

Ville Keränen

Ilmalämpöpumpun käyttö omakotitalon jäähdytyksessä

Syökö jäähdytyskäyttö talvella saadun säästön lämmityksessä?

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2015**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Toukokuu 2015	Tekijä/tekijät Ville Keränen
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Ilmalämpöpumpun käyttö omakotitalon jäähdytyksessä. Syökö jäähdytyskäyttö talvella saadun säästön lämmityksessä?		
Työn ohjaaja Kari Pieniniemi	Sivumäärä 24	
Työelämäohjaaja Veli-Heikki Moilanen		
<p>Työssä tarkastellaan ilmalämpöpumpun energian kulutusta jäähdytyskäytössä, jäähdytyskäytön kustannuksia, etuja ja vaikutuksia takaisinmaksuaikaan.</p> <p>Energian käytön mallinnukseen käytetään IDA ESBO – simulointi ohjelmaa, simuloinnin tuloksista saadaan jäähdytyksen ja lämmityksen kulutukset ja niistä voidaan laskea prosentuaaliset tulokset jäähdytyskäytön kuluttamasta energiasta säästöihin nähden.</p> <p>Jäähdytyskäytön edullisuus näkyy tuloksista, 1-3 %:n säästöjen menetys on huomattavan vähäinen verrattuna sen tuomiin etuihin.</p>		
Asiasana Ilmalämpöpumppu, jäähdyttäminen, sisäilman laatu, SCOP, SEER, IDA ESBO		

ABSTRACT

Unit Ylivieska unit	Date May 2015	Author Ville Keränen
Degree programme Electrical Engineering		
Name of thesis Cooling a house with air source heat pump. How much cooling takes savings from winter usage?		
Instructor Kari Pieniniemi		Pages 24
Supervisor Veli-Heikki Moilanen		
<p>This study examines the air source heat pump energy consumption in cooling mode, the cooling operation costs, benefits and impact of the repayment period</p> <p>Modeling of energy consumption is used for IDA ESBO - the simulation program, the results of the simulation obtained by cooling and heating consumption, and from them it can be calculated the cooling rate of the use of the energy consumed in relation to savings.</p> <p>Affordability of the cooling appears in the results, 1-3% of the savings, the loss is remarkably low compared to the benefits it brings.</p>		
Key words Air source heat pump, cooling, indoor air quality, SCOP, SEER, IDA ESBO		

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 ILMALÄMPÖPUMPPU (ILP)	2
2.1 Ilmalämpöpumpulla lämmittäminen	4
2.1.1 COP ja SCOP	4
2.2 Ilmalämpöpumpulla jäähdyttäminen	4
2.2.1 EER ja SEER	6
2.3 Kylmäaine	7
3 IDA ESBO	8
3.1 Rakennustyyppi	8
3.2 Huoneet-välilehti	9
3.3 Rakennus-välilehti	10
3.4 Simulaatio-välilehti	11
3.5 Tulokset-välilehti	12
4 SIMULOINTI	13
4.1 Vertailupohjan simulointi	13
4.2 Simulointi ilmalämpöpumppujen kanssa	14
5 KUSTANNUKSET	18
5.1 Käyttökustannukset	18
5.2 Takaisinmaksuaika	20
5.3 Jäähdytyskäytön syövä osuus energiansäästöistä	21
5.3.1 Simulaation perusteella	21
5.3.2 Valmistajan antamien tietojen perusteella	22
6 YHTEENVETO	23
LÄHTEET	24
KUVIOT	
KUVIO 1. Lämpöpumpun toimintaperiaate lämmityskäytössä.	3
KUVIO 2. Lämpöpumpun toimintaperiaate jäähdytyskäytössä.	3
KUVIO 3. Suhteellisen kosteuden ihanteellinen alue.	6
KUVIO 4. Yksikerroksinen omakotitalo (136 m ²).	9
KUVIO 5. Huoneet-välilehti.	10

KUVIO 6. Rakennus-välilehti.	11
KUVIO 7. Simulaatio-välilehti.	12
KUVIO 8. Energian kulutus ilman ilmalämpöpumppua.	14
KUVIO 9. Lämmityskäytön ilmalämpöpumppu.	15
KUVIO 10. Jäähdytyskäytön ilmalämpöpumppu.	16
KUVIO 11. Energian kulutus ilmalämpöpumpuilla varustettuna.	17

1 JOHDANTO

Jämpi juttu Oy antoi tehtäväkseni selvittää ilmalämpöpumpulla jäähdyttämisen käyttökustannuksia omakotitalossa sekä sen, että syövätkö nämä käyttökustannukset lämmityskaudella saadun säästön lämmityskustannuksista.

Toiveena oli tehdä laskelmat Toshiba Arctic-sarjan ilmalämpöpumpuista, jotka edustavatkin tämän päivän huippulaitteistoja. Arctic-sarjaan kuuluu 2,5 ja 3,5 kW nimellistehoiltaan olevat lämpöpumput.

Ensimmäisessä pääluvussa käsitellään ilmalämpöpumpun toimintaa ja sen keskeisiä käsitteitä.

Toisessa pääluvussa käsitellään IDA ESBO-simulointi ohjelmaa ja tutustutaan sen ominaisuuksiin.

Kolmannessa pääluvussa esitetään simuloinnin tuloksia ja tarkastellaan niiden sisältöä.

Neljännessä pääluvussa lasketaan ilmalämpöpumpun käyttökustannuksia, sekä vertaillaan jäähdytyskäytön viemää osuutta saaduista säästöistä. Tässä osiossa myös lasketaan ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaikoja ja vertaillaan laskettuja tuloksia valmistajan antamien tietojen perusteella laskettuihin tuloksiin.

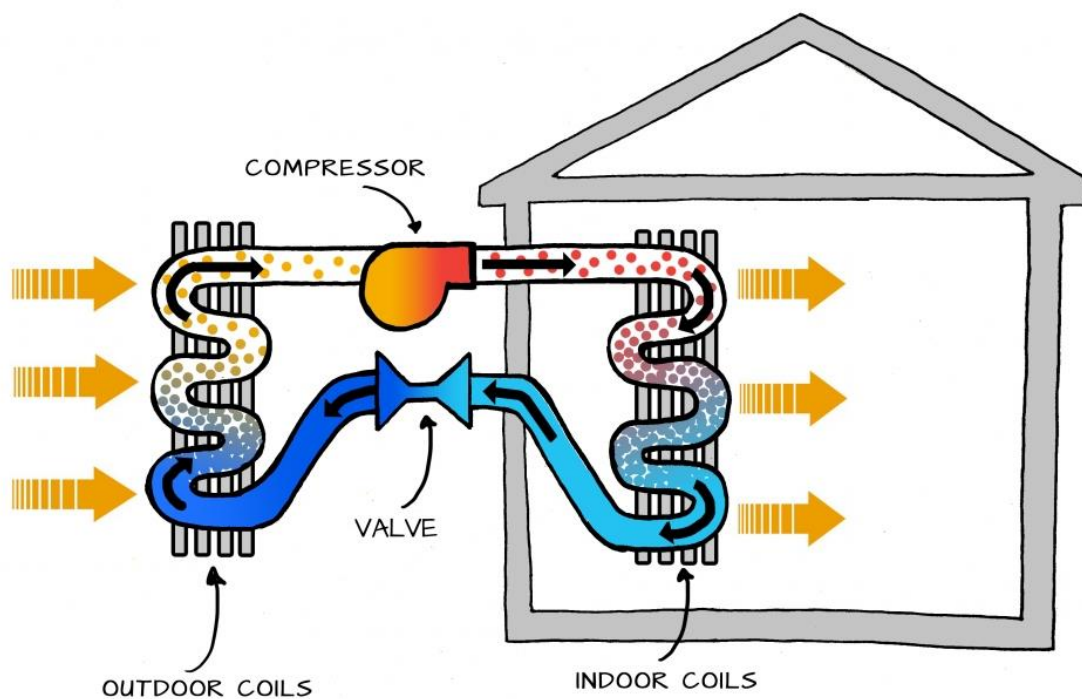
2 ILMALÄMPÖPUMPPU (ILP)

Ilmalämpöpumppu on helposti asennettava ja varmatoiminen laite. Se soveltuu alentamaan lämmityskustannuksia hyvällä hyötysuhteella, kun ulkolämpötila on korkeampi kuin -10 °C . Järjestelmän haittana on, että se vaatii rakennuksen suurimman energiankulutuksen mukaan mitoitettun rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän, koska kylmimmillä säillä lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Haittana ovat myös ulkona olevan höyrystinyksikön ja sisätiloissa olevan puhallinkonvektorin puhallinäänet sekä ajoittainen höyrystinpatterin tarvitsema sulatus, joka alentaa saavutettavaa lämpökerrointa. Lämmön keruu tapahtuu ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitetun puhallin/höyrystinyksikön avulla ja lämmön luovutus tapahtuu joko yhden tai useamman puhallin/lauhdutinyksikön kautta suoraan rakennuksen sisäilmaan. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa, ja yleisesti ulkoilmalämpöpumput toimivat huonolla lämpökertoimella lämpötilan laskiessa alle -20 °C . (Motiva 2014.)

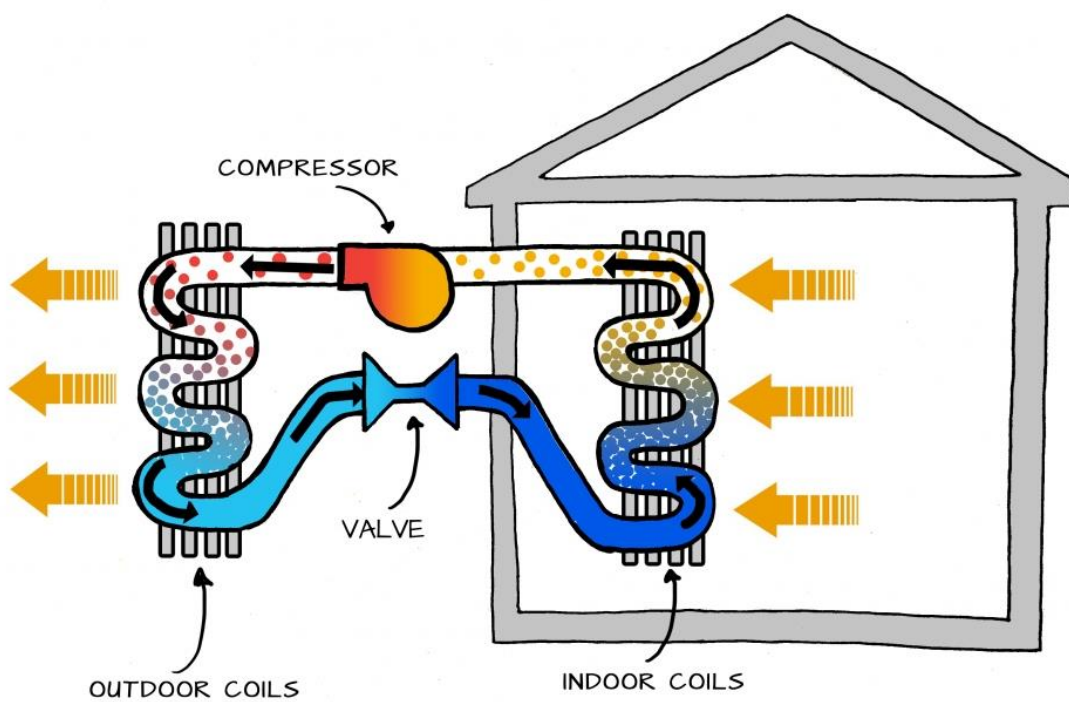
Lämpöpumppu toimii sähköllä ja se onkin paras lisälämmitysmuoto suoralla sähkölämmityksellä varustettuun taloon.

Ilmalämpöpumpuilla voidaan myös jäähdyttää, jäähdytystoiminnan ansiosta sisäilman olosuhteet paranevat kesäheleillä, sillä jäähdyttäessä myös ilman kosteus pienenee. Jäähdytystä varten nelitieventtiili ohjaa kylmäaineen virtauksen vastakkaiseen suuntaan, jolloin sisäyksikkö jäähdyttää sisäilmaa ja ulkoyksikkö poistaa lämmön ulos. (Motiva 2012.)

Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen höyrystämiseen ja lauhduttamiseen, nämä faasimuunnokset sitovat ja luovuttavat lämpöenergiaa. Kuviossa 1 on esitetty lämpöpumpun toiminta lämmityskäytössä ja kuviossa 2 on esitetty toiminta jäähdytyskäytössä.



KUVIO 1. Lämpöpumpun toimintaperiaate lämmityskäytössä. (Autodesk. 2011)



KUVIO 2. Lämpöpumpun toimintaperiaate jäähdytyskäytössä. (Autodesk. 2011)

2.1 Ilmalämpöpumpulla lämmittäminen

Suomessa suurin syy lämpöpumppujen hankintaan on lämmityskulujen pienentäminen. Lämpöpumpulla voikin parhaimmillaan säästää jopa 50 % vuotuisista lämmityskuluista. Tavallisesti säästöt ovat kuitenkin n. 20 – 40 %, riippuen lämpöpumpun tehokkuudesta, käytöstä ja ilmastollisista tekijöistä. (Motiva. 2012.)

2.1.1 COP ja SCOP

Lämpökerroin COP (Coefficient Of Performance) tarkoittaa lämmityksen ilmoitettua tehoa (kW) jaettuna lämmityksen ottoteholla (kW), kun yksikkö lämmittää nimellisolosuhteissa. Nimellisolosuhteet lämmityskäytön mitoituksessa ovat 7 °C ulkolämpötila ja 20 °C sisälämpötila.

Nykyään vaaditaan valmistajilta kuitenkin SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) ilmoittamista. Tämä kertoo koko lämmityskauden hyötysuhteen, joten lämpöpumppujen vertailu ja energiatehokkuus on paremmin selvitettävissä (KOMISSION ASETUS (EU) N:o 206/2012).

2.2 Ilmalämpöpumpulla jäähdyttäminen

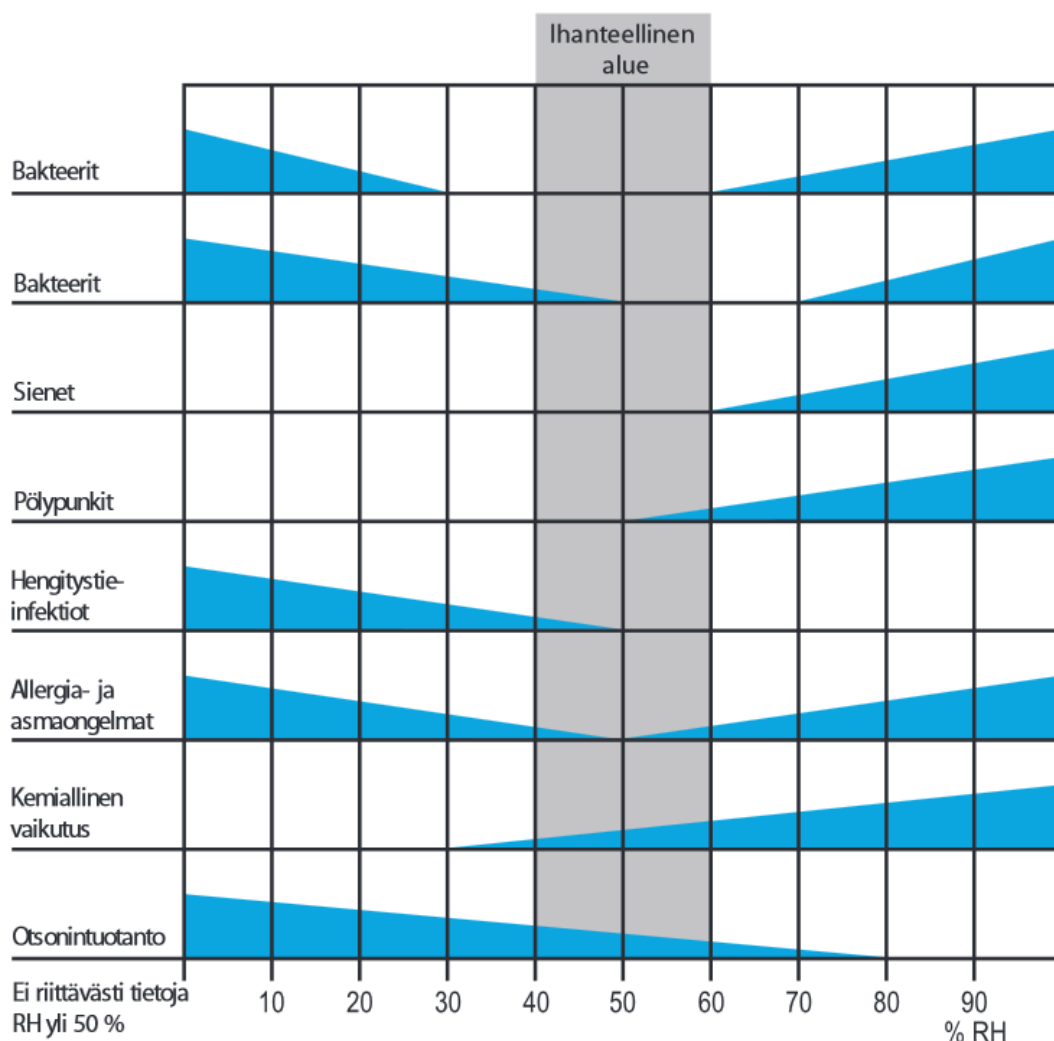
Ilmalämpöpumpulla jäähdyttämistä pidetään yleisesti kalliina tai ainakin kannattomana, kun lämpöpumppu on hankittu tuomaan säästöjä lämmityksessä. Pelkona onkin säästöjen menettäminen, mikäli jäähdytyksen kytkee päälle.

Asiahan ei näin kuitenkaan ole, vaan maltillinen jäähdyttäminen on ensinnäkin mukavuuskysymys ja kustannukset pysyvät erittäinkin siedettävänä.

Asiasta hyvin perillä oleva Jussi Hirvonen, Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen SULPUn hallituksen puheenjohtaja toteaa näin.

Jäähdytyksen energiankulutus ei luuloista huolimatta ole merkittävä normaalissa omakotitalossa, käytännössä hakisimpinä kesinä maksimissaan 200-300 kWh/a eli 20-30 euroa/a. Yli kymmenen vuoden ilmalämpöpumpun käyttökokemuksilla voin sanoa, että kuumimpinakaan kesinä 180 neliömetrin talon jäähdytykseen ei ole kulunut yli 30 euroa (Suomela).

Rakennuksen tai pelkän huoneenkin jäähdyttäminen kesähelteillä on myös hyvä keino parantaa sisäilman laatua. Helle yhdistettynä suureen ilmankosteuteen on otollinen olosuhde bakteerien kehittymiselle. Ilmalämpöpumpulla jäähdyttäminen laskee samalla ilman kosteutta, joten bakteereille ei pääse syntymään niin hyviä olosuhteita lisääntyä. Kuuma ja kostea ilma vähentää myös ihmisen toimintakykyä ja on heikkokuntoisille ihmisille jopa hengenvaarallinen, tästä syystä jäähdyttäminen kannattaa jo terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Kuviosta 3 nähdään ihanteellinen suhteellisen kosteuden (RH) alue.



KUVIO 3. Suhteellisen kosteuden ihanteellinen alue. (Kylmä Aapinen. 2000)

2.2.1 EER ja SEER

Kylmäkerroin EER (Energy Efficiency Ratio) tarkoittaa jäähdytyksen ilmoitettua tehoa (kW) jaettuna jäähdytyksen ottoteholla (kW), kun yksikkö jäähdyttää nimellisolosuhteissa. Nimellisolosuhteet jäähdytyskäytön mitoituksessa ovat 35 °C ulkolämpötila ja 27 °C sisälämpötila.

Vuotuinen kylmäkerroin SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) tarkoittaa koko jäähdytyskautta edustavaa yksikön yleistä kylmäkerrointa, joka on laskettu jakamalla vuotuinen perusjäähdytystarve jäähdytyksen vuotuisella sähkönkulutuksella (KOMISSION ASETUS (EU) N:o 206/2012).

2.3 Kylmäaine

Lämpöpumpuissa on käytetty historian aikana useita erilaisia kylmäaineita, joista monista on jouduttu luopumaan niiden herkän syttymisen, myrkyllisyyden tai otsonia tuhoavan ominaisuuden takia. Tällä hetkellä käytetyimmät kylmäaineseokset ilmalämpöpumpuissa ovat R407C ja R410A, joista jälkimmäinen on uudempi ja ympäristöystävällisempi seos. (Hakala. 2007.)

3 IDA ESBO

IDA ESBO (Early Stage Building Optimization)-simulointiohjelmisto on kehitetty yhteishankkeessa Aalto Yliopiston ja EQUA Simulation AB kanssa. IDA ESBO perustana on käytetty EQUAn dynaamista rakennusten simulointiohjelmistoa IDA ICE (Indoor Climate and Energy).

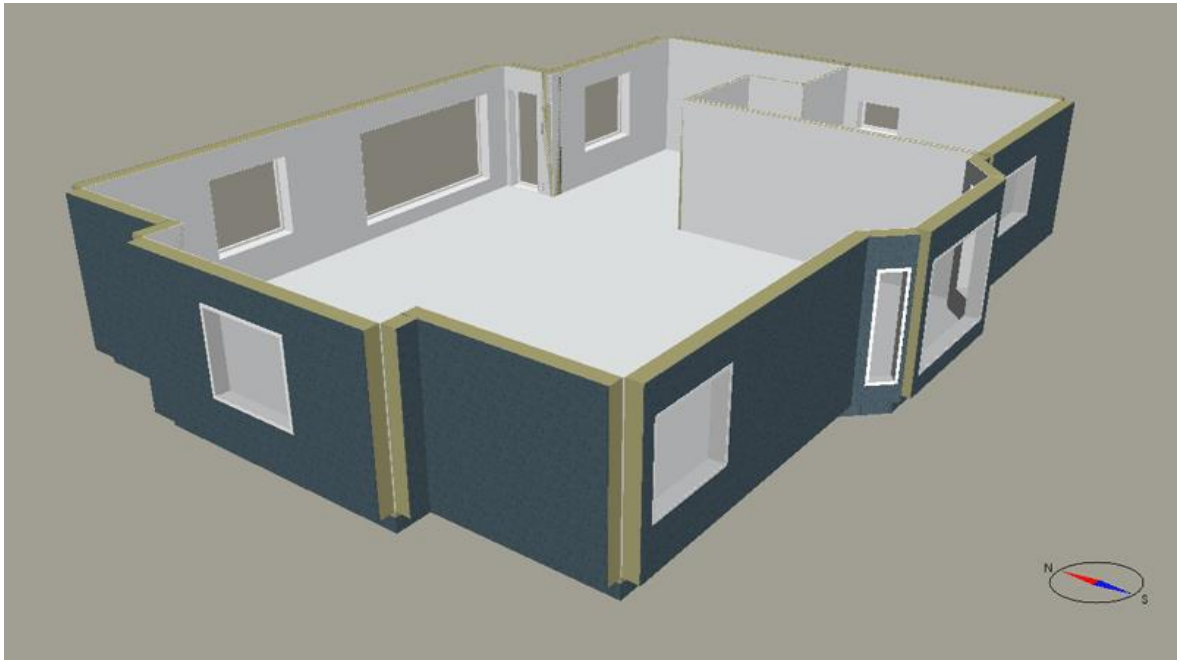
ESBO on vapaajaettava dynaaminen energiankulutuksen ja tilojen lämpötilojen simulointiohjelmisto, jota voidaan käyttää rakennusten suunnitellun alkuvaiheessa tehtävien ratkaisujen optimointiin. ESBO perustuu valittuihin kiinteisiin rakennuksen geometrioihin. Käyttäjä voi tutkia eri rakenneratkaisuiden sekä eri taloteknisten ja energiatuottoratkaisujen vaikutusta energiakulutukseen ja viihtyvyyteen. (EQUA. 2013.)

3.1 Rakennustyyppi

IDA ESBOssa on käytettävissä kuusi eri rakennustyyppiä:

1. Kerrostalo (1600 m^2)
2. Koulurakennus (1900 m^2)
3. Hallitila (10000 m^2)
4. Omakotitalo 1 krs (136 m^2)
5. Omakotitalo 2 krs (145 m^2)
6. Toimistorakennus (2700 m^2)

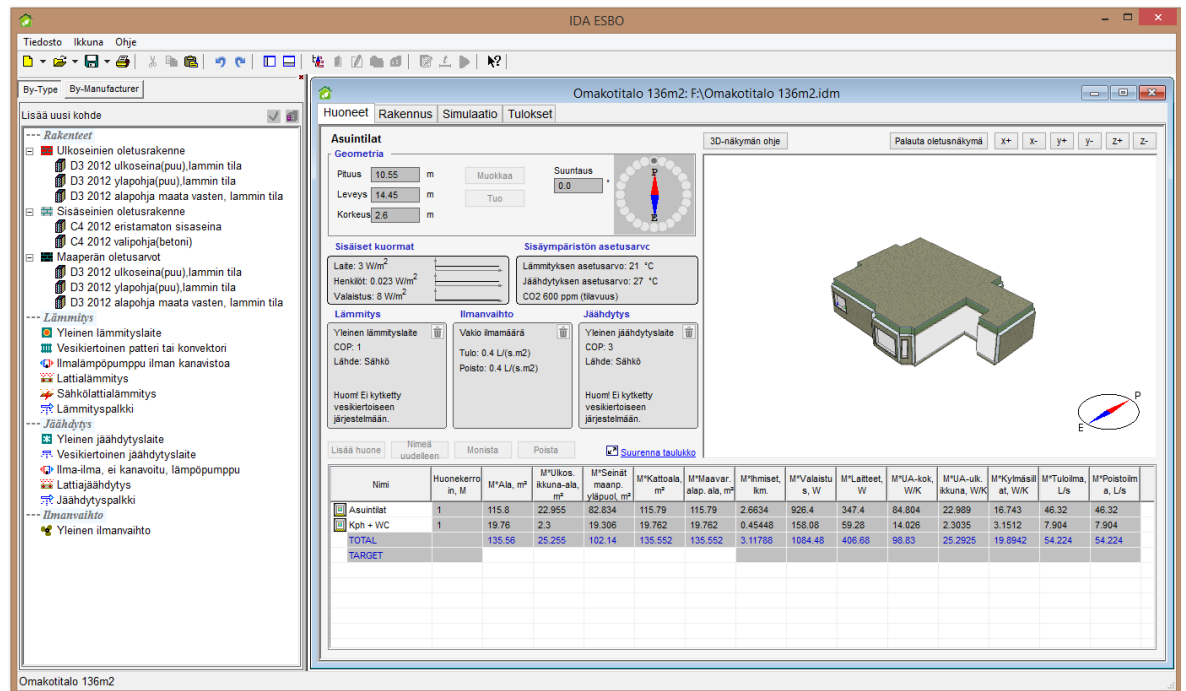
Valitsin yksikerroksisen omakotitalon (136 m^2), koska tämä on lähimpänä yleisimmin rakennettua talotyyppiä nykyään. Tästä rakennuksesta tehdään kaksi erilaista versiota, 2012 vuosimallia edustava perusversio ja lisäksi huonommilla eristyksillä ja ilman lämmöntalteenottoa olevan versio.



KUVIO 4. Yksikerroksinen omakotitalo (136 m²). (EQUA. 2013)

3.2 Huoneet-välilehti

Huoneet-välilehden ollessa auki voidaan muuttaa mm. asukkaiden lämpökuorman vaikutusta ja sisätilan asetuslämpötiloja. Kuviossa 4 nähdään vasemmassa reunassa vaihtoehtoisia objekteja rakennuksen muokkaamiseen, joista LVI-järjestelmän osia voidaan esimerkiksi hiirellä raahaamalla sijoittaa huoneet-välilehdellä. Rakennus on varustettu alun perin optimaalisella lämmitys- ja jäähdytyslaitteistolla, jotka täyttävät standardin D3 2012 vaatimukset. Kuviossa 5 on vielä perusasetukset.



KUVIO 5. Huoneet-välilehti.

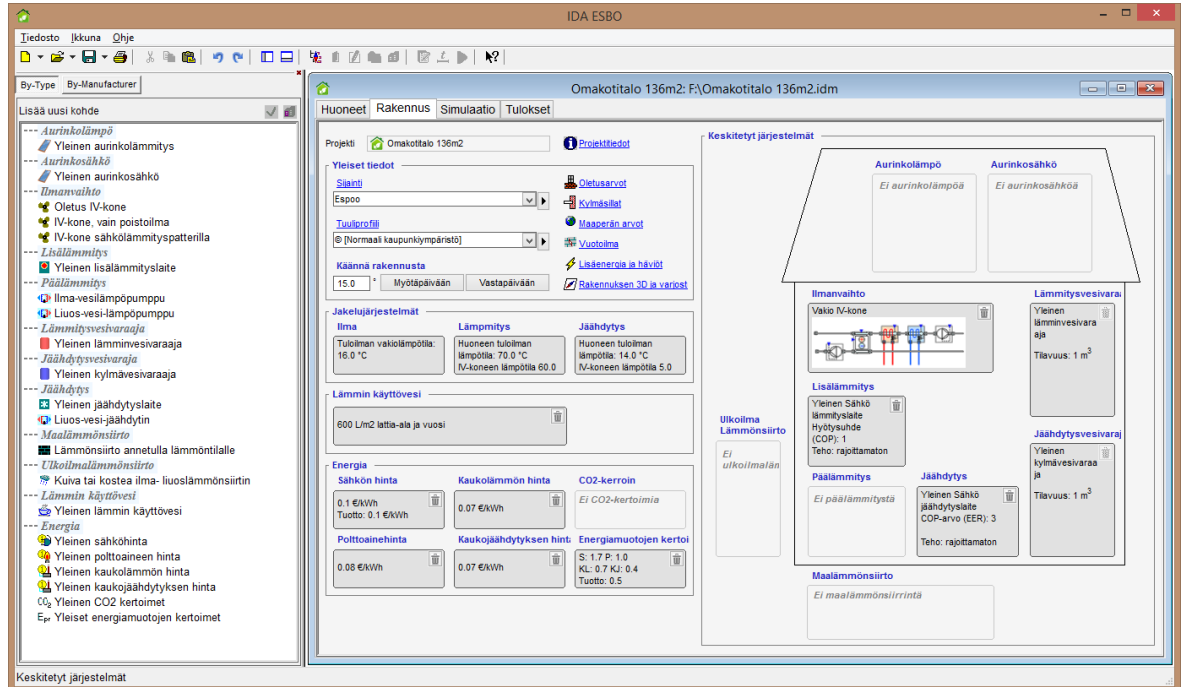
3.3 Rakennus-välilehti

Rakennus-välilehteä käytetään määrittelemään yleistä informaatiota sekä simuloinnista että rakennusta palvelevista LVI-järjestelmistä. Vastaavasti kuin Huoneet-välilehdellä voidaan oletuksena olevia objekteja vaihtaa vasemman reunan valikosta. Useimmat LVI-järjestelmien kombinaatiot yhdistetään automaattisesti tarkoituksenmukaisiin järjestelmiin. (Aalto-yliopisto. 2013.)

Kuviossa 6 näkyy rakennuksen pää- ja lisälämmitys järjestelmät, sekä jäähdytys järjestelmä. Rakennus-välilehdellä ei kuitenkaan voinut lisätä ilmalämpöpumppua, vaan se joudutaan tekemään Huoneet-välilehdellä.

Lisälämmitykseen taikka jäähdytykseen voidaan laittaa yleinen lämmitys- tai jäähdytys-laite, mutta siihen ei voi lisätä oikean ilmalämpöpumpun ominaisuuksia, tästä syystä käytin huoneet-välilehdellä ilma-ilma lämpöpumppua, johon kyseiset ominaisuudet sai laitettua.

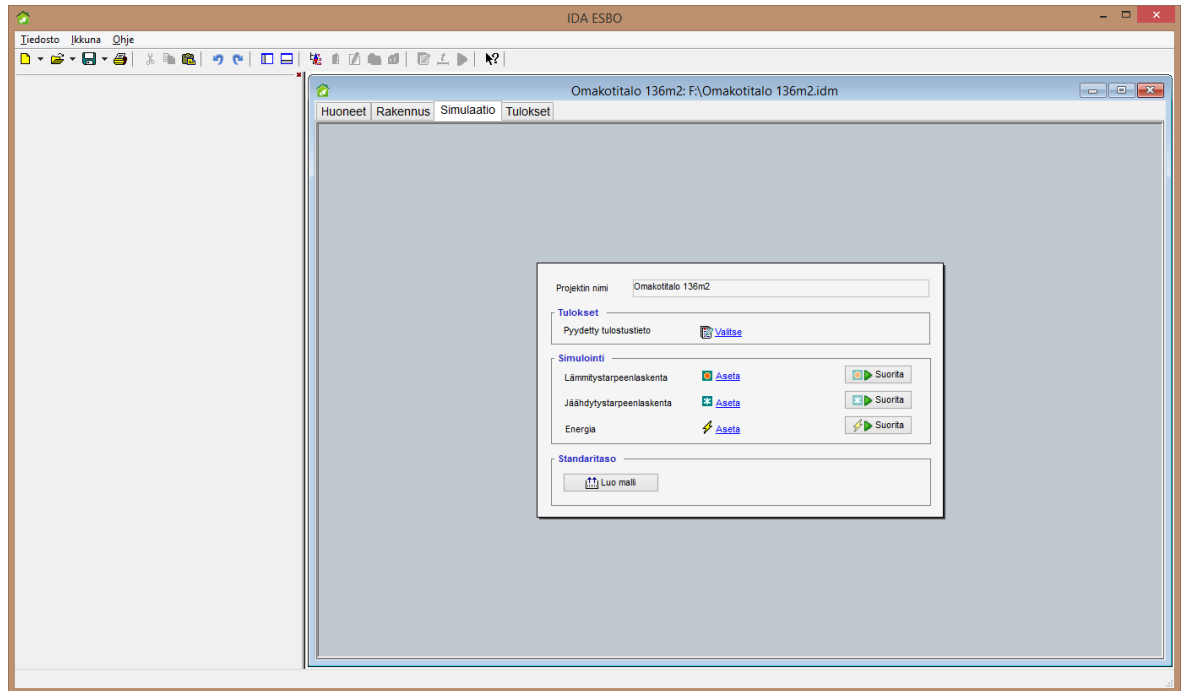
Tällä välilehdellä voidaan esimerkiksi valita päälämmitysmuodoksi ilma-vesilämpöpumppu taikka liuos-vesi-lämpöpumppu eli maalämpö.



KUVIO 6. Rakennus-välilehti.

3.4 Simulaatio-välilehti

Tulokset-valikosta voidaan valita halutut kuvaajat ja raportit simuloinnista. Simulointi-valikosta voidaan asettaa parametrit ja suorittaa lämmitys- ja jäähdytystarpeen sekä energian laskennat. Standarditaso-valikossa voi luoda mallin, jossa pääsee mm. tarkastelemaan tekemiään rakennemuutoksia 3D-mallin avulla.



KUVIO 7. Simulaatio-välilehti.

3.5 Tulokset-välilehti

Tällä välilehdellä pääsee tarkastelemaan simulointi tuloksia ja luomaan niistä joko excel- tai word -pohjaisen raportin.






4 SIMULOINTI

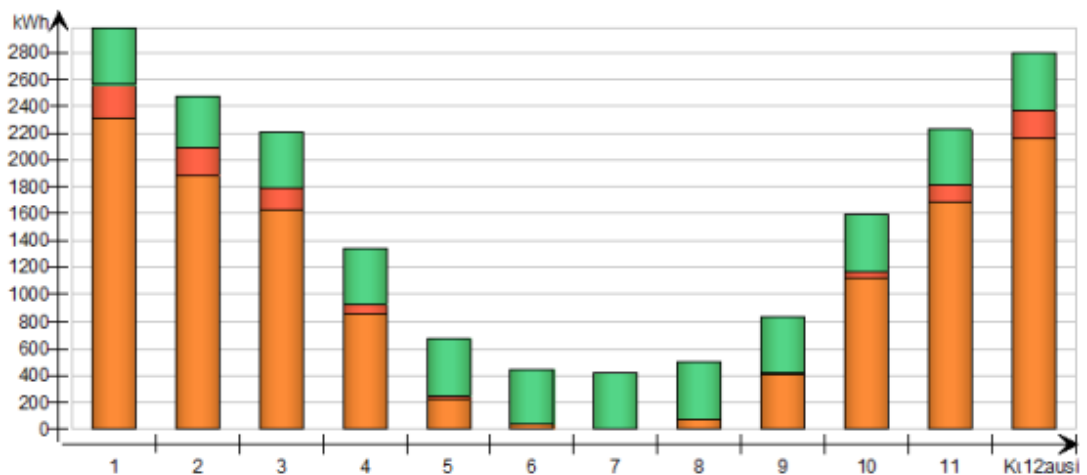
Simulointia käyttäen vältetään monimutkaiselta laskentaprosessilta. Näin saadaan hyvinkin luotettavia tuloksia, mikäli talon rakenteet ja kaikki perus asetukset ovat realistia ja vastaavat normaalia omakotitaloa ja sen käyttöä. Simulaattorin rakennukset on perusasetuksiltaan tehty standardien mukaisesti, joten niitä en lähde muuttamaan, vaan pysyn lämmitysjärjestelmän muokkauksessa.

4.1 Vertailupohjan simulointi

Aloitin simuloinnin muuttamalla asetuksia huoneet- ja rakennus-välilehdiltä. Ensimmäisenä huoneet-välilehdeltä poistin jäähdytyksen ja säädin järjestelmän jäähdytyslämpötilaksi 25 °C ja annoin lämmityksen olla 21 °C. Rakennusvälilehdeltä vaihdoin sijainniksi Jyväskylän ja poistin jäähdytyksen. Rakennus-välilehdeltä löytyy ilmanvaihdon asetukset, josta tarkistin jäähdytyspatterin olevan pois käytöstä ja säädin ilmanvaihdon puhaltimien toiminnan D3 2012-standardin mukaiseksi.

Nyt pystyin tekemään vertailupohjan simuloimalla rakennuksen energian kulutuksen ilman ilmalämpöpumppua, kuviosta 8 nähdään kuukausittainen lämmitysenergian kulutus talossa. Lämmitys tapahtuu Ilmanvaihtokoneella (IV-kone) ja tilalämmityksellä, mikä tässä tapauksessa on yleinen sähkölämmitys.

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	Lämmin käyttövesi
					
1	2308.0	0.0	248.0	0.0	424.1
2	1890.0	0.0	202.7	0.0	383.1
3	1632.0	0.0	156.2	0.0	424.1
4	855.2	0.0	75.0	0.0	410.4
5	221.7	0.0	26.7	0.0	424.1
6	43.1	0.0	5.1	0.0	410.4
7	0.3	0.0	0.3	0.0	424.1
8	73.2	0.0	3.2	0.0	424.1
9	414.0	0.0	16.7	0.0	410.4
10	1118.0	0.0	55.9	0.0	424.1
11	1685.0	0.0	119.4	0.0	410.4
12	2162.0	0.0	207.0	0.0	424.1
Yhteensä	12402.5	0.0	1116.1	0.0	4993.4



KUVIO 8. Energian kulutus ilman ilmalämpöpumppua.

4.2 Simulointi ilmalämpöpumppujen kanssa

Rakennuskokonsa puolesta vaatii kaksi kappaletta 2,5 kW ilmalämpöpumppua, joten simulointia varten kerroin laitetehton kahdella. Simuloinnissa piti lämmitystä ja jäähdytystä varten lisätä omat yksikkönsä, jotka siis yhdessä vastaavat yhtä laitetta, mutta saadakse jähdytys- ja lämmitystoimintojen ominaisuudet erikseen syötettyä, vaatii se omat ikkunansa molemmille. Kuvioissa 9 ja 10 näemme lisättyjen ilmalämpöpumppujen perustiedot.

A2a_Hp_Model

A2a_Hp_Model A2A_HP_MODEL

Ilmalämpöpumppu

Pääparametrit mitoitusolosuhteissa

Kokonaislämmitysteho	<input type="text" value="6.2"/>	kW
COP (kok. lämmitys/sähkö)	<input type="text" value="5.52"/>	0-10

Lisäasetukset mitoitusolosuhteissa

Kompressorityyppi

Sisäyksikkö

T _{air_out} - T _{air_in}	<input type="text" value="6.6"/>	°C
T _{condenser} - T _{air}	<input type="text" value="6.6"/>	°C
Puhallinpaineen korotus	<input type="text" value="46.15"/>	Pa
Puhaltimen hyötysuhde	<input type="text" value="0.5"/>	0-1

Ulkoyksikkö

T _{air_in} - T _{air_out}	<input type="text" value="12.64"/>	°C
T _{air} - T _{evaporator}	<input type="text" value="5.5"/>	°C
Puhallinpaineen korotus	<input type="text" value="271"/>	Pa
Puhaltimen hyötysuhde	<input type="text" value="0.5"/>	0-1
SHR (tuntuva/kokonaisjäähdytys)	<input type="text" value="0.62"/>	0-1

Mitoitusolosuhteet

OK Peru Tallenna nimellä... Ohje

KUVIO 9. Lämmityskäytön ilmalämpöpumppu.

Ilmastointimalli A2A_AC_MODEL

Ilmastointilaitte, ilma-ilma

Pääparametrit mitoitustilanteessa

Kok. (tuntuva ja sitoutunut)	5.0	kW
EER (kok jäähditys/ sähköteho ml.)	5.15	0-10

Vaihtoehtoiset parametrit mitoitustilanteessa

SHR (tuntuva / kok. jäähdysteho)	0.771	0-1
Kompressorityyppi	DC Twin Rotary	
Sisäyksikkö		
T_sisään-T_ulos	12.64	°C
T_ilm-T_höyrystin	5.5	°C
Puhaltimen	271	Pa
Puhaltimen hyötysuhde	0.5	0-1
Ulkoilmayksikkö		
T_ulos - T_sisään	8.0	°C
T_lauhditin- T_ilm	6.6	°C
Puhaltimen	46.15	Pa
Puhaltimen hyötysuhde	0.5	0-1

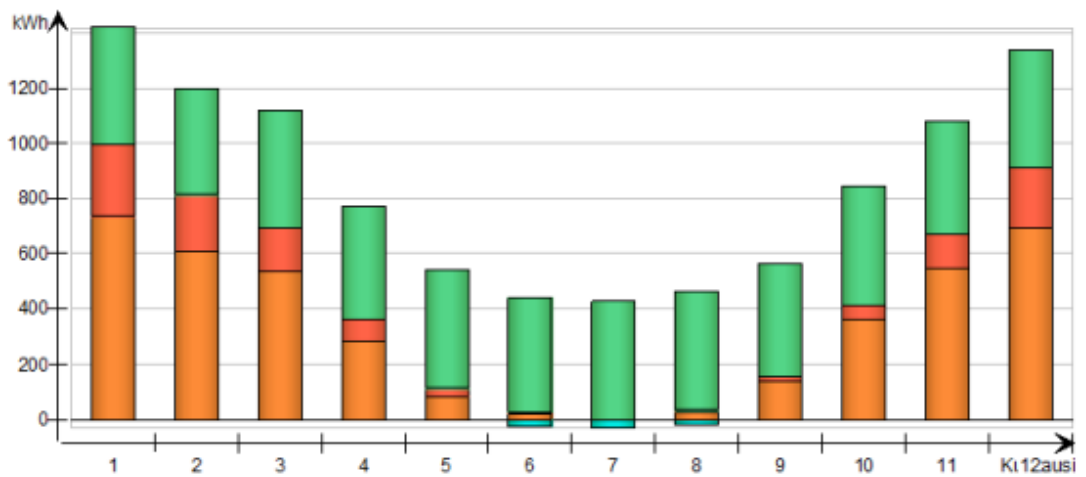
Mitoitustilanne

OK Peru Tallenna nimellä... Ohje

KUVIO 10. Jäähdytyskäytön ilmalämpöpumppu.

Ilmalämpöpumput asennettua pystyttiin tekemään uusi simulaatio. Näemmekin kuviosta 11 uudet tulokset, jotka ovat energian kulutukseltaan selvästi pienemmät kuin vertailupohjan tuloksissa. Tässä kaaviossa tilalämmitys vastaa ilmalämpöpumpun osuutta lämmityksestä ja tilajäähdytys ilmalämpöpumpulla tapahtuvaa jäähdytystä. Jäähdyttämiseen menevä energia on huomattavan vähäinen.

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	Lämmin käyttövesi
1	732.6	-0.7	258.6	0.0	424.1
2	607.4	-0.6	205.3	0.0	383.1
3	533.7	-0.7	156.4	0.0	424.1
4	285.0	-0.7	75.2	0.0	410.4
5	85.0	-2.5	27.2	0.0	424.1
6	23.3	-24.6	5.3	0.0	410.4
7	1.1	-30.9	0.6	0.0	424.1
8	28.5	-17.6	3.5	0.0	424.1
9	136.1	-0.7	16.7	0.0	410.4
10	362.0	-0.7	55.9	0.0	424.1
11	544.9	-0.7	119.4	0.0	410.4
12	690.2	-0.7	214.3	0.0	424.1
Yhteensä	4029.8	-81.0	1138.4	0.0	4993.4



KUVIO 11. Energian kulutus ilmalämpöpumpuilla varustettuna.

5 KUSTANNUKSET

Ilmalämpöpumpun hankintahinta asennuksineen on 2300 €/ILP, joten kaksi yksikköä kustantaa 4600 €. Sähkön hinta on 0.12 €/kWh, mikä vastaa Pohjois-Suomen hintatasoa huhtikuussa 2015 (Energiavirasto. 2015).

5.1 Käyttökustannukset

Lämmityskustannukset ilmalämpöpumppujen kanssa simuloinnin perusteella ovat:

$$K_{ILP} = E_{L1} * S_K \quad (\text{Kaava 1})$$

missä

K_{ILP} on lämmityskustannukset ilmalämpöpumppujen kanssa

E_{L1} on lämmitykseen kulunut sähköenergia ILP: uilla

S_K on sähkön kuluttajahinta

$$K_{ILP} = 5249,2 \frac{kWh}{a} * 0,12 \frac{€}{kWh} = 629,9 \frac{€}{a}$$

Kustannukset ilman ilmalämpöpumppuja simuloinnin perusteella ovat:

$$K_S = E_{L2} * S_K \quad (\text{Kaava 2})$$

missä

K_S on lämmityskustannukset sähkölämmityksellä

E_{L2} on lämmitykseen kulunut sähköenergia ilman ILP: uja
 S_K on sähkön kuluttajahinta

$$K_S = 13\,518,6 \frac{kWh}{a} * 0,12 \frac{\text{€}}{kWh} = 1622,2 \frac{\text{€}}{a}$$

Ilmalämpöpumppuja käyttämällä energiankulutuksen säästöjä euroina kertyy vuodessa:

$$K_{S-ILP} = K_S - K_{ILP} \quad (\text{Kaava 3})$$

missä

K_{S-ILP} on kustannussäästö ilmalämpöpumppuja käytettäessä
 K_S on lämmityskustannukset sähkölämmityksellä
 K_{ILP} on lämmityskustannukset ilmalämpöpumppujen kanssa

$$K_{S-ILP} = 1622,2 \frac{\text{€}}{a} - 629,9 \frac{\text{€}}{a} = 992,3 \frac{\text{€}}{a}$$

Jäähdytyskäytön kustannukset vuodessa ovat:

$$K_J = E_J * S_K \quad (\text{Kaava 4})$$

missä

K_J on jäähdytyksen kustannukset
 E_J on jäähdytykseen käytetty sähköenergia
 S_K on sähkön kuluttajahinta

$$K_J = 81 \text{ kWh/a} * 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 9,7 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

5.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika ilmalämpöpumpuille on:

$$T_{ILP1} = \frac{I_{ILP}}{K_{S-ILP}} \quad (\text{Kaava 5})$$

missä

T_{ILP1} on takaisinmaksuaika ilmalämpöpumpuille

I_{ILP} on ilmalämpöpumppujen hankintahinta

K_{S-ILP} on kustannussäästö ilmalämpöpumppuja käytettäessä

$$T_{ILP1} = \frac{4600 \text{ €}}{992,3 \text{ €/a}} = 4,64 \text{ a} \approx 4 \text{ a } 8 \text{ kk}$$

Takaisinmaksuaika ilman jäähdytyskäyttöä on:

$$T_{ILP2} = \frac{I_{ILP}}{K_{S-ILP} - K_J} \quad (\text{Kaava 6})$$

missä

T_{ILP2} on takaisinmaksuaika ilmalämpöpumpuille

I_{ILP} on ilmalämpöpumppujen hankintahinta

K_{S-ILP} on kustannussäästö ilmalämpöpumppuja käytettäessä

K_J on jäähdytyksen kustannukset

$$T_{ILP2} = \frac{4600 \text{ €}}{(992,3 \text{ €/a} + 9,7 \text{ €/a})} = 4,59 \text{ a} \approx 4 \text{ a } 7 \text{ kk}$$

Tästä nähdään, että jäähdytyskäytön pois jättäminen ei vaikuta kuin yhden kauden ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaikaan.

5.3 Jäähdytyskäytön syömä osuus energiansäästöistä

Lasketaan jäähdytyskäytön syömä osuus energiansäästöistä simulaatiotulosten ja valmistajan antamien tietojen perusteella.

5.3.1 Simulaation perusteella

Lämmityskauden säästöt saadaan kaavasta:

$$E_{SS} = E_{L2} - E_{L1} \quad (\text{Kaava 7})$$

missä

E_{SS} on lämmityskauden energian säästö simuloinnin perusteella

E_{L2} on lämmitykseen kulunut sähköenergia ilman ILP: uja

E_{L1} on lämmitykseen kulunut sähköenergia ILP: uilla

$$E_{SS} = 13\,518,6 \text{ kWh} - 5249,2 \text{ kWh} = 8350,4 \text{ kWh}$$

Jäähdytyskäytön syömä osuus säästöistä:

$$K_S \% = \frac{E_J}{E_{SS}} * 100 \% \quad (\text{Kaava 8})$$

missä

K_S % on jäähdytyskäytön syömä osuus säästöistä %

E_J on jäähdytykseen käytetty sähköenergia

E_{SS} on lämmityskauden energian säästö simuloinnin perusteella

$$K_S\% = \frac{81,0 \text{ kWh}}{8350,4 \text{ kWh}} * 100\% = 0,97\% \approx 1\%$$

5.3.2 Valmistajan antamien tietojen perusteella

Jäähdytyskäytön syömä osuus säästöistä:

$$K_{SV}\% = \frac{E_{JV}}{(SCOP_V * E_{LV}) - E_{LV}} * 100\% \quad (\text{Kaava 9})$$

missä

$K_{SV}\%$ on jäähdytyskäytön syömä osuus säästöistä %

E_{JV} on kausittainen energiankulutus (jäähdytys)

E_{LV} on kausittainen energiankulutus (lämmitys)

$SCOP_V$ on ilmalämpöpumpun vuotuinen hyötysuhde lämmityksessä

$$K_{SV}\% = \frac{96 \text{ kWh}}{((5,1 * 878) - 878) \text{ kWh}} * 100\% = 2,67\%$$

6 YHTEENVETO

Simulaation tulos jäähdytyskäytön edullisuudesta hieman epäilyttää, mutta tulos on kumminkin samaa suuruusluokkaa valmistajan antamiin tietoihin verrattuna, joten pidän sitä riittävän luotettavana ja julkaisukelpoisena. Jäähdytyksen kustannukset ovat todella edullisia, joten en näe mitään syytä, miksei sitä kannattaisi käyttää, 10 - 30 € vuodessa on niin pieni investointi hyvin nukutuista öistä ja hellettä pakoon pääsystä. Ihmisten pelot säästöjen katoamisesta jäähdytyskäytössä ovat turhia, 1-3 % menetys säästöistä on niin mitätön, ettei sillä kannata harmaita hiuksia itselleen aiheuttaa. Mikäli viitsii vähän perehtyä laitteen toimintaan ja säätää sen oikein sekä lämmitys-, että jäähdytyskausien ajaksi, ei ole pelkoa suurista sähkölas-kuista tai säästöjen menettämisestä. Käyttäisinkö itse ilmalämpöpumppua jäähdyttämiseen. Ehdottomasti kyllä.

LÄHTEET

- Aalto-yliopisto. 2013. ESBO käyttöopas. Saatavissa: <http://www.equaonline.com/esbo/IDAESBOKayttoohje.pdf> Luettu 23.4.2015
- Autodesk. 2011. sustainabilityworkshop. Saatavissa: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/heat-pumps> Luettu 20.4.2015
- EQUA. 2013. ESBO. Saatavissa: <http://www.equaonline.com/esbo/about.html> Luettu 22.4.2015
- Energiavirasto. 2015. sähkön hintavertailu. Saatavissa: <http://www.sahkonhinta.fi/> Luettu 23.4.2015
- Hakala. 2007. Kylmäaineiden kehitystyö hiilidioksidista hiilidioksidiin. Saatavissa http://kylmamuseo.fi/Kylmaaineiden_kehitys.pdf Luettu 16.5.2015
- KOMMISSION ASETUS (EU) N:o 206/2012. 2012. Huoneilmastointilaitteet ja huoneuulettimet. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:072:0007:0027:FI:PDF> Luettu 22.4.2015
- Motiva. 2012. Ilmalämpöpumpun energiatehokas käyttö. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6794/Ilmalampopumpun_energiataloudellisen_kaytto.pdf Luettu 20.4.2015
- Motiva. 2012. Lämpöä ilmassa. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumpput.pdf Luettu 19.4.2015
- Motiva. 2014. Ilmalämpöpumppu. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumpput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu Luettu 19.4.2015
- Suomela. Ilmalämpöpumpun hyödyt. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Ilmalampopumpput/Ilmalampopumpun-hyodyt-50364> Luettu 22.4.2015
- Toshiba. 2014. Toshiba Arctic esite. Saatavissa: http://www.toshibafinland.com/images/media/toshiba_arctic/Toshiba_arctic_esite_eko_lowres.pdf Luettu 16.5.2015