luvat voi tarkistaa TUKES:in sähköurakoitsijarekisteristä. Muita asennuksiin oikeuttavia todistuksia on pätevyystodistus, joka oikeuttaa toimimaan sähkötöiden johtajana ja kelpoisuustodistus, jos henkilö tekee sähköasennuksia omaan tai lähisukulaisen asuinrakennukseen. TUKES valvoo sähköturvallisuuksäädösten noudattamista. /77/

Ilmalämpöpumppujen asentajia ja lupatietoja voi tarkistaa TUKES:n kotisivuilta www.Tukes.fi. Sivuilta löytyy tietoa myös asennuksia koskevista määräyksistä. Esimerkiksi HFC aineiden käyttöä säätelee uusi F-kaasuasetus eli asetus 452/2009 1.7.2009 lähtien. /77, 11/

Suomen lämpöpumppu yhdistys SULPU myöntää sertifiointi koulutuksen hyväksytysti suorittaneelle asentajille sertifikaatin. Sen voimassa oloaika on viisi vuotta ja se jaetaan kahteen eri tasoon:

1. A-taso: erittäin hyvä tuntemus alalta ja
2. B-taso: tarvittava tuntemus alalta. /67/

6.3. Asennus

Seuraavaksi tarkastellaan ilmalämpöpumpun asennusta. Asennuksen kuvatussa kohteessa suoritettiin Suomen Energiansäästökeskuksen asentaja Rami Sippala. Ennen asennusta on suotavaa, että yrityksen edustaja vierailee kohteessa oikean laitteen ja asennuspaikan valitsemiseksi ja kertoo ilmalämpöpumpun käytöstä, mahdollisista säästöistä ja huoltotoimenpiteistä. Tällä varmistetaan asiakastyytyväisyys.

Tässä työssä asennus on esitetty vain pääkohdittain, ja asennuksen kuvauksen tarkoitus ei ole toimia ohjeena omatoimiselle asennukselle.

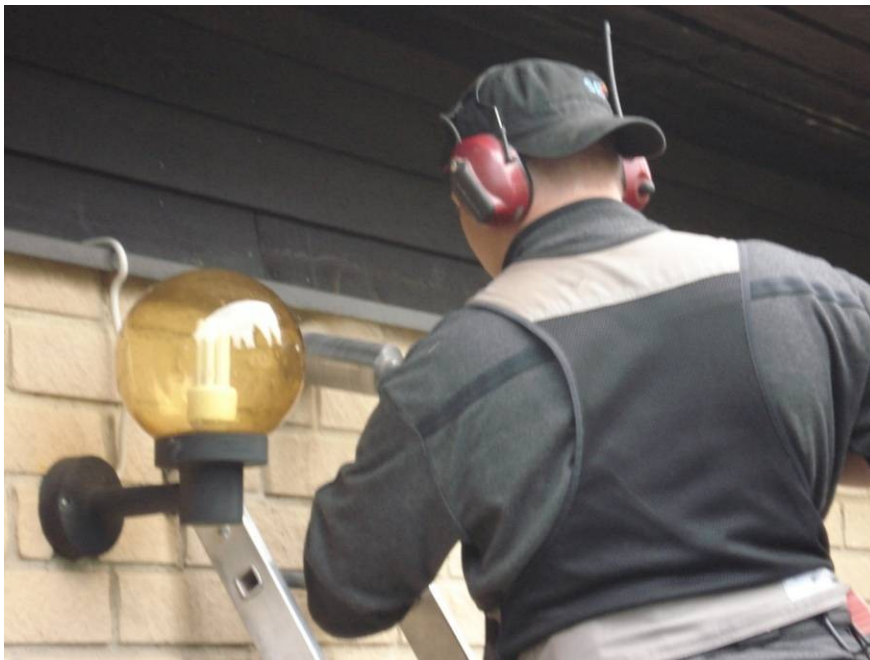
Ensimmäisenä asennusvaiheena voidaan pitää ulko- ja sisäyksikön paikan valintaa (kuva 33). Ulkoyksikkö asennetaan talon aurinkoiselle puolelle talon alaosaan. Huomioon on otettava kuitenkin, että ulko- tai sisäyksikön paikka ei ole makuuhuoneissa tai tiloissa, jossa melu voi häiritä asukkaita. Sisäyksikkö asennetaan lähelle katon rajaa. Lämmön täytyy päästä kiertämään tiloissa vapaasti. Ulko- ja sisäyksikön välinen etäisyys kannattaa minimoida, jotta lämpöhäviöt saadaan minimoitua. Muita paikan valinnan kriteereitä on, että ulkoyksikön ympärillä on tarpeeksi vapaata tilaa, jotta ilma pääsee kiertämään vapaasti ulkoyksikön ympärillä ja sähköliitäntä voidaan tehdä mahdollisimman lyhyin sähkövedoin.



Kuva 33. Ilmalämpöpumpun sisä- ja ulkoyksikön paikan valinta asennuskohteessa

Sulamisvesiin ja putkiston kautta valuvaan kondensioveteen on syytä kiinnittää huomiota. Virheellisen suunnittelun vuoksi sulamisvesi voi kastella rakennuksen sokkelin ja kapillaarisesti nousta rakenteisiin. Sulamisvedet kannattaakin ohjata salaojakaivojen kautta pois rakennukselta tai asettamalla sulamisvedelle astia tai kaukalo ulkoyksikön alle. Sama periaate pätee talvellakin, jotta vesi ei jäädy suoraan ulkoyksikön alle ja rakennuksen viereen. Sulamisveden määrä riippuu laitteesta. Kondensioveden määrä riippuu paljolti laitteistosta. Tästä kannattaa keskustella myyjän kanssa ostovaiheessa. Huomio myös, että sulamisvesiä ei ohjata kulkuväylille liukastumisvaaran vuoksi.

Liitosputkille porataan läpivientireikä vinoon (kuva 34) ulkoseinään, ja liitosputket vedetään yksiköiden välille (kuva 35). Putket liitetään seinään kiinnitettyjen ulko- ja sisäyksiköiden välille. Putket laskevat sisäyksiköltä ulkoyksikölle päin (kuva 36). Tarvittavat sähköasennukset tekee sähköasentaja (kuva 37). Useimmat ilmalämpöpumput voidaan kytkeä suoraan pistorasiaan eikä sähköasentajaa tarvita. Tarvittaessa putkistot koteloidaan.



Kuva 34. Lämpivientireikä porataan vinoon



Kuva 35. Sisäyksikön asennus



Kuva 36. Putkistojen ja sähköliitännöjen veto ja kiinnitys



Kuva 37. Laitteiston sähköasennukset

Seuraavaksi suoritetaan putkiston tyhjiöinti (kuva 38). Tyhjiöinti tulee suorittaa huolella, jotta kaikki ilma ja sen mukana kosteus poistuu putkistosta. Tyhjiöintiin käytetään kaksivaiheista tyhjiöpumppua. Paine laskee putkissa jopa alle 0,4 mbar:n. Nopeinta tyhjiöintiä on kuivalla säällä. Korkea ilman suhteellinen kosteus pidentää tyhjiöintiä. Kohdassa 7 Virheasennukset on käsitelty huonon tyhjiöinnin seurauksia.



Kuva 38. Ilmalämpöpumpun tyhjiöinti on suoritettava huolella ja riittävän pitkään

Onnistuneen tyhjiöinnin jälkeen putkisto täytetään tarvittavalla määrällä kylmäainetta ja paineistetaan. Lopuksi asentaja täyttää asennuspöytäkirjan ja merkitsee siihen tarvittavat tiedot kuten esimerkiksi käytetyn kylmäaineen. Eräät valmistajat myöntävät takuun vasta saatuaan asennuspöytäkirjan.

Tarkka ja ammattitaitoinen asentaja antaa myös asukkaille tietoa ilmalämpöpumpun huoltoon liittyvistä asioista ja opastaa laitteen käytössä, kuten säädöissä. Lisäksi annetaan ohjeet takuuta ja huoltoa varten.

Ilmalämpöpumpuille on markkinoilla valmiita ulkoyksikön katoksia. Ulkoyksikkö on hyvä suojata katoksella tai katoksella ja ritilällä. Ulkoyksikköä ei missään nimessä saa kokonaan peittää vaan ritilän tulee olla tarpeeksi harva, jotta ilma pääsee kiertämään vapaasti. Katos helpottaa huoltotoimenpiteitä ja suojaa ulkoyksikköä niin kesällä kuin talvella.

6.4. Huolto ja puhdistus

Ilmalämpöpumppu ei ole täysin huoltovapaa ratkaisu. Sisäyksiköstä tulee imuroida ja pyyhkiä pölyt parin viikon välein ja rikkoutuneet suodattimet on vaihdettava uusiin. Pelkkä lika lisää tehon kulutusta ja aiheuttaa paloturvallisuusriskin.

Ilmalämpöpumppua ei kannata jättää käyttämättömäksi pitkiksi ajoiksi. Vaikka kesäaikana ilmalämpöpumpulle ei ole käyttöä, tulisi sitä käyttää päällä kuukauden kahden välein. Tällöin ehkäistään pumpun mahdollinen jumittuminen. Ennen käytöstä poistoa annetaan pumpun käydä muutaman tunnin, jotta laitteistosta poistuu kosteus. /14/

Ulkoyksikön alle kerääntyvän veden ja jään muodostumisesta huolehditaan johtamalla vesi pois keräämällä se astiaan tai ohjaamalla se kauemmaksi kaukalolla. Lisäksi roskat poistetaan ulkoyksikön ympäriltä muutaman kerran vuodessa. /14/

Pumpun kylmäaineita saa käsitellä vain luvallinen asentaja. Niitä ei saa päästää luontoon. Yli 3 kiloa kylmäainetta sisältävät kylmälaitteet on tarkastettava ainakin kerran vuodessa. Suuremmat useamminkin. Tämä ei kuitenkaan toteudu määräysten mukaisesti. Teollisuuslaitosten kylmälaitteet ovat usein tarkastettuja, mutta yksityisten kylmälaitteet, kuten kerrostalojen kylmälaitteet, jäävät usein tarkastamatta. /30/

Ilmalämpöpumput ovat pieniä kylmälaitteita, eikä niille tarvitse tehdä vuositarkastuksia. Kuitenkin huolto ja tarkastukset kannattaa suorittaa määräajoin, jos mieliä laitteelle mahdollisimman pitkän käyttöiän. Tarkastettavia asioita ovat

- sähköliitokset
- kylmäainetäytös
- putkiliitokset mahdollisten vuotojen varalta
- laitteiston puhaltimien toiminta
- kompressorin toiminta
- kompressorin- ja sulanapitovastuksien toiminta. /14/

Haastatteluja tehdessäni kävi asentajilta ilmi, että osa huoltokäynneistä johtuu laitteen kaukosäätimen patterien loppumisesta. Kauko-ohjaimeen tulisi vaihtaa patterit kerran vuodessa. Pattereiden loputtua jää ilmalämpöpumpun viimeisimmäksi käytetty ohjelma muistiin. Tällöin ilmalämpöpumppu esimerkiksi kesän jälkeen vain jäähdyttää ja käyttäjä luulee, että laitteistossa on jokin vika. /99/

6.5. Lämpöpumpun purku ja loppukäsittely

Ilmalämpöpumppujen tullessa elinkaarensa loppupäähän, ne puretaan ja toimitetaan asianmukaiseen jatkokäsittelyyn. Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry on arvioinut ilmalämpöpumpun elinkaareksi noin 12 vuotta. Yleinen arvio niin maahantuojilla kuin asentajilla on 10–15 vuotta.

Ilmalämpöpumppujen purkamisesta laki (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 1.7.2009 alkaen 18.6.2009/452) sanoo seuraavasti: ”Alle kolme kiloa kylmäainetta sisältävistä laitteista tai alle kuusi kiloa fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävistä hermeettisesti suljetuista laitteista otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja talteen ottavan henkilön on suoritettava koe, joka sisältää liitteessä 8 mainitut tiedot ja taidot.”. /10/

Asetuksella halutaan varmistaa, että ongelmajätteeksi luokitellut kylmäaineet otetaan talteen ja toimitetaan Ekokemin käsittelylaitokselle Riihimäelle tuhottaviksi. Hiilidioksidia ei luetella ongelmajätteeksi. Myös öljyt otetaan talteen. Itse laitteistosta kierrätyksen tarpeesta huolehtii SERTY kierrätyspiste. Eli ilmalämpöpumppu on SER- eli sähkö- ja elektroniikkaromua. Kemissä keräyspiste löytyy Jätekeskus Jäkälästä. /108/

7. VIRHEASENNUKSET

Ilmalämpöpumppujen asennuksien määrä on noussut nopeasti Suomessa. Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry:n tietojen mukaan lämpöpumppujen määrä nousi vuonna 2007 25 %. Vastaava luku oli vuonna 2008 30 % eli 60 000 ilmalämpöpumppua. Lämpöpumppuja Suomessa on asennettuna noin 150 000, joista 100 000 on ilmalämpöpumppuja. Kaiken kaikkiaan lämpöpumput säästävät ostoenergiaa vuodessa 2 TWh. Tämä tarkoittaa kasvihuonekaasuna ja ilmaston lämpenemistä aiheuttavien hiilidioksidipäästöjen pienenemistä noin 0,5 miljoonaa tonnia eli 100 000 auton vuotuisia hiilidioksidipäästöjä. /65/

Ilmalämpöpumppujen nopea yleistymisen on aiheuttanut ongelmia niin kuluttajien kuin asentajien keskuudessa. Viikoittain saamme lukea lehdistä ilmalämpöpumppujen vertailuja ja kirjoituksia niin asennuksessa kuin takuissa ilmenneistä ongelmista. Ilmalämpöpumppu alaa voisikin kutsua helposti huijareiden pelikentäksi, jossa säännöt jäävät kuluttajan selvitettäväksi.

7.1. Vika- ja vaikutusanalyysi VVA

Vika- ja vaikutusanalyysi VVA eli Failure mode and effects analysis (FMEA) on menetelmä, joka tutkii potentiaalisia vikatiloja tuotteesta, prosessista tai organisaatiosta. PFMEA eli Process Failure Mode and Effects Analysis tutkii prosessissa mahdollisesti tapahtuvat virheitä ja häiriöitä. Vika- ja vaikutusanalyysi ei ole vain tarkoitettu ennakoivaksi työkaluksi tuotteen suunnitteluvaiheessa vaan myös tuotekehityksessä, jossa hyödynnetään takuu- ja reklamaatietietoja ja mahdollisesta asennus- ja käyttöönottoiminnasta saatavaa palautetta. Suunnittelu-vaiheessa voidaan käyttää esimerkkinä jo olemassa olevia tuotteita ja alihankkijoilta saatavaa tietoa. /81/

Analyysissa arvioidaan tuotteeseen liittyviä riskejä ja toteutetaan riskien hallintaa. Riskiä arvioidaan kolmelta eri kannalta: vakavuustodennäköisyys eli vaikutus, esiintymistodennäköisyys eli esiintyminen ja havaittavuustodennäköisyys eli löydettävyys, joiden perusteella määritellään riskitulo eli RPN (Risk Priority Number). RPN määritellään kaavan 4 mukaan:

$$\text{RPN} = \text{VA (vaikutus)} * \text{ES (esiintyminen)} * \text{LÖ (löydettävyys)} \quad (4)$$

Vaikutus, esiintyminen ja löydettävyys pisteytetään yhdestä kymmeneen. Näiden tulo määrittelee riskitulon. /105/

Työkalun avulla voidaan ennakoida riskejä ja toteuttaa niin sanottuja korjaavia toimenpiteitä niin prosessissa kuin asennuksessa ja käyttöönotossa. Vika-vaikutusanalyysin tekeminen on melko helppoa ja tulokset oikein käytettynä tehokkaita. Taulukossa 4 on esitetty yksinkertainen vika-vaikutusanalyysi taulukko. /33/

Taulukko 4. Yksinkertainen vika-vaikutusanalyysi /33/

Komponentti/ Toiminto	Vika	Seuraus	Todennäköisyys	Vakavuus	Syyt	Ehkäisytapa	Toimenpide

SFS 5438 -standardissa on esitetty järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät ja vika- ja vaikutusanalyysi (VVA). Vika- ja vaikutusanalyysia voidaan käyttää yhtenä laatutyökaluna. Vika-vaikutusanalyysia käytetään muun muassa auto- ja elektroniikkateollisuudessa ja prosessiteollisuuden riskianalyysissä (HAZOP) sekä lääketieteellisten laitteiden riskinarviointiin (ISO 14971:2007). /109/

Vika-vaikutusanalyysit vaiheet voidaan pilkkoa seuraaviin osiin:

1. Tuote jaetaan fyysisiin ja toiminnallisiin osiin ja ne kirjataan riveille. Hierarkkinen taulukko saadaan jakamalla osat isompiin kokonaisuuksiin ja ne sitten alikokonaisuuksiin.
2. Arvioidaan osan aiheuttamaa virhettä tuotteen toiminnan kannalta.
3. Kirjataan vian aiheuttama seuraus.
4. Arvioidaan vikojen vaikutusta, esiintymistä ja löydettävyyttä. /33/

7.2. Ilmalämpöpumppujen asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

Opinnäytetyössä arvioitiin ilmalämpöpumppujen vika-vaikutusanalyysissä virheasennuksiin liittyviä riskejä ja niiden vaikutuksia. Kohdassa 8 Virheasennuksista syntyvät kustannukset käsitellään tarkemmin huolto- ja varaosakustannuksia sekä virheasennuksien vaikutusta ilmalämpöpumpun elinkaareen. Lisäksi arvioitiin hyötysuhteen laskua.

Vika-vaikutusanalyysissä käytettiin hyödyksi Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaaren takuu- ja huolto tietoja. Lämpöpumppujen asennuksia Lammassaarella on noin 20- 30 kertaa vuodessa. Ilmalämpöpumppujen korjaukset ovat olleet pääosin puhallinmoottorin vaihtoja ja puhallinmoottorin laakerivikoja sekä muutamia kompressorivikoja. Lisätietoa pyydettiin ilmalämpöpumppujen valmistajilta ja maahantuoilta sekä vakuutusyhtiöiltä. Haastattelukysymykset ovat liitteenä 2. Tietoa pyydettiin seuraavilta yrityksiltä ja henkilöiltä:

- Kaikilta tarjouspyynnön saaneilta
- Vakuutusyhtiö Turva
- Vakuutusyhtiö Pohjola, Matti Kainulainen
- SESK, Jouni Väyrynen
- FG Finland, Hannu Keituri
- Sulpu ry
- RefGroup
- Kylmäsori Tmi Esa Lammassaari
- Scanoffice
- Nibe.

Lisäksi tietoa haettiin ilmalämpöpumppujen maahantuojen kotisivuilta löydettävistä asennusohjeista ja manuaaleista sekä asentajilta asennuksien yhteydessä. Näitä asennusohjeita olivat muun muassa

- Ultimatemarket, yleisasennusohje /78/
- Kylmäcenter Oy, Ilmalämpöpumpun asennus kuvina /13/
- Suomen Energiansäästökeskuksen asentaja Rami Sippala,
- Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari
- Sanyo, asennus- ja käyttöohje
- Mitsubishi asennus- ja käyttöohje
- Kuluttajien haastattelut ja kuluttajien kyselyt ilmalämpöpumppujen toiminnasta.

On huomioitava, että työssä tarkasteltiin ilmalämpöpumppujen virheasennuksia yleisellä tasolla. Asennusohjeet vaihtelevat malleittain ja niihin kannattaa tutustua yhdessä myyjän ja asentajan kanssa. Virheasennuksissa käsiteltiin seuraavia kokonaisuuksia:

1. sisäyksikön asennus
2. ulkoyksikön asennus
3. putkiston tyhjiöinti
4. sähkökytkennät
5. kondensiovesi
6. putkiston asennus.

Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika-vaikutusanalyysin tulokset on esitetty liitteen 3 taulukoissa.

7.3. Asennusprosessin vika-vaikutusanalyysin arviointikriteerit

Vikavaikutusanalyysissä käytettiin arvioinnin perusteina taulukoita 5-7 esiintymisen todennäköisyyden (ES), virheen vakavuuden (VA) ja virheen löytämisen todennäköisyyden (LÖ) luokitteluksi.

Taulukko 5. Esiintymisen todennäköisyys (ES) /105/

Kriteerit virheen esiintymisen todennäköisyydelle	Arvo
Epätodennäköistä, virhettä ei löydy tai se esiintyy erittäin harvoin	1
Erittäin vähäinen todennäköisyys, virhe havaitaan harvoin (1/100)	2-3
Vähäinen todennäköisyys, virhe havaitaan (1/10)	4-5
Keskimääräinen todennäköisyys, virhe havaitaan joka toisessa kohteessa (1/2)	6-7
Korkea todennäköisyys, virhe esiintyy huomattavan usein (3/4)	8-9
Erittäin korkea todennäköisyys, virhe esiintyy aina	10

Taulukko 6. Virheen vakavuus (VA) /105/

Kriteerit virheen vakavuudelle	Arvo
Ei onnettomuusriskiä tai vaikutusta tuotteeseen, virhe ei aiheuta kustannuksia.	1
Ei onnettomuusriskiä, merkityksetön vaikutus tuotteeseen, pieni vaikutus tuotteen imagoon, virheen aiheuttamat kustannukset pienet (100–500 €).	2-4
Erittäin vähäinen onnettomuusriski tai riski häiriintyneeseen toimintoon, vaikutus imagoon, virheen aiheuttamat kustannukset keskimääräiset (500–1000 €).	5-7
Määrätyissä oloissa onnettomuusriski tai toimintapuute, suuri vaikutus imagoon, virheen aiheuttamat kustannukset merkittävät (1000–2000 €).	8-9
Vakava onnettomuus mahdollinen, tuote ei toimi, virheen aiheuttamat kustannukset erittäin suuret (yli 2000 €).	10

Taulukko 7. Virheen löytämisen todennäköisyys (LÖ) /105/

Kriteerit virheen löytämisen todennäköisyydelle nykyisillä testauksilla, testauksen luotettavuus (%)	Arvo
Virhe havaitaan aina, 96–100 %	1
Suuri todennäköisyys löytää virhe, 61–95 %	2-4
Kohtalainen todennäköisyys löytää virhe, 31–60 %	5-7
Heikko todennäköisyys löytää virhe, 11–30 %	8-9
Epätodennäköistä löytää virhe, ei voida testata 0-10 %	10

7.4. Tiedon saanti

Tiedon saanti vaihteli yrityksittäin. Esimerkiksi vakuutusyhtiöillä ei virheasennuksista ollut tietoa. Tällä hetkellä ilmalämpöpumppujen viat ovat menneet takuun piiriin ja virheasennuksia ei vakuutusyhtiö korvaa.

Asentajien keskuudessa niin tarjouksien kuin virheasennuksista saadun tiedon määrä ja laatu vaihteli paljon. Pieniltä yrityksiltä ei tarjouksia saatu. Kommentit vaihtelivat asiallisesta aiheen kommentoimisesta toisten asentajien haukkumiseen.

7.5. Asennusprosessin vika-vaikutusanalyysin tulokset

Ilmalämpöpumpun vika- vaikutusanalyysissä suurimmat ongelmat kohdistuivat nimenomaan ilmalämpöpumpun tyhjiöintiin. Huonon tyhjiöinnin seurauksena putkistoon jäävän jäännöskosteuden ja kylmäaineen fluorista syntyvä hapon ja kylmäaineen puutoksesta aiheutuva kompressorin huono voitelu, aiheuttavat laiterikkoja ja hyötysuhteen pienenemisen. Ongelmana on, että kuluttaja ei välttämättä heti huomaa virheellisen asennuksen aiheuttamia seuraamuksia vaan kompressoririkot tulevat ilmi vasta takuuajan umpeuduttua tai hyötysuhteen laskettua tarpeeksi alhaiseksi. Imagollisesti hyötysuhteen pienenemisellä on suuret vaikutukset.

Toinen ongelmaryhmä on huolimattomasta ja puutteellisesta käytönopastuksesta johtuvat ongelmatilanteet, joiden seurauksena ilmalämpöpumppu voi pahimmassa tapauksessa jäädä kokonaan käyttämättä. Asentajille on ilmoitettu, että laite ei toimi ja haukuttu sekä asentaja että laitteisto. Lopulta ongelmaksi on havaittu esimerkiksi patterien loppuminen kauko-ohjaimesta tai puutteita ilmalämpöpumpun suodattimien huollossa.

Myös sisä- ja ulkoyksikön oikeassa paikan valinnassa ilmenee puutteita. Varsinkin ulkoyksikön kiinnittäminen seinärakenteisiin ja sen aiheuttama melu on koettu ongelmalliseksi. Tämä voidaan ehkäistä asentamalla ulkoyksikkö maatalineen päälle. Sisäyksikön paikan valinnassa tulisi asentajan aina tarkistaa asennusohjeista sisäyksikön vaatima tila. Sisä- ja ulkoyksikön paikkaa valitessa asentajan olisi hyvä selittää asukkaille, millä perusteilla hän sisä- ja ulkoyksikön paikan valitsee. Huomioitavaa olisi myös sulamisvesien ohjaaminen pois talon rakenteiden vierestä ja ulkoyksikön alta, ja että sulamisvesiä ei ohjata kulkuväylille liukastumisvaaran vuoksi.

Tarkempia vika-vaikutusanalyysin tuloksia on esitetty liitteessä 3 ilmalämpöpumppujen vika-vaikutusanalyysi.

7.6. Esimerkkejä virheasennuksista

Noin 80–90 % kaikista ilmalämpöpumppuihin kohdistuvista korjauksista johtuu virheasennuksista. Arvio on haastatteluissa maahantuoilta ja asentajilta saatu tieto. On kuitenkin huomioitava, että virheasennus ei aina johdu asentajan ammattitaidon puutteesta. Inhimillisiä virheitä tapahtuu, ja esimerkiksi talon rakenteiden aiheuttamia niin sanottuja ääniongelmia ulkoyksikön osalta on vaikeaa etukäteen arvioida. Ammattitaitoinen asentaja huolehtii esimerkiksi ulkoyksikön ääniongelmien ilmaantuessa ulkoyksikön paikan siirrosta. Yleisimpiä takuuseen meneviä itse laitteesta johtuvia vikoja ovat puhallinmoottori-, laakeri- ja piirikorttiviati. Eriasteiset asennusvirheet ovat suurin ryhmä.

7.6.1. Sisäyksikön paikan valinta

Asennuskohteessa kävi ilmalämpöpumpuista tarjouksia antamassa useampikin yritys. Sisäyksikön paikan valinta olisi eräällä yrityksellä mennyt pieleen. Kohteessa ilmalämpöpumppua oltiin asentamassa kuvan 39 mukaisesti terassin oven yläpuolelle. Ongelmaksi koituisi ilmalämpöpumpun ja katon väliin jäävä tyhjätila. Laite on liian lähellä kattoa eikä ilma pääsisi kiertämään vapaasti. Ilmalämpöpumppu voi käydä lyhyitä jaksoja ja lämmitysteho jää pieneksi.



Kuva 39. Terassin oven päälle asennetun laitteiston ja katon väliin ei jää tarpeeksi tilaa

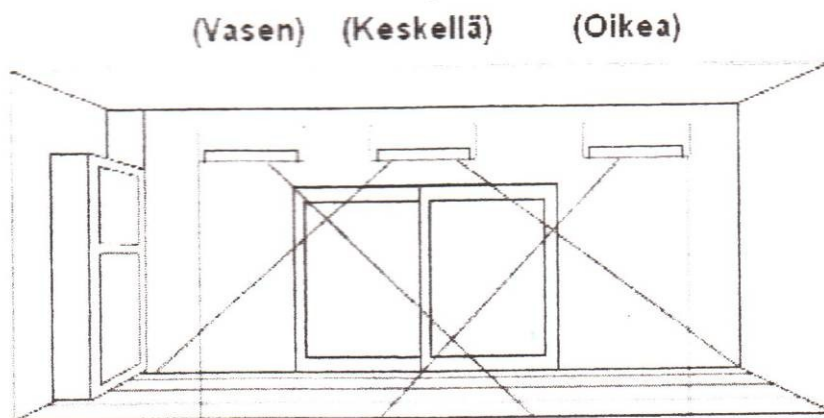
Asennuskohteessa toinen virheellinen paikka sisäyksikölle olisi ollut eteisessä sijaitseva erkkeri (kuva 40). Ongelmaksi voi muodostua laitteen aiheuttama melu ja erkkeri voi saada melun kaikumaan.



Kuva 40. Erkkerissä sisäyksikön aiheuttama melu kaikuu helposti

Ahtaissa portaikoissa lämpö ei pääse leviämään halutulla tavalla kerroksien välillä. Järkevämpää olisikin valita multislip- malli eli kahden sisäyksikön malli tai kaksi ilmalämpöpumppua. Myös sisäyksikön asentamisen takan tai leivinuunin viereen ei ole järkevää varsinkaan, jos takkaa tai leivinuunia käytetään paljon. Sisäyksikön paikka kannattaa tällöin valita siten, että sisäyksikön sisäilmankierto- ohjelma pääsee tehokkaasti levittämään lämmintä ilmaa muualle talon huoneisiin.

Ilmalämpöpumpun käyttö- ja asennusohjeissa on ohjeet ilmalämpöpumpun asennuspaikan valitsemiseksi. Kuvassa 41 on esitetty Mitsubishi Electric GE 25 asennuspaikan vaikutusta laitteen lämmitysasetuksiin. Asetuksien kanssa opastaa asentaja asennuksen jälkeen.



Kuva 41. Asennuspaikan valinnan merkitys lämmityksen säätöasetuksiin /34/

7.6.2. Sisäyksikön kondensioveden poistoputkessa ei ole kaatoa

Kondensiovesiputken tarpeellisen kaadon puuttuminen aiheuttaa kondensioveden valumisen lattialle ja irtaimistolle. Maahantuojan tietojen mukaan kohteessa kondensiovesi tulvi parketille, koska kaatoa ei putkistossa ollut.

Tällaisissa tapauksissa korjaukset voivat tulla kalliiksi ja vahinko voi olla suuri, jos isäntäväki ei ole kotona vahingon sattuessa. Jos irtaimisto on päässyt kastumaan, kastuneet kalusteet on kuivatettava ja pestävä sekä muut esineet kuivattava. Puset huonekalut voivat vedestä vahingoittua. Kastunut lattia on kuivattava, ja jos vesi on seisonut pitkään lattialla ja lattia on vioittunut, on lattia aukaistava ja odotettava lattian kuivumista ennen uuden asentamista. Kustannukset nousevat pahimmillaan tuhansiin euroihin.

Myös seinät ja tapetit voivat kärsiä kosteusvahingon. Jos kondensioputket on koteloituna ja pääsevät vuotamaan, voi kondensiovesi valua pitkäänkin seinärakenteisiin. Tällöin on seinärakenteet aukaistava ja kastuneet materiaalit vaihdettava uusiin. Kustannukset nousevat niin materiaalien kuin työn osalta tuhansiin euroihin.

Kondensioputki voi tukkeutua sinne kasvavasta bakteerilimasta. Tähän syy on liian pienien putkikokojen käyttö. Putken tukkeutumisen seurauksena kondensiovesi valuu irtaimistolle ja lattialle. Jos putkistot on koteloitu, voi kondensiovesi valua pitkän ajan seinärakenteisiin ennen kuin vika huomataan.

7.6.3. Puutteellinen tyhjiöinti

Huono ja puutteellinen tyhjiöinti aiheuttaa kompressorivikoja. Putkistoon jääneestä jäännöskosteudesta ja kylmäaineen fluorista syntyvä happo syövyttää putkistoa ja kompressoria. Myös kylmäaineen voiteluominaisuudet heikkenevät ja laite käy kuumempana. Tämä tarkoittaa laitteen hyötysuhteen huononemista ja pahimmassa tapauksessa voi aiheuttaa kompressorin rikkoutumisen, jolloin vaihtoehdoksi jää koko ulkoyksikön uusiminen.

Oikeaoppinen tyhjiöinti ja piirin paineistaminen takaa laitteen toimivuuden ja luvatussa hyötysuhteen. Kohdassa 7.4 on käyty tarkemmin läpi virheasennuksen vaikutusta laitteen hyötysuhteeseen.

7.6.4. Huono ja puutteellinen käytön opastus

Suurin ongelma ilmalämpöpumppujen käytössä on huono opastuksen saanti käytössä ja huoltotoimenpiteissä. Tällöin pienestäkin ongelmasta voi aiheutua huoltokustannuksia tai laite voi jäädä käyttämättä. Esimerkiksi kauko-ohjaimen patterien vaihtamatta jättäminen, voi aiheuttaa sen, ettei laitetta käytetä, koska luullaan, ettei se toimi. Tällä on vaikutusta niin ilmalämpöpumpun kuin asentajan imagoon, koska kuluttaja helpommin haukkuu laitteen toimimattomuutta kuin kehuu sen toimintaa. Valitettavasti myös laitteen asentaja haukutaan ammattitaidottomaksi, koska on näin huonon laitteen myynyt.

Muita huonosta käyttöön opastuksesta johtuvia vikoja ovat esimerkiksi seuraavat:

- Takkaa lämmitettäessä ei kytkeä sisäkiertoa päälle ja takan lämpö ei levittäydy huoneilmaan.
- Asiakkailta jää pattereiden vaihto suorittamatta ja pumppu toimii viimeiseksi ohjatulla ohjelmalla.
- Laitetta käytetään koko ajan täysteholla vaikka pienempikin osateho riittäisi.
- Lämpötilaa ei osata säätää laitteesta.
- Kun ulkoyksikkö jäätyy, sulatustoimintoa ei osata kytkeä päälle.
- Suodattimia ei puhdisteta riittävän usein, jonka seurauksena huoneilma on tunkkaista.

7.6.5. Kylmäainevuodot asennusvaiheessa

Kylmäainevuodot ilmalämpöpumppua asennettaessa on yksi yleisimpiä virheitä asennuksen aikana. Kylmäaine on niin ympäristölle kuin ihmisen terveydelle vaarallista. Asentajilta vaaditaan kylmäaineluvat, mutta siitä huolimatta vahinkoja sattuu. Asentaja huolehtii vuodon siivouksesta ja tarpeen mukaan tekee siitä ilmoituksen viranomaisille.

Hiilidioksidia kylmäaineena käyttävät ilmalämpöpumput tulee sijoittaa ulkotiloihin. Vuodon sattuessa hiilidioksidi syrjäyttää hapen sisätiloissa ja seuraukset voivat olla kohtalokkaita.

7.6.6. Laitteen suojaaminen vikavirtasuojakytkimellä

Ilmalämpöpumppu suojataan aina vikavirtasuojakytkimellä (kuva 42). Tämä suojaa niin asukkaita kuin laitetta mahdollisissa vikatilanteissa. Suurin uhka laitteelle, jossa ei ole vikavirtasuojakytkintä on ukonilman aiheuttamat virtapiikit ja salamaniskut. Virtapiikkejä voi esiintyä ilman ukonilmaakin. Huolellinen asentaja suorittaa jännitemittaukset laitteen asennuksen jälkeen. Väärin tehdyt sähkötyöt voivat olla kohtalokkaita, jopa ihmishenkiä vaarantavia.



Kuva 42. Asentajan asentaa vikavirtasuojakytkimen suojaamaan ilmalämpöpump-pua

7.6.7. Ulkoyksikön ääniongelmat

Yksikön kiinnittäminen hirsi- ja puurakenteisiin voi aiheuttaa tärinää ja melua sisätiloissa. Tämän minimoimiseksi ulkoyksikkö asennetaan maahan erillisen telineen päälle. Kuluttajat kertovat, että näissä tapauksissa asentaja on käynyt veloitusetta vaihtamassa laitteen paikkaa. Valmiita maatalineita on myynnissä ja niistä kannattaa kysyä ilmalämpöpumpun hankintaa harkittaessa.

Usein maateline (kuva 43) kuuluu tarjoukseen. Mikään ei kiellä oman maatelineen rakentamista, mutta tällöin kannattaa kysyä laitteen maahantuojalta tai asentajalta tarpeelliset mitat kuten esimerkiksi telineen korkeus, leveys ja syvyys. Puusta telinettä ei kannata rakentaa, koska ulkoyksikkö painaa keskimäärin noin 30–50 kiloa merkistä ja koosta sekä tehokkuudesta riippuen.



Kuva 43. Ulkoyksikön asennus maatelineen päälle

7.6.8. Oikeat työvälineet ja materiaalit

Olennainen osa asennusta on oikeat työvälineet (kuva 44). Putkia katkaistaessa ja liitoksia sekä mutkia tehtäessä väärät työkalut voi vaurioittaa putki tai putki voi litistyä ja aiheuttaa myöhemmin vuotovahinkoja. Ilmalämpöpumppuun tulevat putket täytyy olla tarkoitettu käytettäväksi ilmalämpöpumpuissa.



Kuva 44. Oikeat työvälineet ovat tärkeä osa asennusta

7.6.9. Rakenteille aiheutuvat kosteusvauriot

Julkisivua pitkin valuessaan kondensiovesi ja ulkoyksikön sulamisvesi vaurioittaa julkisivupinnan ja kulkuväylälle jäätyessään aiheuttaa liukastumisvaaran. Ulkoyksikön sulamisvedet täytyy ohjata pois sokkelin vierestä tai yksikköä ei sijoiteta heti ulkoseinän viereen.

Pahimmillaan tilanne on rakennuksissa, joissa sokkelin korkeus on muutamia kymmeniä senttejä (kuva 45), jos sitäkään, ja seinärakenteen alkavat heti sokkelin reunasta eikä rakennuksen viereen ole asennettu salaojaputkia. Tällöin sulamis- ja kondensiovedet voivat kastella sokkeliä ja kosteus nousee kapillaarisesti talon muihin rakenteisiin.

Tällaisten vahinkojen korjaukset tulevat erittäin kalliiksi. Seinärakenteiden ja sokkelin avaaminen ja kuivattaminen sekä rakenteiden uusiminen on aikaa vievää ja kallista - tuhansia euroja. Ennen kosteusvahingon huomaamista kosteus on voinut aiheuttaa homeongelman, esimerkiksi sädesienen kasvua rakenteissa, josta on vaikutus ihmisen terveyteen.



Kuva 45. Matala sokkeli voi aiheuttaa ongelmia ilmalämpöpumppujen sulamisvesien vuoksi

8. VIRHEASENNUKSISTA SYNTYVÄT KUSTANNUKSET

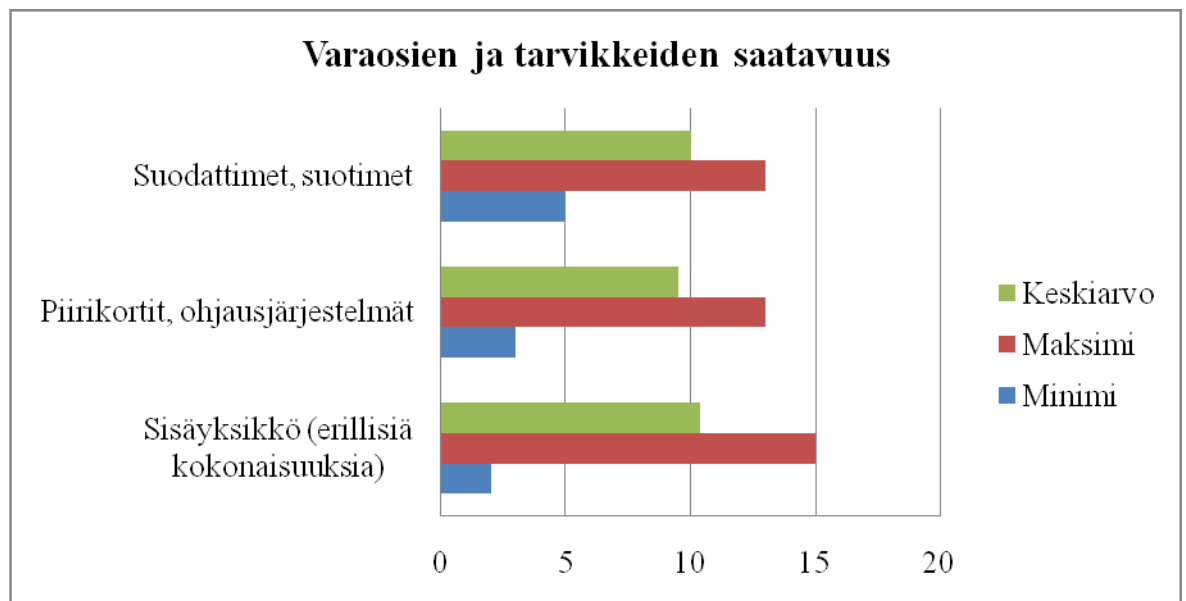
Virheasennuksissa kustannuksia syntyy niin laitteiston kuin huollon ja rakenteille ja irtaimistolle syntyvistä vahingoista. Laitteistokustannuksia syntyy varaosista ja uudesta laiteinvestoinnista. Varaosien saatavuus vaihtelee merkeittäin ja malleittain ja riippuu paljolti siitä, missä laitteen varaosavarastot sijaitsevat. Takuuaikainen huolto on riippuvainen asentajasta ja laitteistonmerkistä.

8.1. Huolto ja varaosat

Ilmalämpöpumppujen huoltoa ja varaosien saatavuutta selvitettiin ilmalämpöpumpuista saatujen tarjoustietojen perusteella. Taulukossa 8. on esitetty ilmalämpöpumppujen varaosien saatavuus suodattimien ja suotimien, piirikorttien ja ohjausyksikköjen sekä sisäyksikön osalta. Taulukossa on laskettu varaosien minimi, maksimi ja keskiarvo saatavuus ja tulokset näkyvät kaaviossa 1. Varaosien saatavuus vaihtelee 2-15 vuoteen. Minimissään saatavuus oli 2 vuotta.

Taulukko 8. Varaosien ja tarvikkeiden saatavuus

	Sisäyksikkö (erillisiä kokonaisuuksia)	Piirikortit, ohjausjärjestelmät	Suodattimet, suotimet
Minimi	2	3	5
Maksimi	15	13	13
Keskiarvo	10,4	9,5	10



Kaavio 1. Varaosien ja tarvikkeiden saatavuus

Varaosakustannuksia on esitetty taulukossa 9. Tietoa kustannuksista haettiin Internetistä ja kerättiin saaduista tarjouksista. Taulukossa 9 esitetyt kustannukset ovat minimi- ja maksimihinta.

Taulukko 9. Varaosakustannuksia

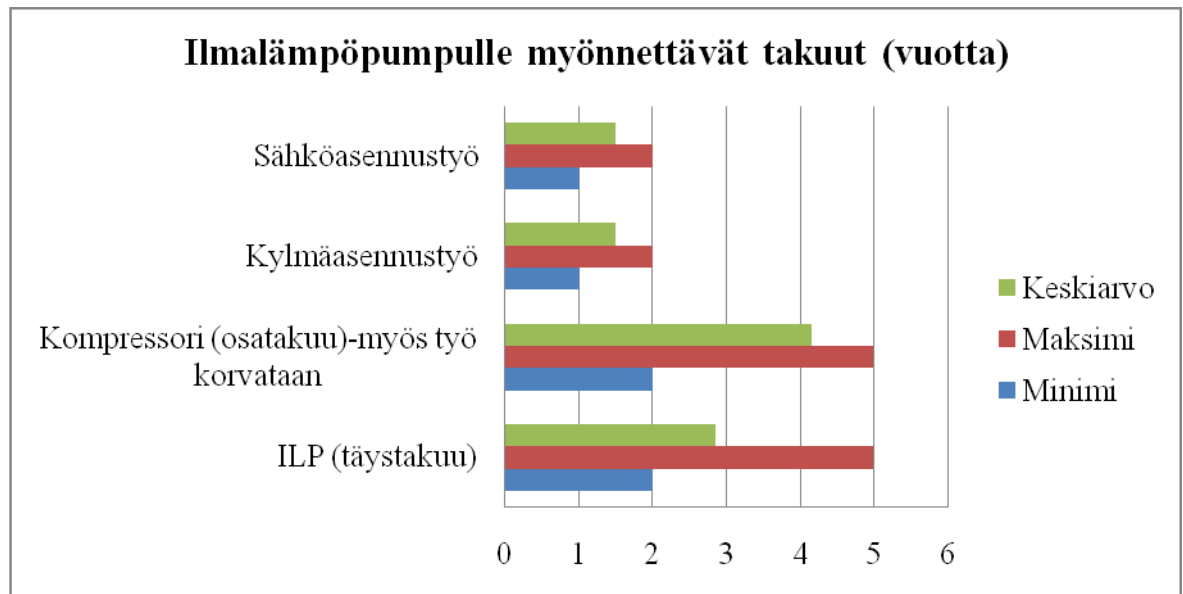
Varaosa	Min Hinta €	Max Hinta €	Muu
Ulkoyksikön kiinnityskonsoli	20 €	55 €	
Tärinävaimennuskumit (4kpl)	6 €	26 €	
Eristetyt kylmäaineputket (4m)	21 €	115 €	
Kotelot putkituksia varten (4m)	14 €	55 €	
Kulma/päätykappaleet (koteloihin, 4kpl)	5 €	40 €	
Ulkoyksikön alapohjan sulanapitovastus		50 €	Yleensä sisältyy hintaan
Kompressorin lämmityskaapeli			Yleensä sisältyy hintaan
Kondensioveden sulanapitokaapeli			Yleensä sisältyy hintaan
Maadoitettu pistorasia 4 m sähköjohdotuksella (jos pistotulppaliitäntä)	20 €	120 €	
Turvakytkin (jos kiinteä liitäntä ulkona)	15 €	80 €	
Vikavirtasuojakytkin (jos pistotulppaliitäntä ulkona)	20 €	100 €	

Varaosien saatavuudessa ilmenevät ongelmat ovat merkkikohtaisia. Maahantuojilla, joilla varaosavarastot sijaitsevat Euroopassa, varaosien saatavuus on helppoa ja nopeaa. Maahantuojat, joilla varaosavarastot sijaitsevat Aasiassa, varaosien saatavuus voi olla hankalaa ja varaosan saaminen voi kestää kohtuuttoman kauan. /3/

Taulukossa 10 ja kaaviossa 2 on esitetty saatujen tarjouksien perusteella ilmalämpöpumpun takuuajat kompressorille, kylmäasennustyölle ja sähköasennustyölle. Takuuajalle on laskettu minimi-, maksimi- ja keskiarvo. Minimissään takuuajat olivat 2 vuotta ja maksimissaan 5 vuotta. Kylmä- ja sähköasennuksien takuut vaihtelivat vuodesta kahteen vuoteen.

Taulukko 10. Ilmalämpöpumppujen takuuajat

	ILP (täystakuu)	Kompressorin (osatakuu)- myös työ korvataan	Kylmäasennustyö	Sähköasennustyö
Minimi	2	2	1	1
Maksimi	5	5	2	2
Keskiarvo	2,85	4,15	1,5	1,5



Kaavio 2. Ilmalämpöpumpuille myönnettävät takuut

Ilmalämpöpumppujen takuuajaksiin huoltoihin liittyvät ongelmat ovat yleensä asiakkaan mahdollisuus ottaa yhteyttä asentajaan tai asennusliikkeeseen. Olisikin tärkeää pyytää vielä erikseen asentajalta tiedot, mihin otetaan yhteyttä ongelmien ilmaantuessa. Asennusliikkeen velvollisuus on kouluttaa henkilökunta huoltotehtäviin. Ongelma ilmenee varsinkin pienillä yrityksillä. /3/

8.2. Muut kustannukset

Muita ilmalämpöpumppujen virheasennuksissa syntyviä kustannuksia ovat uuden laitteen investointi, irtaimistovahingot, seinä-, lattia- ja kattorakenteiden kosteusvahingot, sokkelin kosteusvahingot ja hyötysuhteen pieneneminen.

Nämä kustannukset saattavat olla laiteinvestointiin nähden huomattavia. Seinä- ja lattiarakenteiden ja sokkelin kuivatus on kallista ja remontiin saattaa upota tuhansia jopa kymmeniätuhansia euroja, jos putkisto on vuotanut rakenteisiin pitkään tai sulamis- ja kondensiovedet ovat kastelleet sokkelin ja kosteus on noussut rakenteisiin kapillaarisesti.

Tarjouksia pyydettyäessä on hyvä selvittää myös syntyvät matkakustannukset. Tarjouspyyntöjen perusteella matkakulut vaihtelivat 0-100 € välillä. Yritykset eivät yleensä veloita matkakuluja kaupunkialueella, mutta taajaman ulkopuolella kilometrit lasketaan, joko kiinteänä korvauksena tai ajettujen kilometrien mukaan. Yleinen kilometrikorvaus vaihtelin 0,5-0,7 €/km.

8.3. Huollon saatavuus

Huollon saatavuus riippuu paljon asennusliikkeestä. Yrityksillä on saatavissa erilaisia huoltosopimuksia ja huoltopaketteja. Esimerkiksi Suomen Energiasäästokeskuksella on tarjolla ”Salamana paikalla ” -huoltosopimus. Sopimus tarjoaa seuraavat palvelut:

- 24h puhelinpalvelun.
- Taajama-alueilla huoltomies paikalle 24 h sisällä ja taajaman ulkopuolella 48h sisällä.
- Jos laitetta ei voida korjata 48 tunnin sisällä, asennetaan asiakkaalle uusi laite veloituksetta.
- Tarkastuskäynti puolen vuoden päästä laitteen asennuksesta, jotta varmistetaan laitteen toimivuus ja energiansäästäminen on lähtenyt odotetulla tavalla käyntiin.
- Huoltosopimus on voimassa 24kk laitteen asentamisesta. /23/

LG- jälleenmyyjät ovat luvanneet asiakkaille jopa sisäyksikön paikalta irrottamisen ja takaisin paikalle laitton tapettienvaihdon yhteydessä veloituksetta. /96/ Oleellista asiakkaalle on huoltoa tilatessa tietää laitteen merkki, malli ja asennusajankohta sekä käyttöönottoajankohta.

8.4. Hankintaturvatuote

Osa ilmalämpöpumpuista on niin sanottuja hankintaturvatuotteita. Tämä tarkoittaa, että laite on testattu sopimaan pohjolan kylmiin olosuhteisiin, mukana on suomenkieliset käyttöohjeet, sisältää ammattitaitoisen asennuksen ja toimivan huoltopalveluturvan ja takuupalvelun sekä nopean varaosapalvelun. Kuvassa 46 on esitetty logo, josta tunnistaa hankintaturvatuotteen. /60/



Kuva 46. Hankintaturvatuote- logo /60/

Hankintaturvatuotteen Scanoffice Oy testaa tekniikanosastollaan ja laadunvarmistamiseksi tärkeimmät tuoteuutuudet testataan myös VTT:n Otaniemen Laboratoriossa Espoossa. Testit sisältävät kaksi osa-aluetta: field- testing- vaihe ja hyötysuhteen mittausta. /60/

Hankintaturvan tärkeimmät lähtökohdat ovat seuraavat. Takuuaika laitteistolle on 2 vuotta ja jatkettu takuu kompressorille on 3-5 vuotta. Varaosien saatavuus 10 vuotta. Laitteen toiminta lämmitystoiminnalla aina -25°C:n lämpötilaan asti. /60/

8.5. Vaikutus laitteen elinkaareen

Ilmalämpöpumppujen lisäämistarve ilmenee EU:n Suomelle asettamista tavoitteista uusiutuvan energian käytön lisäämisestä 2005 vuoden 28,5 % tasosta 38 %:iin. Lämpöpumpuilla voitaisiin tästä määrästä korvata 5–10 TWh/a eli 17,5–33 %. Tämä tarkoittaa 800 000 asennettua ilmalämpöpumppua. Ilmalämpöpumpuilla korvataan sähkö- ja öljylämmitystä osittain ja täten lisätään valtion energiaomavaraisuutta. /4/

Elinkaarella tarkoitetaan ajanjaksoa tuotteen synnystä loppukäsittelyyn. Suomen lämpöpumppuyhdistys määrittelee lämpöpumpun elinkaareksi noin 10–15 vuotta käytön määrästä riippuen. Käytön määrän lisäksi elinkaareen vaikuttavat suoritettavat huollot ja tarkastukset. Suurin vaikutus ilmalämpöpumppujen elinkaareen on oikeaoppisesti ja huolellisesti suoritettulla tyhjiöinnillä ja oikealla kylmäainemäärällä. Nämä takaavat kompressorin voitelun ja täten kompressorin pitkän käyttöiän. Elinkaaren turvaamiseksi kannattaa käyttää ammattitaitoista asentajaa. /4/

8.6. Elinkaarenaikaiset hiilidioksidipäästöt

Suomessa asuntojen lämmitystarve synnyttää noin 10 % koko Suomen kasvihuonepäästöistä. Lämpöpumput vaikuttavat hiilidioksidipäästöjen syntyyn epäsuorasti: itse laite ei tuota hiilidioksidipäästöjä, mutta sen kuluttaman sähkön tuotannossa syntyy hiilidioksidipäästöjä. Toisaalta lämpöpumput vaikuttavat sähkötalutukseen ja täten pienentävät hiilidioksidipäästöjä. /102/

TEWI- laskentamallin (Total Equivalent Warming Impact) avulla voidaan arvioida lämpöpumpun elinkaaren aikana syntyneitä päästöjä ekvivalenttisenä hiilidioksidimääränä.

$$\text{TEWI} = (n * L * m * \text{GWP}) + (n * E_{\text{vuosittainen}} * \text{EF}) + (L_{\text{purku}} * m * \text{GWP}), \text{ missä } \quad (5)$$

n = laitteiston käyttöikä [a],

L = vuosittainen vuotomäärä [%],

m = kylmäaineen määrä [kg],

GWP = ns. global warming potential [kgCO_2/kg kylmäainetta],

$E_{\text{vuosittainen}}$ = vuosittainen energiankulutus,

EF = lämpöpumpun käyttämän energian(sähkö) päästökerroin [kgCO_2/kWh] ja

L_{purku} = purun aikana tapahtuva kylmäaineen vuoto ympäristöön [%]. /102/

Taulukossa 11 on esitetty omakotitalon lämmitysenergian tuotannossa syntyvien CO_2 -päästöjen määrää. Lämpöpumppujen tuottaman hiilidioksidipäästöjen määrä tippuu puolella ja jopa noin 75 %:a maalämpöä verrattaessa öljylämmitykseen ja noin kolmasosan ilmalämpöpumppuihin verrattaessa. /114/

Taulukko 11. Omakotitalon lämmitysenergian (20 000 kWh/a) tuotannosta aiheutuvat CO_2 -päästöt eri lämmitystavoilla /114/

Lämmitystapa	Ulkopuolisen energian tarve kWh/a	CO_2 -päästöt t/a
Sähkölämmitys ¹	20000	5,0
Öljylämmitys ²	25000	6,6
Maalämpöpumppu ³	6000	1,7
Ilmalämpöpumppu ³	10000	2,6
Poistoilmalämpöpumppu ³	11000	2,9

1) Sähkön päästöt laskettu keskimääräisellä kertoimella $250 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{kWh}$

2) Öljylämmityksessä käytetty hyötysuhdetta 80 % ja päästökerrointa $264 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{kWh}$

3) Lämpöpumpuissa otettu huomioon tarvittava lisäenergia

Koko Pohjoismaissa lämpöpumpuista saataisiin paras hyöty, jos lämpöpumppu asennettaisiin jokaiseen talouteen. Tällöin ympäristöön kohdentuvien päästöjen vähennykset olisivat seuraavat:

- energiankulutus 43 %
- typpioksidipäästöt 30 %
- hiilivetypäästöt 80 %
- hiilidioksidipäästöt 36 %./50/

8.7. Vajaatäytön ja vuotojen vaikutus COP: hen

Ilmalämpöpumpun hyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- oikeaoppinen tyhjiöinti
- lika ja kosteus (etenkin kylmäainepiirissä)
- kylmäaineen määrä
- putkisto- ja tiivisteiden vuodot
- pitkät putkivedot sisä- ja ulkoyksikön välillä.

Suurin vaikutus hyötysuhteeseen on kuitenkin tyhjiöinnillä ja kylmäaineen määrällä. Huonosti suoritettun tyhjiöinnin seurauksena jäännöskosteudesta ja kylmäaineen fluorista syntyvä happo syövyttää putkia ja kompressoria, kompressorin voitelu on huonoa ja kompressorin energiankulutus kasvaa ja COP-kerroin huononee sekä laitteen käyttöikä lyhenee. /104/

Asiakkaita haastatellessani kävi ilmi kohteita, joissa ilmalämpöpumppu kulutti sähköä yhtä paljon kuin tuotti lämpöä hyvästä COP-kertoimesta huolimatta. Hyvin luultavasti tyhjiöinti oli suoritettu huolimattomasti eli sitä ei jatkettu tarpeeksi kauan jäännöskosteuden poistamiseksi ja kylmäainemäärä laitteessa oli liian alhainen.

Pahimmat kustannukset syntyvät, kun ilmalämpöpumppu rikkoutuu ja tilalle joudutaan ostamaan ja asentamaan kokonaan uusi laite. Välttämättä laite ei rikkoudu takuuaikana, jolloin kustannukset jäävät asiakkaalle. Asiakas voi kyllä riitauttaa asennusvirheen kuluttajariitalautakunnassa. Tällöin kannattaa ottaa selvää, oliko asentajalla luvat kunnossa ja onko kyseistä yritystä enää olemassa sekä tarkistaa, jättikö asentaja käyttöönottopöytäkirjaa asennuksen jälkeen. Jos yritystä ei ole enää olemassa, korvauksien saanti vaikeutuu huomattavasti.

Ilman kosteus vaikuttaa ilmalämpöpumpun hyötysuhteeseen siten, että kosteilla ja kylmillä ilmoilla ulkoyksikön sulapitojärjestelmä kuluttaa energiaa laitteen ylläpitotoimintaan. Myös ulkoyksikön ympäristö tulee pitää puhtaana roskista ja liasta.

Jotta COP-kertoimen ja vajaatäytön välistä vaikutusta voidaan ymmärtää, tulee tarkastella ilmalämpöpumpun toimintaa, kun kylmäaineen määrä laitteessa laskee esimerkiksi tiivistevuotojen vuoksi. Invertterillä varustetun lämpöpumpun sisäkennon lämpötilaero alkaa kasvaa, kun alitäyttöä ilmenee järjestelmässä. 50 % osateholla laitetta käytettäessä lauhduttimen ylikuumentaminen tapahtuu paljon hitaammin kuin toimittaessa 100 % alueella. Vuotosignaali (simulaatioissa) saavutetaan +150 %:n (kasvu lämpötilaerossa) hälytysrajalla, kun

- 50 % osateholla n. -20 % kylmäaineesta on vuotanut ja
- 100 % täysteholla jo < -10 % vuoto riittää signaaliin.

Vuoto tulee esille hitaammin laitetta vajaateholla käytettäessä. /45/

Kun lämmöntuotto sisällä vähenee, oli syy sitten vajaatäyttö tai mikä muu vika tahansa, invertteri yrittää kompensoida pienentynyttä lämmöntuottoa lisäämällä kompressorin kierroksia. Tämä näkyy heti ottotehossa ja perinteisessä COP-laskuissa (lämmöntuotto heikkenee, ottoteho kasvaa). /45/

8.8. Yhteenveto virheasennuksien kustannuksista

Taulukossa 12 on esitetty yhteenveto virheasennuksista syntyvistä kustannuksista. Kustannukset riippuvat paljon materiaaleista ja vahingon laajuudesta.

Taulukko 12. Virheasennuksien kustannukset

Virheen seuraus:	Kustannus:	
Varaosat	5- 120 €	Riippuu varaosasta
Laite investointi laiterikon seurauksena	1000- 2000 €	Riippuu ilmalämpöpumpun merkistä ja koosta
COP:n aleneminen 50%	100- 500 €/a	Säästöt pienenee tai niitä ei synny lainkaan.
Talon rakenteiden ja sokkelin kastuminen	1000- 10 000 €	Rakenteiden ja sokkelin kuivatus ja uusiminen.
Irtaimiston kastuminen	100- 10 000 €	Riippuu kuinka pahasti kalusteet ja irtaimistot kastuvat ja voiko näitä enää kuivattaa ja kunnostaa.
Lattioiden uusiminen ja kuivattaminen	500- 2000 €	Riippuu lattia materiaalista ja pinta-alasta.
Tapettien vaihto ja seinärakenteiden kuivattaminen	500- 2000 €	Riippuu lattia materiaalista ja pinta-alasta.
Välikaton eristyksien ja välikaton kuivattaminen ja vaihtaminen	500- 1000 €	Joissakin kohteissa putkistot on vedetty välikaton kautta ja rikkouduttuaan aiheuttavat välikaton eristyksien ja rakenteiden kastumisen.
Laite asennettu väärään paikkaa eikä lämpö pääse leviämään huoneilmaan tasaisesti.	100- 250 €/a	Pahimmillaan laitteistoa ei käytetä ja säästöjä ei synny ollenkaan.
Huonon käytönopastuksen seurauksena laitetta ei osata käyttää	100- 500 €/a	Pahimmillaan laitteistoa ei käytetä ja säästöjä ei synny ollenkaan. Imagolle aiheutuu suurta vahinkoa.

9. ASENTAJAN VASTUUT JA KORVAUSVELVOLLISUUDET

Ilmalämpöpumpun asennusta ja siihen tarvittavia lupia käsiteltiin kohdassa 6.2 Kylmäaineluvat ja turvamääräykset. Huolellinen asentaja huolehtii, että hänellä on TUKES:n vaatimat kylmäaine ja sähköliitännät luvat kunnossa. Laillinen asennus varmistaa myös kuluttajansuojan ja vakuutus- sekä takuuturvan. Lisäksi luotettava asentaja antaa asiakkaalle tietoa ilmalämpöpumpun oikeasta käytöstä, opastaa säädöissä ja huoltoasioissa sekä antaa yhteystiedot huolto ja takuu tilanteita varten.

Takuuta varten asentaja täyttää asennuspöytäkirjan ja huolehtii sen laitteen myyjälle. On muistettava, ettei takuuaikainen tuotteen vaihto pidennä takuuaikaa. Asiakkaan aiheuttamia virheitä, esimerkiksi väärä käyttö, huollon puute, asennusvirhe, ei takuu korvaa.

Asentajalta kannattaa pyytää todistusta, että hänellä on luvat kunnossa. Esimerkiksi Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen jäsen on sitoutunut sovittuihin sääntöihin alalla ja asentajalla on tällöin Eucert- sertifikaatti eli Eurooppalaisen Lämpöpumppuasentajan pätevyys. /66/

Ilmalämpöpumppujen vastuunjako on yleensä seuraava: asennusliike vastaa tekemästään asennuksesta ja laitteen huollon- ja käytön opastuksesta sekä mahdollisista takuukorjauksista ja maahantuoja vastaa laitteen varaosien saatavuudesta. Haastattelujen perusteella kyselyitä tulee enemmänkin lupa-asioista kuin itseasennuksista. Kuluttajat ovat huomanneet ilmalämpöpumppujen asennuksen olevan ammattitaitoisen asentajan työtä ja veroviranomaisen puuttuminen kotitalousvähennyksen osalta on vaikuttanut myös itseasennuksiin. /3, 97/

9.1. Tuotevastuulaki ja kuluttajansuojalaki

Lainsäädäntö suojaa kuluttajaa mahdollisissa vahinkotilanteissa:

1. Tuotevastuulaki 17.8.1990/694, omaisuudelle aiheutuneen vahingon korvaaminen /25/ ja
2. Kuluttajansuojalaki 20.1.1978/38, kulutushyödykkeiden tarjontaa, myyntiä ja muuta markkinointia elinkeinonharjoittajilta kuluttajille. /24/

Suomessa kuluttajan oikeudet on turvattu hyvin ja epäselvissä tapauksissa kannattaa ottaa yhteyttä paikkakuntasi kuluttaja-asiamieheen.

9.2. Asennusvirheiden korvattavuus

Asennusvirheiden korvausvelvollisuus kuuluu yritykselle tai asentajalle, joka on ilmalämpöpumpun virheellisesti asentanut. Kuluttajasuojalaki koskee myös ilmalämpöpumppuja ja niiden asennuksia.

Täysin ongelmaton tilanne ei kuitenkaan ole. Koska ala on hyvin kausiluontoista, ei toiminta ole yrittäjälle kannattavaa pelkästään ilmalämpöpumppu-urakointien varassa. Niinpä puumin laantuessa osa toimittajista lopettaa ja jäljelle jää annetut pitkät takuuajat ja katteettomat lupaukset. Täten kuluttajan on vaikeaa löytää toista yritystä, joka on valmis ottamaan vastuun toisen tekemistä mokailuista. Sama koskee tilanteista, joissa asentajalla ei ole ollut tarvittavia lupia. Tuskinpa kuluttaja haluaa kyseistä asentajaa korjaamaan virheitään, jos lupa-asiat eivät ole kunnossa. /110/

9.3. Turvaa oikeutesi ja valitse oikein

Jotta ilmalämpöpumpun hankinta, huolto ja takuuajaiset korjaukset sujuvat ongelmitta, kannattaa kiinnittää huomiota seuraaviin kohtiin:

- Ilmalämpöpumppu on testattu luotettavasti pohjoisissa olosuhteissa. Näin takaat laitteen toimivuuden kovillakin pakkasilla eikä laitteisto jäädy.
- Laitteiston asentaa ammattilainen, jolla on niin kylmäasennus- ja sähköasennusoikeudet. Tällöin vastuut vika- ja neuvontatapauksissa ovat selkeät.
- Kirjallisella sopimuksella niin laitteiston kuin asennuksen hinta on sovittu etukäteen ja takuu ja huolto tiedot on annettu kirjallisena. Takuuajaa jää yleensä asiakkaan velvollisuudeksi todistaa.
- Kirjataan sopimukseen myös asentajan kuin huollon yhteystiedot.
- Pyydetään asentajalta asennuspöytäkirja ja opastusta laitteen käytöstä.

Ongelma tilanteissa tulee ottaa yhteyttä paikkakunnan kuluttaja-asiamieheen, joka auttaa mahdollisissa riitatilanteissa./40, 80,72, 71/

10. ILMALÄMPÖPUMPPUJEN HANKINTAAN, ASENNUKSIIN, HUOLTOON JA TAKUUSEEN LIITTYVIÄ ONGELMIA

Tietoa lämpöpumpuista on runsaasti saatavilla ja nykyään myös tieto on asiakkaiden saatavissa ennen ostopäätöksen tekoa. Lämpöpumppu on kuitenkin melkoisen tekninen laite ja tietojen ilmoittaminen niin, että kuluttaja sen ymmärtää on melkoisen haasteellista. Hannu Keituri maahantuojayrityksestä FGFinland kommentoi ja kritisoi yrityksen markkinoitua seuraavasti: ”Ehkä joidenkin yritysten harhaanjohtava markkinointi laitteen helposta asennuksesta antaa vääränlaista kuvaa kuluttajille. Pääsääntöisesti asiakkaat ovat tyytyväisiä tekemäänsä hankintaan jopa merkistä riippumatta.”. Myös asentajien lupaamat ylisuuret kotitalousvähennykset ovat alan ongelmana. /3, 96, 97, 110 /

Huoltosopimukset voivat olla pelkkää rahastusta. Oikein asennettu ja asiakkaan hyvä opastus takaa laitteen vaivattoman käytön vuosiksi eteenpäin. Yritysten tulisi kehittää toimintaansa asiakaslähtöisellä tavalla. Asiakkaan tyytyväisyys tulisi säilyttää koko laitteen elinkaaren ajan. Tähän huolto- ja neuvontakäynnit olisivat oiva apukeino, mutta varsinkin pienille yrittäjille turhan kallis ja aikaa vievä vaihtoehto. /3/

Maahantuojiin arvio asentajien ammattitaidosta on melko positiivinen. Heidän mukaan alalla on ammattitaitoisia asentajia. Ongelmaksi on kuitenkin havaittu kasvavien markkinoiden mukana tuomat niin sanotut ”onnen onkijat”. Maahantuoijat mukaan aika hoitaa ja on jo hoitanutkin nämä asentajat pois markkinoilta. Valituksia kuuluu aika ajoin tietyistä asentajista, ja ne muuttuvat muutaman kuukauden välein. /3, 97/

Alan koulutuksen lisääminen edelleen, tunnettujen merkkien ja luotettavien vastuuntuntoisien asennusliikkeiden käyttäminen ostopäätöstä tehtäessä helpottaa alan ongelmien karsimisessa. Teknologia kehittyy nopeasti ja alalla kaivataan nuoria niin kylmä- kuin sähkötekniikan sekä automaatiotekniikan osaavia nuoria. /3, 99, 119/

Myös provisiopalkalla työskentelevät ilmalämpöpumppujen myyjät aiheuttavat ongelmia alalla. Heillä ei välttämättä ole alalla tarvittavaa koulutusta. Myyjä ei välitä, asennetaanko ilmalämpöpumppu oikeaan paikkaan eikä useasti tiedä asennuskriteereitä. Provisiopalkan vuoksi myyjälle on tärkeämpää saada mahdollisimman monta ilmalämpöpumppua kaupaksi kuin laadukas asiakaspalvelu ja laadukas lopputulos asennuksen osalta.

Ongelmana ovatkin näiden kausiluontoisten asentajien taakseen jättämät asiakassuhteet. Kuluttajalla on hankala saada huoltopalvelua takuuongelmien ilmaannuttua. Maahantuoja sanoo asentajan olevan vastuussa korjauksista ja asentajaa ja hänen yritystään ei olekaan enää olemassa. Monikaan muu yritys ei lähde korjaamaan toisen asentajan tekemiä mokia tai toiselle yritykselle kuuluvia takuukorjauksia. Monesti takuukorjaus tulee olla maahantuojan tilaama, jos korjaaja on jokin toinen kuin laitteen asentanut yritys tai jälleenmyyjä. Asiakas jääkin turhan usein maahantuojan ja asentajan pompoteltavaksi eikä vastuu virheasennuksesta syntyneestä vahingosta haluta kantaa. /97, 99/

Asentajien ongelmaksi muodostuu takuukorjauksien työ- ja rahtikorvaukset. Maahantuojat maksaa kyllä osan, mutta työ, rahti ja matkakulut jäävät asentajan omasta pussista maksettaviksi. Pienillä yrittäjillä nämä kustannukset voivat merkitä monen päivän tulonmenetyksiä.

On huomattava, että asiakkaat eivät enää juurikaan kysele ilmalämpöpumpun itse asentamisesta. Nykyään suositumpi kysymys onkin asentajien luvista.

Ilmalämpöpumpuista on tehty laajojakin tutkimuksia. Etenkin viime keväänä Ruotsissa julkaistu ilmalämpöpumppututkimus herätti paljon keskustelua. Tutkimukset ovat kyllä melko luotettavia, mutta kysymys on yleensä siitä, mitä kuluttajalle halutaan kertoa, ja mitä jätetään kertomatta. /3, 99, 97/

Vakuutusyhtiöiden haastattelujen perusteella ilmalämpöpumppuihin ja niiden virheasennuksiin liittyvää tietoutta heillä on vielä vähän saatavissa. Yleisesti voi sanoa tilanteen olevan seuraava: laiteviat ovat vielä menneet takuuseen ja asennusvirheitä ei vakuutusyhtiökorvaa. /116, 117/

11. YHTEENVETO

Opinnäytetyö oli aiheena haastava, laaja ja mielenkiintoinen. Itsenäisen työskentelyn osuus oli huomattava. Ongelmia opinnäytetyössä esiintyi tiedon saannissa. Vaikka moni kommentoi aiheen olevan mielenkiintoinen ja ajankohtainen, jäi itse asia monesti kommentoimatta. Etenkin pieniltä yrityksiltä tiedonsaanti oli vaikeaa. Tämä johtuu varmastikin kesän ja syksyn aikana työkiireistä, koska juuri tänä aikana lämpöpumppujen asennuksia tehdään paljon.

Toisaalta toiset asentajista asennoituivat aiheeseen hyvinkin negatiivisesti. Kommentit jäivät tasolle: ”Kyllä minulla on luvat kunnossa”. Nyt täytyisikin ymmärtää, että lämpöpumppu alan ongelma koskettaa kaikkia asentajia ja vaikuttaa kaikkien asentajien maineeseen. Pelkät luvat eivät alaa paranna, jos ymmärrystä asennuksien oikein suorittamisesta ei ole.

Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysissä virheasennuksien ongelma- kohdiksi muodostui tyhjiöinti, yksiköiden oikea paikan valinta ja käytön opastus. Käytön opastuksella on merkitystä laitteen imagoon. Monesti väärän käytön ja väärrien säätöjen seurauksesta laite voi jäädä kokonaan käyttämättä ja niin asentaja kuin laitekin haukutaan tuttaville. Myös sulamisvesien ohjaamiseen rakennuksien vierestä kauemmaksi tulisi kiinnittää huomiota. Näiden virheiden poistamiseksi olisi yksinkertaisesti käytettävä enemmän aikaa asennusvaiheessa ja käytön opastamisessa. Eritoten asentajien tulisi kiinnittää huomiota omiin työskentelytapoihin ja asennukseen käytettävään aikaan ilmalämpöpumppujen asennuksien sesonkiaikana.

Virheasennuksien ja huoltotilanteiden selvittämiseksi ja lämpöpumppualalla vallitsevien ongelmien ratkaisemiseksi voisi olla järkevää perustaa asentajia varten tietopankki, johon kootaan asentajien huoltokäynnit laitevikoiineen. Tietopankkiin voisi koota tietoa asennuksista, luvista ja muista alaa koskevista työohjeista. Tietopankin tarkoitus ei olisi toimia niin sanottuna mustana listana asentajista, joille virheitä on sattunut.

Kuluttajien palvelemiseksi tarvittaisiin puolueeton lämpöpumppuneuvoja. Hänen työ- kuvaan voisi kuulua kuluttajien neuvonta niin hankintavaiheessa kuin ongelmatilanteissa. Näin välttyttäisiin monelta riitatilanteelta kuluttajan, asentajan ja myyjän välillä. Neuvojan tulisikin tuntea niin lämpöpumppujen tekniikka kuin kuluttajansuoja.

Pienillä yrityksillä kompastuskiveksi muodostuu asiakassuhteiden kokonaisvaltainen hallinta. Yrittäjien kiireiden vuoksi aikaa ei ole asiakastytyväisyyden parantamiseen ja asiakaspalautejärjestelmien kehittämiseen. Jotta asiakastytyväisyyttä voitaisiin parantaa, tulisikin asentajien käyttää huomattavasti enemmän aikaa hankintavaiheessa asiakkaan neuvomiseen ja käyttöön oton jälkeen lämpöpumpun käytön opastukseen. Pahitteeksi ei olisi myös tarkistuskäynti muutaman kuukauden kuluttua laitteen käyttöönoton jälkeen. Hyvällä neuvonnalla voidaan poistaa epärealistisia odotuksia eikä asiakas koe tulleen petetyksi.

Yhtenä kehityskohteena näkisin lämpöpumppujen testauksien ja vertailujen standardoinnin kehittämisen. Näin kuluttajan saama tieto olisi luotettavaa ja eri testien välinen vertailu helpompaa. Yhtenä testausmuotona voisi kehittää kuluttajien suorittamia testejä, joissa kuluttaja käyttää lämpöpumppua ja antaa oman mielipiteensä laitteen toiminnasta.

Suurin ongelma lämpöpumppualalla on kuitenkin alan nopea kasvu. Nyt tulisi asettaa alalle muitakin kuin vain taloudellisia tavoitteita. Kylmäalan asentajat voisivat yhdessä miettiä alan kehittämistavoitteita ja toimenpideohjelmia ongelmien ratkaisemiseksi ja tavoitteisiin pääsemiseksi. Oikeanlaiset mittarit asennuksien laadusta, suoritustavoitteet sekä vastuiden ja velvollisuuksien selventäminen ja määrittäminen poistaisi monia alan ongelmia.

Yhtenä tavoitteena voisi olla alan koulutuksen lisääminen. Monialan osaajia tarvitaan lämpöpumppu alalla niin asiakaspalvelussa, kylmäasennuksessa, sähköasennuksessa kuin ohjaus- ja säätötekniikan ymmärtämisessä. Tällä saralla kylmäalan tulisikin tehdä yhteistyötä koulujen ja ammattioppilaitosten kuin ammattikorkeakoulujen kanssa koulutus uudistuksien muodossa.

Lämpöpumppualaa ja virheasennuksia tulisi tutkia enemmän, koska asennusvirheitä esiintyy alalla huomattavasti enemmän kuin takuukorjauksia. Kirjallisuutta ilmalämpöpumpuista ja etenkin ilmalämpöpumppujen tekniikasta on vielä vähän saatavissa. Tämän vuoksi jouduttiin tietoa hakemaan Internetin kautta valmistajien ja maahantuojien tiedotteista ja asiakirjoista.

12. LÄHDELUETTELO

- /1/ Elektroninen paisuntaventtiili on tärkeä osa jäähdytyskiertoa, artikkeli, Suunta, Chiller Oy:n asiakaslehti 1/2009
- /2/ Facta 2001 8.osa 951-0-10229-6, WSOY
- /3/ Hannu Keituri, FGFinland, haastattelu, 20.10.2009
- /4/ Hirvonen, Jussi. 2008a. Kivikausi ei loppunut kivien loppumiseen. Lämpöpumppu uutiset, 2008: 2. 3 s. Pääkirjoitus. [verkkolehti]. [viitattu 29.10.2008]. Saatavissa: http://www.ivt.fi/images/images_fi/pdf/IVTLPU5.pdf, pdf- dokumentti, luettu 19.10.2009
- /5/ <http://www.217.71.145.20/TRIPviewer/show.asp?tunniste=VNS+6/2008&base=ermuut&palvelin=www.eduskunta.fi&f=WORD>, Valtioneuvoksen selonteko pitkänaikavälin ilmasto- ja energiastrategiasta marraskuussa 2008, www-dokumentti, luettu 12.07.2009
- /6/ http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITIEETO/0_TV-talo%202009/seminaari%2028-3-09/Mikko%20Saari.pdf, pdf-dokumentti, luettu 21.10.2009
- /7/ http://www.daikin.fi/binaries/DaikinFTXGtmN_tcm116-68184.pdf, pdf- dokumetti, luettu 22.10.2009
- /8/ <http://www.danfoss.com/Finland/BusinessAreas/Refrigeration+and+Air+Conditioning/RefrigerationScroll/RefrigerationScroll.htm>, scroll- kompressorit esite, pdf-dokumentti, luettu 09.09.2009
- /9/ <http://www.edilex.fi,rakennuslaki ja rakennusmääräykset>, www-dokumentti, luettu 09.09.2009
- /10/ <http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20090452?toc=1>, www-dokumentti, luettu 26.07.2009
- /11/ <http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20090452?toc=1>, Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta (voimassa 1.7.2009 alkaen) 18.6.2009/452, www-dokumentti, luettu 21.07.2009
- /12/ [http://www.ekopower.fi/ilmalampopumput_asennus_kuvina.html](http://www.eduskunta.fi/triphome/bin/vex3000.sh?kanta=&OLETUSHAKU=&LYH=LYH&PALUUHAKU=%2Ftriphome%2Fbin%2Fvexhaku.sh%253Flyh%3D%27%27%253Fkieli%3Dsu&haku=suppea&KAIKKIHAKU=energiapolitiikka&ASIASANAT=&TUNNISTE2=%24&TUNNISTE=&VPVUOSI=1989*&PVMVP1=&PVMVP2=&SAADKOK=, Suomen energiapolitiikka, www-dokumentti, luettu 12.07.2009</p><p>/13/ <a href=), www-dokumentti, luettu 11.07.2009
- /14/ http://www.ekopower.fi/ilmalampopumput_kayttoohjeita.html, www-dokumentti, luettu 25.07.2009
- /15/ http://www.ekopower.fi/ilmalampopumput_valinta.html, www-dokumentti, luettu 20.07.2009
- /16/ <http://www.elisa.net/uutiset/talous/?id=45799737>, Savonsanommat, uutisartikkeli, Sähkönkulutus laski, Fortumin tulos parani, julkaistu 17.07.2009, www-dokumentti, luettu 17.07.2009

- /17/ http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tutkimukset/liitteet/arvio%20suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6n%20kysynn%C3%A4st%C3%A4%20vuosille%202020%20ja%202030%20_2_.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fjulkaisut, Arvio Suomen sähkön kysynnästä vuosille 2020 ja 2030, Elinkeinoelämän keskusliitto EK ja Energiateollisuus ry, julkaisu, Marraskuu 2007, www-dokumentti, luettu 04.07.2009
- /18/ <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/maakaasu>, www-dokumentti, luettu 11.07.2009
- /19/ <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/tuulivoima>, www-dokumentti, luettu 11.07.2009
- /20/ <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/vesivoima>, www-dokumentti, luettu 11.07.2009
- /21/ <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/ydinvoima/ydinvoimasuomessa>, Energiateollisuus, www-dokumentti, luettu 10.07.2009
- /22/ <http://www.energiaasuomessa.net/view.php?alue=eun&pid=72&ac=3>, www-dokumentti, luettu 03.07.2009
- /23/ <http://www.energiansaastokeskus.fi/tuotteet/salamana-paikalla-huoltosopimus>, www-dokumentti, luettu 19.10.2009
- /24/ <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1978/19780038>, Finlex, www-dokumentti, luettu 22.10.2009
- /25/ <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1990/19900694>, Finlex, www-dokumentti, luettu 22.10.2009
- /26/ http://www.ilmalampopumput.fi/index.php?node_id=10365, www-dokumentti, luettu 13.09.2009
- /27/ http://www.ilmalampopumput.fi/index.php?node_id=6893, www-dokumentti, luettu 13.07.2009
- /28/ <http://www.innoair.fi/Daikin-FVXS35F>, www-dokumentti, luettu 22.10.2009
- /29/ <http://www.ipcc.ch/>, www-dokumentti, luettu 06.07.2009
- /30/ <http://www.isannointiliitto.fi/ajankohtaista/uutisia/6304.html>, www-dokumentti, luettu 04.10.2009
- /31/ <http://www.keminenergia.fi/index.php?456>, www-dokumentti, luettu 11.07.2009
- /32/ http://www.keskisuomi.fi/filebank/10254-Fossiilinen_uusiutuva,_Kimmo_Virtanen.pdf, pdf-dokumentti, luettu 06.07.2009
- /33/ http://www.kolumbus.fi/rlewing/laatu/fmea_index.htm, www-dokumentti, luettu 29.07.2009
- /34/ http://www.kotisivukone.fi/files/jhlputkife.kotisivukone.com/tiedostot/esite_mitsubishi_msz-fd25-50vabh.pdf, pdf- dokumentti, luettu 22.10.2009
- /35/ http://www.kotitalousvahennys.fi/esittelyt/ilmalampopumppu_asennus.html, www-dokumentti, luettu 19.07.2009
- /36/ http://www.kotitalousvahennys.fi/kotitalousvahennys/milloin_ei_saa.html, www-dokumentti, luettu 19.07.2009
- /37/ <http://www.kuluttajariita.fi/tiedotteet/?action=read&id=44>, www-dokumentti, luettu 19.10.2009
- /38/ <http://www.kuluttajavirasto.fi/fi-FI/tiedotteet/?groupId=0adff420-1370-4334-9d58-888568a5228d&announcementId=3a8d9290-c361-4696-a6af-10c092894c2d>, www-dokumentti, luettu 12.11.2009

- /39/ http://www.kuuma.fi/ep/tiedostot/RakEnergia_seminaarimateriaalit_130109a.pdf, pdf-dokumentti, Rakennusten energiatodistukset ja tiukentuvat rakentamismääräykset, Erkki Pulliainen, Järvenpää 13.01.09, luettu 12.07.2009
- /40/ <http://www.laaninhallitus.fi/lh/oulu/bulletin.nsf/416785bd6940e524c2256ad80034b7a2/3eb03db23630e0e4c22575a500339ef4?OpenDocument>, www-dokumentti, luettu 15.07.2009
- /41/ <http://www.lampoplus.fi/fi/infotori/saasta-sahkoa>, www-dokumentti, luettu 18.07.2009
- /42/ <http://www.lampoplus.fi/fi/lampopumpput/ilmalampopumpput>, www-dokumentti, luettu 19.07.2009
- /43/ <http://www.lampopumpput.info/foorumi/index.php/topic,415.0.html>, www-dokumentti, luettu 21.07.2009
- /44/ <http://www.lampopumpput.info/foorumi/index.php?PHPSESSID=6r3ajap1pnfp9ef2qrljdf6p5&topic=2201.0> ,lähde: http://homepages.ihug.co.nz/~eeh/heat_pump.htm, www-dokumentti, luettu 20.07.2009
- /45/ <http://www.lampopumpput.info/foorumi/index.php?topic=1544.55;wap2>, www-dokumentti, luettu 19.10.2009
- /46/ <http://www.midea-aircon.fi/toimintaperiaate.html>, www-dokumentti, luettu 13.09.2009
- /47/ <http://www.mtv3.fi/uutiset/arkisto.shtml/arkistot/ulkomaat/2009/08/925574>, MTV3, uutisartikkeli, IEA: Öljyvarannot hupenevat tuplavauhti, julkaistu 3.8.2009, luettu 3.8.2009
- /48/ <http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa.shtml/arkistot/kotimaa/2008/01/603144>, MTV3, uutisartikkeli, Suomelle odotetut päästötavoitteet - turve biopolttoaineeksi, julkaistu 23.01.2008, www-dokumentti, luettu 06.07.2009
- /49/ http://www.nibe.fi/Pages/42254/fvp_br.pdf, pdf-dokumentti, luettu 13.09.2009
- /50/ <http://www.nibe.fi/Tuotteet/Maalampopumpput/Ymparistoystavallinen-vaihtoehto/>, luettu 19.10.2009
- /51/ <http://www.octofin.fi/datafiles/userfiles/File/Kayttoohje.pdf>, pdf-dokumentti, luettu 07.07.2009
- /52/ <http://www.oljyhuippu.com/2008/02/27/%C3%B6ljynkulutus-suomessa.aspx>, www-dokumentti, luettu 18.6.2009
- /53/ <http://www.peakoil.net/>, www-dokumentti, luettu 05.09.2009
- /54/ <http://www.pohjolanvoima.fi>, www-dokumentti, luettu 11.07.2009
- /55/ <http://www.rakentaja.fi/pdf/lampoassa/lampoassa08.pdf>, pdf-dokumentti, luettu 13.09.2009
- /56/ <http://www.raol.roiakk.fi/kt/lvi/lampu/05/index.htm>, www-dokumentti, luettu 12.09.2009
- /57/ <http://www.raol.roiakk.fi/kt/lvi/lampu/05/index.htm>, www-dokumentti, luettu 13.07.2009
- /58/ http://www.sanyoshop.fi/tekniset_tiedot/Sanyo_CO2_lampopumpputekniikka.pdf, pdf-dokumentti, luettu 12.09.2009
- /59/ http://www.saunalahti.fi/mikcon1/docs/Vastuunjakotaulukko_2009.pdf, pdf-dokumentti, Ohjeellinen asunto-osakeyhtiön vastuunjakotaulukko, luettu 09.09.2009
- /60/ http://www.scanoffice.fi/pdf/esite_hankintaturva.pdf, pdf-dokumentti, luettu 04.10.2009
- /61/ <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=32>, www-dokumentti, luettu 15.07.2009

- /62/ <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=38>, www-dokumentti, luettu 15.07.2009
- /63/ http://www.stat.fi/til/ekul/2006/ekul_2006_2007-12-12_kat_001.html, Tilastokeskus, www-dokumentti, luettu 03.09.2009
- /64/ <http://www.sulpu.fi>, Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry, www-dokumentti, luettu 07.07.2009
- /65/ http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=122&Itemid=83, Lämpöpumppuala kasvoi viime vuonna 25%, www-dokumentti, luettu 27.07.2009
- /66/ http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=130&Itemid=49, www-dokumentti, luettu 01.08.2009
- /67/ http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=118, www-dokumentti, luettu 21.07.2009
- /68/ http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=49, www-dokumentti, luettu 19.07.2009
- /69/ http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_xfaq&task=answer&Itemid=84&catid=31&aid=222, www-dokumentti, luettu 19.10.2009
- /70/ http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_xfaq&task=answer&Itemid=99999999&catid=35&aid=294, www-dokumentti, luettu 18.07.2009
- /71/ <http://www.suomela.fi/hanki-ilmalampopumppu-asennettuna.aspx>, www-dokumentti, luettu 02.08.2009
- /72/ <http://www.suomela.fi/nain-valitset-ilmalampopumpun.aspx?menu=69174&area=&noarea=0&category=&std=true>, www-dokumentti, luettu 02.08.2009
- /73/ <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article41504.ece>, Tekniikka & Talous, artikkeli, Viides ydinvoimala viivästyy, www-dokumentti, julkaistu 22.01.2004, luettu 10.07.2009
- /74/ <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article46896.ece>, Tekniikka & Talous, artikkeli, Säästä sähkön kulutus kasvuun, Tuula Laatikainen, julkaistu 7.11.2007, www-dokumentti, luettu 08.07.2009
- /75/ <http://www.tekniikkatalous.fi/incoming/article26031.ece>, Tekniikka & Talous, artikkeli, Viidennen ydinvoimalan pitäisi valmistua vuonna 2009, julkaistu 21.01.2004, www-dokumentti, luettu 10.07.2009
- /76/ http://www.toshibafinland.com/files/multi_fin4.pdf, luettu 03.11.2009
- /77/ <http://www.Tukes.fi>, <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tiedotteet/Kylmalaiteliikkeit/Uusi-patevyysasetus-kylmalaiteliikkeille-ja-muille-F-kaasuja-kasitteleville/>, www-dokumentti, luettu 21.07.2009
- /78/ <http://www.ultimatemarket.com/files/innoros/html/Yleisasennusohje.pdf>, luettu 30.07.2009
- /79/ <http://www.uusisuomi.fi/ulkomaat/43535-hehkulamput-lentavat-roskikseen-koko-eun-alueella>, Uusi Suomi, uutisartikkeli, Hehkulamput lentävät roskikseen koko EU:n alueella, julkaistu 8.12.2008, www-dokumentti, luettu 3.07.2009
- /80/ <http://www.vs-lampotekniikka.fi/toimitusehdot/>, www-dokumentti, luettu 02.08.2009
- /81/ http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_vika_ja_vaikutusanalyysi_vva.jsp, www-dokumentti, luettu 27.07.2009
- /82/ http://www.yle.fi/alueet/kymenlaakso/2009/04/pyhaltolaiset_vastustavat_turvetuotantoa_712643.html, Yle, uutisartikkeli, Pyhältöläiset vastustavat turvetuotantoa, julkaistu 29.04.2009, www-dokumentti, luettu 06.07.2009
- /83/ http://www.yle.fi/alueet/kymenlaakso/2009/06/suomen_kanta_itameren_kaasuputkeen_syyskuussa_780988.html, Yle, uutisartikkeli, Suomen kanta Itämeren kaasuputkeen syyskuussa, julkaistu 04.06.2009, www-dokumentti, luettu 11.07.2009

- /84/ http://www.yle.fi/alueet/lappi/2009/04/kemissa_marssitaan_ydinvoimaa_vastaan_705304.html, Yle, uutisartikkeli, Kemissä marssitaan ydinvoimaa vastaan, julkaistu 25.04.2009, www-dokumentti, luettu 10.07.2009
- /85/ http://www.yle.fi/alueet/oulu/2009/03/paastot_toppilassa_vahenevat_kivihiilen_myota_591971.html, Yle, uutisartikkeli, Päästöt Toppilassa vähenevät kivihiilen myötä, julkaistu 05.03.2009, www-dokumentti, luettu 04.07.2009
- /86/ http://www.yle.fi/alueet/perameri/2009/06/kemin_kh_ei_ydinvoimalalle_806473.html, Yle, uutisartikkeli, Kemin kh: Ei ydinvoimalalle, julkaistu 15.06.2009, www-dokumentti, luettu 10.07.2009
- /87/ http://www.yle.fi/alueet/satakunta/2009/03/ministerio_haluaa_lisatietoja_ydinjateluelan_laajennuksesta_605891.html, Yle, uutisartikkeli, Ministeriö haluaa lisätietoja ydinjäteluolan laajennuksesta, julkaistu 11.03.2009, www-dokumentti, luettu 10.07.2009
- /88/ http://www.yle.fi/uutiset/kotimaa/2009/06/luonnonsuojeluliitto_turpeen_energiakaytosta_luovuttava_799764.html, Yle, uutisartikkeli, Luonnonsuojeluliitto: Turpeen energiakäytöstä luovuttava, julkaistu 11.06.2009, www-dokumentti, luettu 06.07.2009
- /89/ http://www.yle.fi/uutiset/kotimaa/2009/07/pitka_sahkokatko_lamauttaisi_koko_suomen_862224.html, Yle, uutisartikkeli, Pitkä sähkökatko lamauttaisi koko Suomen, julkaistu 14.07.2009, www-dokumentti, luettu 14.07.2009
- /90/ http://www.yle.fi/uutiset/talous_ja_politiikka/2008/08/greenpeace_olkiluodossa_kahdet_hitsausohjeet_316271.html, Yle, uutisartikkeli, Greenpeace: Olkiluodossa kahdet hitsausohjeet, julkaistu 28.08.2008, www-dokumentti, luettu 10.07.2009
- /91/ http://www.yle.fi/uutiset/talous_ja_politiikka/2009/07/ymparistokeskus_kaipaa_vielä_lisäselvityksiä_kaasuputkesta_839015.html, Yle, uutisartikkeli, Ympäristökeskus kaipaa vielä lisäselvityksiä kaasuputkesta, julkaistu 02.07.2009, www-dokumentti, luettu 02.07.2009
- /92/ <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=658>, www-dokumentti, luettu 20.07.2009
- /93/ http://www2.et.lut.fi/lvt/kurssiinfot/kurssiohjelma_BH40A0200_2008.htm, luettu ja video katsottu 09.09.2009
- /94/ <http://www2.lut.fi/~saari/TTD/Luennot/>, www-dokumentti, luettu 16.07.2009
- /95/ Ilmalämpöpumpun saa asentaa vain pätevä kylmälaiteliike, artikkeli, 02.04.2009, lähde: <http://tukes.fi/fi/Palvelut/Tiedotteet/Kylmalaiteliikkeit/Ilmalämpöpumpun-saa-asentaa-vain-pateva-kylmalaiteliike/>, www-dokumentti, luettu 21.07.2009
- /96/ Jorma ja Sirkka Nuutinen, haastattelu, 11.09.2009
- /97/ Kemin Vesipiste, haastattelu, 20.10.2009
- /98/ Kompressorin ominaistyö <http://www2.lut.fi/~saari/TTD/Luennot/>, www-dokumentti, luettu 02.07.2009
- /99/ Kylmäsormi Tmi Esa Lammassaari, Haastattelut ja keskustelut, 04-11.2009
- /100/ Lämpöoppi, luentomateriaali, Kemi Tornion Ammattikorkeakoulu tekniikan yksikkö, Lauri Lukkari, syksy 2007
- /101/ Lämpöpumppu omakotitalon lämmitysjärjestelmänä, Eeva Lehesvuori, Kandidaatintyö, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta, www-dokumentti, luettu 04.10.2009
- /102/ Nissilä, Olli. 2007. Lämpöpumppujen käytön vaikutus sähköntuotantoon ja CO₂-päästöihin, Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Teknillisen fysiikan ja matematiikan osasto, Espoo.
- /103/ Paikallinen asentaja, haluaa pysyä nimettömänä, haastattelut ja keskustelut 08-09.2009
- /104/ Perälä, Rae, Lämpöpumput, suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä, Alfamer Oy, 2009-09-05

- /105/ Projektilaskenta- ja johtaminen, kurssimateriaali osa 3, Kemi- Tornion Ammattikorkeakoulu, Opettaja Tuomo Palokangas, luettu 25.05.2009
- /106/ Rakennuksien energiatehokkuus, Uusimäki, Voitto, opinnäytetyö, Kemi- Tornion Ammattikorkeakoulu
- /107/ Rami Sippala ja Jouni Väyrynen, SESK, asennus, opastus ja haastattelu, 11.09.2009
- /108/ Satu Keski-Antila, Tiedottaja, Perämeren Jätehuolto OY, Haastattelu, 28.07.2009
- /109/ SFS 5438 Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät. Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA), standardi
- /110/ Sähköurakointi Jorma Pörhölä, Haastattelu, 19.08.2009
- /111/ TM Rakennusmaailma 5E/09, artikkeli, ilmalämpöpumput vertailussa, Suosituin kokoluokka, suuria eroja, s. 12-27, julkaistu 01.07.2009
- /112/ Toimilaitteet, kurssimateriaali, syksy 2008, Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu Tekniikan yksikkö, Lauri Kantola
- /113/ Toni Kumpula, haastattelu, 11.2009
- /114/ Tuhkanen, S., Pipatti, R. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman ympäristövaikutusten arviointi, verkkodokumentti, Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, http://www.vn.fi/ktm/3/3_8.pdf, pdf-dokumentti, luettu 19.10.2009
- /115/ Turun HAO <http://www.oikeus.fi/27486.htm> ,Turun HAO 20.8.2004 04/0558/3, luettu 19.07.2009
- /116/ Vakuutusyhtiö Pohjola, Antero Immonen, haastattelu, 15.09.2009
- /117/ Vakuutusyhtiö Turva, Antti Kolkka, haastattelu, 15.09.2009
- /118/ Vanhasen II hallitusohjelma: Energiatehokkuuden parantaminen 1/2, ppt-dokumentti, luettu 21.10.2009
- /119/ Veittikoski Erkki, haastattelu, 22.10.2009

13. LIITELUETTELO

Liite 1 Tarjouspohja

Liite 2 Haastattelukysymykset

Liite 3 Ilmalämpöpumppujen asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

Liite 1/1 Tarjouspohja- Laitteen hinta ja keskeiset ominaisuudet

Valmistaja/ Tuotemerk- ki	Malli (tuote- koodi)	Sisäyksik- kö (tuotekoo- di)	Ulkoyksik- kö (tuotekoo- di)	Lämmitysteho (kW) a) keskimääräi- nen b) minimi c) maksimi	COP- kerroin a) +7°C b) -7°C c) -15°C	Hinta (alv)	Laitteen erityisominaisuudet (esim. talvivarustus, ilmansuodatus, ilmanraikastus, ylläpitolämpö, sensoriohjaus, kosteuudenpoisto, ajastin,vesipestävät suodattimet)

Liite 1/2 Tarjouspohja- Asennustyö

	Kulut kaikissa malleissa, €	ILP: _____ (erityishinnat ao. mallin osalta), €	ILP: _____ (erityishinnat ao. mallin osalta), €
Kylmätekniset asennustyöt (Huom. putkien läpimitan mahd. vaikutukset työhön)			
Sähköasennustyöt (myös lisävastuksen, lämmityskaapelin, sulana pitokaapelin tms. asentaminen, jos välttämätöntä ja ei sisälly)			
Tarvikkeet ja lisävarusteet, jotka eivät sisälly tuotepakkaukseen; esim. kiinnityskonsoli, kylmäaineputket jne.), yhteensä (erittely seuraavassa)			
Matkakulut (kaksi käyntiä kohteessa)			
Yhteensä (verollinen hinta)			
Asiakkaalle annettavat sähkömittaustulokset tms. käyttöönoton tarkastustiedot?			

Liite 1/3 Tarjouspohja- Tarvikkeet ja lisävarusteet

Tarvikkeet ja lisävarusteet, jotka eivät sisälly laitepakkaukseen	Kulut kaikissa malleissa, € ILP: _____	ILP: _____ (erityishinnat ao. mallin osalta),€	ILP: _____ (erityishinnat ao. mallin osalta),€
Ulkoyksikön kiinnityskonsoli			
Tärinänvaimennuskumit (4 kpl)			
Eristetyt kylmäaineputket (4 m)			
Kotelot putkituksia varten (4 m)			
Kulma/päätykappaleet (koteloihin, 4 kpl)			
Ulkoyksikön alapohjan sulana pitovastus			
Kompressorin lämmityskaapeli			
Kondensioveden sulana pitokaapeli			
Maadoitettu pistorasia 4 m sähköjohdotuksella (jos pistotulppaliitäntä)			
Turvakytkin (jos kiinteä liitäntä ulkona)			
Vikavirtasuojakytkin (jos pistotulppaliitäntä ulkona)			
Muu välttämätön tarvike tai varuste, mikä _____			

Liite 1/4 Tarjouspohja-Takuu, huolto ja varaosat

	ILP: _____	ILP: _____	ILP: _____
Ilmalämpöpumppu (täystakuu)			
Kompressori (osatakuu) – myös työ korvataan			
Kompressori (osatakuu) – työtä EI korvata			
Kylmäasennustyö			
Sähköasennustyö			
Takuun ehdot ja huoltopalveluiden saatavuus			
Jos käytössä on kaksi takuuaikaa, edellyttääkö pidempi takuu vuosihuoltoa? (kyllä / ei)			
Takuuhuoltoliike (jos laitetta huoltaa muu kuin sen asentanut liike)			
Varaosien saatavuus, vuotta			
Sisäyksiköt (erillisinä kokonaisuuksina)			
Piirikortit, ohjausjärjestelmät			
Suodattimet, suotimet			

Liite 1/5 Tarjouspohja- Yhteystiedot

Laitteiston myyjä		
Katuosoite		
Kunta		
Puh.		
Kylmäasennusliike		Luvat (kyllä/ei)
Katuosoite		
Kunta		
Puh.		
Sähköasennusliike		Luvat (kyllä/ei)
Katuosoite		
Kunta		
Puh.		
Vastaajan nimi		
Puh.		
Sähköposti		

Liite 2/1- Haastattelukysymykset

1. Mitkä ovat yleisimmät ongelmat, mitä kuluttajat ilmoittavat ilmalämpöpumpuista?
2. Onko ongelmista tehty tutkimuksia tai tilastoja ja onko näitä mahdollista saada luettavaksi? Onko tutkimukset luotettavia? Onko ilmalämpöpumppujen testaukset/ tutkimukset luotettavia ja kenen ne tulisi suorittaa ongelmien välttämiseksi? Informoidaanko asiakkaita tarpeeksi tutkimustuloksista?
3. Lämpöpumppufoorumeista ja keskustelu palstoilta voi lukea niin asiakkaiden kokemuksia kuin tietoa ilmalämpöpumpuista. Tietoa sivustoilla on kuitenkin paljon ja tämä voi kauhistuttaa tietämätöntä lukijaa. Miksi ilmalämpöpumppujen ongelmien ja tietouden selvittäminen jää usein asiakkaalle?
4. Kuinka paljon ilmoituksia tehdään vuositasona niin koko maassa kuin Meri-Lapin alueella?
5. Tuleeko valituksia asennuksista, asentajista, asennusmenetelmistä, virheellisesti tehdyistä asennuksista jne..?
6. Mitkä ovat asentajan vastuudet, valtuudet ja velvollisuudet? Kyselläänkö itseasennuksista ja niihin liittyvistä ongelmista?
7. Miten yrityksessänne huollot jakautuvat? Millaisiin laitevikoihin? Onko näistä tilastoja yrityksessänne?
8. Onko rivitaloissa ja osakkeissa kysyttävä taloyhtiön hallituksen tai isännöitsijän lupa ennen asennusta?
9. Takuisiin liittyvät ongelmat?
10. Kuinka pitkä on ilmalämpöpumpun elinkaari ja miten hoidetaan jatkokäsittely? Miten hoidetaan ja kuka hoitaa?
11. Mistä ilmalämpöpumppualan ongelmat johtuvat ja mitä olisi tehtävissä ongelmien ratkaisemiseksi?
12. Onko Suomessa ilmalämpöpumppualalla tarpeeksi ns. ”ammattitaitoisia” asentajia?
13. Mitkä ovat vuositasona kustannukset yhteiskunnalle ja kuluttajille ilmalämpöpumppuihin liittyvissä ongelmissa? Arvio?
14. Miten huollot jakaantuvat? Millaisiin laitevikoihin? Onko näistä tilastoja?
15. Ilmalämpöpumpun hankinnan yhteydessä tarjotaan usein huoltosopimuksia. Ovatko huoltosopimukset kilpailuetu vai pelkkää rahastusta?
16. Usein puhutaan ns. Totuuden hetkestä. Asiakkaalla on yleensä ennakko käsitys ilmalämpöpumpuista. Mitkä tekijät ovat asiakkaalle merkittävimpiä? Kuinka usein asiakas pettyy jo esittelyvaiheessa?

Liite 2/2- Haastattelukysymykset

17. Olisiko mahdollista saada esimerkkejä kohteista, joissa ilmalämpöpumppu on virheellisesti asennettu ja mitä kustannuksia tästä on seurannut? Osoite tietoja eikä ihmisten henk.tietoja työssä ei julkaista vaan esimerkit annetaan numeroin kohde 1, kohde 2 jne
18. Ohjeita kuluttajille ongelmien välttämiseksi? Miksi selvitys vastuu on yleensä kuluttajalla? Kuluttajan oikeudet?
19. Millaisia ratkaisumalleja antaisit ns. hankaliin asiakaspalvelutilanteisiin? Esim. takuu ja huolto-tilanteet sekä kiire.
20. Miten Suomalainen asiakas eroaa ulkomaalaisista asiakkaista? Ruotsi vs. Suomi? Onko kokemuksia? Eroaako asiakkaiden laite- ja alantuntemus?

Liite 3/1 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

Asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi -kohde / tuote		Ilmalämpöpumppu							
Laatia		Heli Pulkkinen							
PVM									
RPN= VA (vakavuus) * ES (esiintyminen) * LÖ (löydettävyys)									
Osan nimi/ numero/ osan tarkoitus	Vikamuoto	Vian aiheuttamat seuraukset	VA	Vian mahdolliset syntymissyyt	ES	LÖ	RPN	Toimenpiteet	Vastuu- hlö
Sisäyksikön asennus:	Ilmalämpöpumppu käy lyhyitä jaksoja.	Ilmalämpöpumppu ei lämmitä halutulla tavalla.	7	Sisäyksikön asentamisessa ei ole huomioitu etäisyyksiä seinistä, katosta ja lattiasta.	5	5	175	Sisäyksikön asennuksessa on huomioitava laitteen asennusohjeista löytyvät etäisyydet: katosta väh. 15cm, tilaa oikealle ja vasemmalle väh. 15cm ja tilaa ilman ulostulon kohdalla väh. 30cm. Avarassa tilassa voidaan ilmalämpöpumppu asentaa kuitenkin siten, että toinen laita on melkein seinässä kiinni. Tarkista mitat aina laitteiston asennusohjeesta.	Asentaja

Liite 3/2 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Ilmalämpöpumppu käy lyhyitä jaksoja.	Ilmalämpöpumppu ei lämmitä halutulla tavalla.	6	Ilmalämpöpumpun sisäyksikön ympärillä ei ole tarpeeksi avaraa tilaa. Sisäyksikkö on asennettu liian ahtaaseen paikkaan esimerkiksi ahtaaseen portaikkoon. Lämpö palaa sisäyksikölle esimerkiksi vastakkaisen seinän kautta ja anturi katkaisee lämmityksen.	4	3	72	Sisäyksikön paikka muutettava.	Asentaja
	Anturi katkaisee lämmityksen.	Lämpöpumppu ei käy tai lämmittää lyhyitä jaksoja.	8	Sisäyksikkö on asennettu liian lähelle patteria tai muita lämmönlähteitä. Anturi saa epätarkkaa tietoa lämmitystarpeesta ja katkaisee lämmityksen.	3	5	120	Sisäyksikön paikkaa muutettava tai patterin tai muun lämmönlähteen termostaatti säädettävä mahdollisimman pieneksi.	Asentaja
	Sisäyksikkö käy jatkuvasti, mutta lämpö ei riitä.	Lämpö ei riitä.	7	Sisäyksikkö on asennettu vetoiseen paikkaan kuten esimerkiksi ikkunan tai oven lähelle. Läpivientireijän tiivistys on puutteellinen (mahdollisen kylmäsillan syntyminen).	3	5	105	Tarkista ja tiivistä ikkunat ja ovet. Tarkista myös läpivientireijän tiivistys.	Asentaja

Liite 3/3 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Lämpöä ei muodostu, sisäyksikkö kierrättää lämpöä.	Lämpöä ei muodostu.	4	Sisäyksikkö on asennettu lähelle takkaa. Tällöin sisäyksikkö sisäkierto-ohjelma kierrättää takan lämpöä huoneistossa.	6	2	48	Sisäyksikön paikka muutettava. Takkaa lämmitettäessä käytettävä sisäilmankiertoa. Asentaja opastaa kuluttajaa laitteen käytöstä.	Asentaja
	Laitteiston laakereista kuuluu kolinaa ja vinkumista. Lämpö ei riitä.	Laakeri rikot, kylmäaine ei kierrä laitteistossa suunnitellulla tavalla.	4	Sisäyksikkö ei ole vaakasuorassa.	1	1	4	Korjaa sisäyksikön asento vaakasuoraan. Huom. Laitteistosta normaaliin toimintaan kuuluvia ääniä on suhina (kylmäaineenvirtaus), naksutus (ohjelma-automaatiikka) ja kurlutus (kondensiovesi).	Asentaja
Ulkoyksikön asennus:	Ilmalämpöpumpun käy lyhyitä jaksoja.	Lämpöä ei muodostu.	5	Ulkoyksikön asentamisessa ei ole huomioitu etäisyyksiä ja sen ympärille ei ole jätetty tarpeeksi avaraa tilaa. Ulkoyksikön ympäristöä ei ole puhdistettu roskista.	4	3	60	Ulkoyksikön asennuksessa on huomioitava laitteen asennusohjeista löytyvät etäisyydet: yläpuolella väh. 20cm, etäisyys seinästä väh. 15- 20cm tai valmiin telineen ohjeiden mukaan ja edessä väh. 200cm. Yksikköä ei tule peittää. Katoksen tai suojuksen voi asentaa ohjeiden mukaan.	Asentaja

Liite 3/4 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Ilmalämpöpumpun käy lyhyitä jaksoja.	Lämpöä ei muodostu.	5	Ulkoyksikkö on asennettu väärään paikkaan joko kellariin, välikatolle tai vintille.	1	1	5	Korjaa ulkoyksikön paikka. Laitteen asennusohjeissa on määritelty mihin laitteiston saa asentaa. Ulkoyksikön paikka on ulkona- ei sisätiloissa.	Asentaja
	Ilmalämpöpumppu ei viilennä.	Sisäilman lämpötila pysyy korkeana viilennystoiminnosta huolimatta.	5	Ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö on asennettu auringon puolelle.	2	1	10	Korjaa ulkoyksikön paikka varjoisalle puolelle, kun pumppua käytetään enimmäkseen viilennykseen.	Asentaja
	Ulkoyksiköstä syntyvä ääni häiritsee.	Äänihaitta aiheuttaa asukkaille ja asumismukavuudelle haittoja.	8	Ulkoyksikkö asennettu paikkaan, jossa äänihaitat häiritsevät asukkaita tai kiinnitys on toteutettu huolimattomasti.	5	1	40	Siirrä ulkoyksikön paikka ja tarkista kiinnitys. Älä asenna ulkoyksikköä makuhuoneen ja muiden sellaisten tilojen lähelle, missä melusta voisi koitua haittaa. Erityisesti ongelmia puu- ja hirsirakenteissa.	Asentaja
	Ilmalämpöpumppu ei toimi ja jäätyy.	Lämpöä ei muodostu.	7	Ulkoyksikkö on lumirajan alapuolella ja sen ympärillä ei ole tarpeeksi vapaata tilaa. Siivekkeet ja laitteisto jäätyy.	2	1	14	Asenna ulkoyksikkö aina lumirajan yläpuolelle ja puhdistaa sen ympäristö lumesta. Anna sulatustoiminnon sulattaa laitteisto.	Asentaja

Liite 3/5 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Ulkoyksikkö jäätyy.	Lämpöä ei muodostu.	7	Ulkoyksikön sulatustoiminta ei toimi, koska lämpöä ei ole tarpeeksi tai ilma jäähtyy nopeasti. Lämpöpumppu käyttää lämpöä sulatustoimintaan. Lämpöpumppua ei ole tarkoitettu pohjolan kylmiin olosuhteisiin.	4	4	112	Lämpöpumpun ohjauskortti on vaihdettava tai koko ilmalämpöpumppu. Jäähdytystoiminnolla sulatusta voidaan nopeuttaa. Jos yksikkö ei sula, ota yhteys huoltoon.	Asentaja
	Laitteiston laakereista kuuluu kolinaa ja vinkumista. Lämpö ei riitä.	Laakeri rikot, kylmäaine ei kierrä laitteistossa suunnitellulla tavalla.	4	Ulkoyksikkö ei ole vaakasuorassa.	1	1	4	Korjaa ulkoyksikön asento vaakasuoraan.	Asentaja
Putkiston tyhjiöinti	Kompressorin energiankulutus kasvaa.	Säästöt eivät toteudu ja cop- kerroin huononee.	9	Tyhjiöintiä ei ole suoritettu huolellisesti.	5	7	315	Pumpun putkisto tyhjennetään kylmäaineesta ja suoritetaan tyhjiöinti tarkkuusmittaria käyttäen, jotta tarvittava alipaine saavutetaan. Edellytys takuulle. Vuototarkastus tulee suorittaa paineistetulla tyypellä ja vuotovaahdolla.	Asentaja

Liite 3/6 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Kompressorin kuluminen ja laite viat.	Kompressorin voitelu huonoa. Säätöjä ei toteudu oletetusti.	8	Tyhjiöintiä ei ole suoritettu huolellisesti.	5	7	280	Pumpun putkisto tyhjenetään kylmäaineesta ja suoritetaan tyhjiöinti tarkkuusmittaria käyttäen, jotta tarvittava alipaine saavutetaan. Edellytys takuulle. Vuototarkastus tulee suorittaa paineistetulla tyypellä ja vuotovaahdolla.	Asentaja
	Kylmäaineputkisto vuotaa, kompressorin kuluminen ja laite viat.	Jäännöskosteudesta ja kylmäaineen fluorista syntyvä happo syövyttää putkia ja kompressoria. Käyttöikä lyhenee.	8	Tyhjiöintiä ei ole suoritettu huolellisesti.	5	8	320	Pumpun putkisto tyhjenetään kylmäaineesta ja suoritetaan tyhjiöinti tarkkuusmittaria käyttäen, jotta tarvittava alipaine saavutetaan. Edellytys takuulle. Vuototarkastus tulee suorittaa paineistetulla tyypellä ja vuotovaahdolla.	Asentaja
Sähkökytkentä	Laite lakkaa toimimasta. Turvakytkin katkaisee toiminnan.	Laite ei toimi.	10	Sähkökytkentöjä ei ole tehty oikein.	2	1	20	Sähkökytkentöjä ei ole tehty oikein. Tarkista onko laitteeseen asennettu turvakytkin ja laite on maadoitettu.	Asentaja

Liite 3/7 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Laite lakkaa toimimasta yleensä takuuajan päätyttyä	Laite ei toimi. Virtaa ei tule laitteeseen.	10	Laitteiston asennuksessa on käytetty lankamaista johdinta (MMJ) vaikka kaapelointi tulee tehdä puolikiinteän ja tarisevän laitteen kaapelointiin tarkoitetulla taipuisalla johtimella eli kumikaapelilla tai kaapeli on vedetty liian tiukalle.	3	6	180	Laillistettu sähköasentaja korjaa rikkoutuneen kaapelin tai vaihtaa uuteen.	Asentaja
Kondensiovesi, sulamisvesi	Vettä ei tule kondensioputkesta.	Vesi valuu seinän rakenteisiin, irtaimistolle tai lattialle.	10	Putkistossa on murtuma, mutka, litistymä tai ne on asennettu väärin.	3	2	60	Testaa putkisto kaatamalla vettä lämmönvaihtimeen. Jos vesi valuu vain kondensioputkesta, on putkisto asennettu oikein. Kondensioputken pää ei saa olla maassa tai vedessä (ämpärissä).	Asentaja
	Vettä ei tule kondensioputkesta.	Vesi valuu seinän rakenteisiin, irtaimistolle tai lattialle.	10	Liian pieni kondensioputki. Putkistoon syntyvä bakteerilima tukkii putkiston ja syntyy vuotovahinko.	2	5	100	Kondensioputket on vaihdettava uusiin halkaisijaltaan suurempiin putkiin.	Asentaja

Liite 3/8 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Vettä ei tule kondensioputkesta ja rakenteissa kosteusvahinko.	Kosteusvahinko rakenteissa.	10	Kondensioputkistossa ei ole tarpeeksi kaatoa.	5	4	200	Putkisto vedettävä uudestaan tarpeellisen kaadon aikaansaamiseksi.	Asentaja
	Vettä tippuu putkistosta.	Vesi valuu seinän rakenteisiin, irtaimistolle tai lattialle.	8	Putkiston eristämisestä ei ole huolehdittu.	3	2	48	Aukaise koteloinnit ja eristä putkisto esimerkiksi vinyyliteipillä.	Asentaja
	Eriste puuttuu mutka kohdasta.	Kondensiovetä tippuu mutka kohdasta.	6	Putkea on taivutettu eikä eristeitä ole teipattu takaisin.	3	4	72	Eristä putkisto esimerkiksi vinyyliteipillä.	Asentaja
Putkiston asennus	Läpivientireijän kohdalla kosteus ongelmia, kondensiovesi ei poistu kondensioputken kautta	Läpivientireijän kosteusongelmat, kondensiovesi ei valu sisäyksiköltä kondensioputken kautta ulos.	5	Läpivientireikää ei ole porattu alaviistoon.	1	1	5	Läpivientireikä porataan 5-7 mm alaviistoon ulospäin.	Asentaja
	Kylmäaine ei pääse virtaamaan putkistossa.	Lämpöä ei muodostu.	7	Putkia on väännetty ja ne ovat litistyneet.	2	2	28	Rikkoutunut putki vaihdettava uuteen.	Asentaja
	Putkistossa hiusmurtuma.	Kylmäaine pääsee vuotamaan. Laitteen hyötysuhde alenee.	8	Putkien päiden levitys on tehty huolimattomasti ja huonoilla välineillä.	2	4	64	Rikkoutunut putki vaihdettava uuteen.	Asentaja

Liite 3/9 Ilmalämpöpumpun asennusprosessin vika- vaikutusanalyysi

	Putkirikko tai syöpymiä.	Kylmäaine pääsee vuotamaan. Laitteen hyötysuhde alenee.	8	Putket eivät ole tarkoitettu käytettäväksi ilmalämpöpumpuissa.	2	5	80	Putket vaihdettava uusiin.	Asentaja
	Kompressoririkko, riittämätön voitelu.	Laite ei toimi. Virtaa ei tule laitteeseen.	8	Öljymutka puuttuu ja laitteiston voitelu ei toimi.	2	5	80	Sisä- ja ulkoyksikön välinen korkeus ero on suurempi kuin 5 metriä. Tällöin putkiston välille on tehtävä niin sanottu öljymutka.	Asentaja
Kylmäasennus	Kylmäainevuoto asennuksen yhteydessä.	Myrkyllistä kylmäainetta pääsee valumaan ympäristöön.	4	Inhimillinen asentajan virhe, liitännät vuotavat	5	1	20	Liitântöjen ja tiivisteiden tarkastaminen sekä kylmäaineen lisääminen kylmäainepiiriin. Kylmäaineen siivous ympäristöstä.	Asentaja
Käytön opastus	Säästöjä ei synny odotetulla tavalla.	Säästöjä ei synny odotetulla tavalla. Pahimmassa tapauksessa laite seisoo käyttämättömänä tai sen säästöjä ei osata hallita.	9	Asentajan huono käytön opastus.	6	5	270	Asentaja opastaa laitteen käytön, kertoo tekniset ominaisuudet ja niiden säätämisestä sekä opastaa huoltotoimenpiteistä.	Asentaja