

Tomi Nordling

# OMAKOTITALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

2017

# OMAKOTITALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS

Nordling, Tomi  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2017  
Sivumäärä: 50  
Liitteitä: 6

Asiasanat: maalämpö, ilmavesilämpö, takaisinmaksuaika

---

Tässä työssä tutkittiin lämmitysjärjestelmän saneerausta käyttäen Magicad Room ohjelmistoa, jonka avulla saatiin rakennuksen lämmitystehontarve laskettua, sekä IDA ICE simulointiohjelmistoa, jota apuna käyttäen saatiin laskettua lämmitysjärjestelmän käyttämän kokonaisenergian määrä todellisten sääolosuhteiden mukaan.

Simuloinnin jälkeen oli mahdollista suorittaa takaisinmaksuaikalaskenta ja miettiä mikä järjestelmä tulisi järkevimmäksi ja edullisimmaksi vaihtoehdoksi kohteessa.

Opinnäytetyössä kerrotaan myös maalämmön ja ilmavesilämmön toimintaperiaatteista, sekä tutkittiin myös aurinkopaneelien hyötyä energiankustannusten pienentämiseksi.

Opinnäytetyössä saatiin haluttu lopputulos. Tämän opinnäytetyön pohjalta rakennuksen lämmitysjärjestelmä tullaan saneeraamaan lähitulevaisuudessa.

# HEATING SYSTEM MODERNISATION TO SINGLE DETACHED HOUSE

Nordling, Tomi  
Satakunta University of Applied Sciences  
Construction and civil engineering  
May 2017  
Number of pages: 50  
Appendices: 6

Keywords: geothermal heating, air to water heat, repayment time

---

The purpose of this thesis was to research a new heating system to single detached house by using MagiCAD Room to calculate total heating capacity need and IDA Indoor Climate and Energy building simulation program to simulate total energy need with real weather circumstances.

After simulation is possible to calculate repayment time and think what system will be most effective and cheapest in this building.

In this thesis is also being told the principles of geothermal heating and air to water heating systems and also researched benefits of solar panels to reduce the purchase energy.

Wanted result was found in this thesis. The heating system modernisation will be based on this thesis.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tarkoitus .....	6
2	KOHTEEN ESITTELY .....	7
	Tekniset tiedot:.....	8
3	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS .....	9
3.1	Lämmitystehon laskenta .....	9
3.2	Lämmitystehontarve tulokset.....	13
4	RAKENNUSSIMULOINTI.....	15
4.1	MAGICAD Room.....	15
4.2	Room - mallin luominen .....	15
4.3	IDA ICE .....	16
4.4	IDA- mallin luominen.....	17
5	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ VAIHTOEHDOT.....	20
5.1	Maalämpöpumppu .....	21
5.2	Ilma-vesilämpöpumppu .....	22
5.3	Lisäjärjestelmävaihtoehto .....	24
6	JÄRJESTELMIEN LASKENNALLISET ENERGIANKULUTUKSET .....	25
6.1	Laskennallinen tämän hetkinen kulutus.....	25
6.2	Maalämpöpumppu .....	28
6.3	Ilma-vesilämpöpumppu .....	30
6.4	Aurinkopaneelit.....	32
7	TOTEUTUNUT KULUTUS.....	36
8	JÄRJESTELMIEN HINTATIEDOT .....	37
8.1	Maalämpöpumppu .....	37
8.2	Ilma-vesilämpöpumppu .....	38
8.3	Aurinkopaneelit.....	38
9	VUOSIKUSTANNUKSET JA TAKAISINMAKSUAIKA.....	40
9.1	Vuosikustannukset maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppu .....	40
9.2	Takaisinmaksuaika.....	46
9.2.1	Maalämpöpumppu .....	46
9.2.2	Ilma-vesilämpöpumppu .....	46
9.2.3	Aurinkopaneelit .....	47
10	YHTEENVETO .....	48

LÄHTEET.....	50
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkittiin lämmitysjärjestelmän saneerauksen kustannuksia sähkölämmitteiseen taloon. Laskelmissa otettiin huomioon laskennallinen tehontarve ja käytiin läpi toteutunutta tehontarvetta kuluneelta vuodelta. Laskennallinen tehontarve laskettiin MagiCAD – ohjelman avulla. Laskennallista lämmitysenergiatarvetta tarkasteltiin Ida ICE – simulointiohjelman kanssa. Lämmitysjärjestelmän vaihtoehtoiksi valikoitui maalämpö ja ilmavesilämpö. Laskelmissa otettiin huomioon myös kustannukset lämmönjakoverkoston rakentamisesta. Lämmönjakoverkoston toimii vesikiertoinen lattialämmitys. Vertailussa on mukana myös nykyisen järjestelmään lisäksi aurinkopaneelit joiden kokonaisenergian kulutusta laskevaa hyötyä käydään läpi.

## 1.1 Työn tarkoitus

Tarkoituksena on löytää rakennukseen uusi, vähemmän energiaa kuluttava lämmitysmuoto, joka alentaisi vuotuisia kustannuksia. Nykyinen järjestelmä kuluttaa laskennallisesti paljon sähköä, vaikka toteutunut kulutus on jäänyt viimeisen vuoden aikana matalaksi. Leudolla talvella on ollut osuutensa asiaan.

## 2 KOHTEEN ESITTELY

Kohde on 1988 valmistunut, JEO – talotehtaan valmistama talopaketti. Rakennus on eritasopohjaratkaisulla toteutettu, huonekorkeuden ollessa osassa taloa 250cm ja osassa 285cm.

Lämmöneristeenä on seinissä 170mm mineraalivilla, yläpohjassa 300mm mineraalivilla ja alapohjassa 50mm styroksi, sekä 125mm mineraalivilla. Lattia on betonilattian päälle rakennettu puukoolattu rakenne.

Ilmanvaihtokoneena on JEO Vent iv-kone, kahdella ristivirta LTO kennolla. Lämmitysjärjestelmänä on sähköinen lattialämmitys, makuuhuoneissa sähköpatterit ja kaksi tulisijaa. Takkahuoneessa on Uuniseppien Balladi kevyttakka ja keittiö/olohuoneessa 1,5m<sup>3</sup> ulkomitoiltaan oleva tulikiven valmistama leivinuuni. Käyttöveden lämmitysmuoto on sähkö.

Rakennuksen ulkoverhousmateriaali on puu ja kattomateriaalina tiili. Ikkunat ovat nelinkertaiset elementit. Tuuletusikkunat ovat lämmöneristetyt ja umpinaiset.

Rakennus sijaitsee aurinkoisella, etelään aukeavan peltoaukean reunassa.

Kohde löytyy kuvasta 1.

Kohde on rajattu keltaisella värillä.



(Kuva 1 Google maps 2017.)

Tekniset tiedot:

Taulukossa 1 on esitetty rakennuksen teknisiä tietoja

Rakennustyyppi	Pientalo
Kokonaisbruttoala m <sup>2</sup>	208
Lämmitettävä bruttoala m <sup>2</sup>	189
Huoneistoala m <sup>2</sup>	189
Huoneala m <sup>2</sup>	173
Rakennustilavuus m <sup>3</sup>	547
Lämmitettävä rakennustilavuus m <sup>3</sup>	481
Mitoitus sisälämpötila °C	21

Taulukko 1.



### 3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS

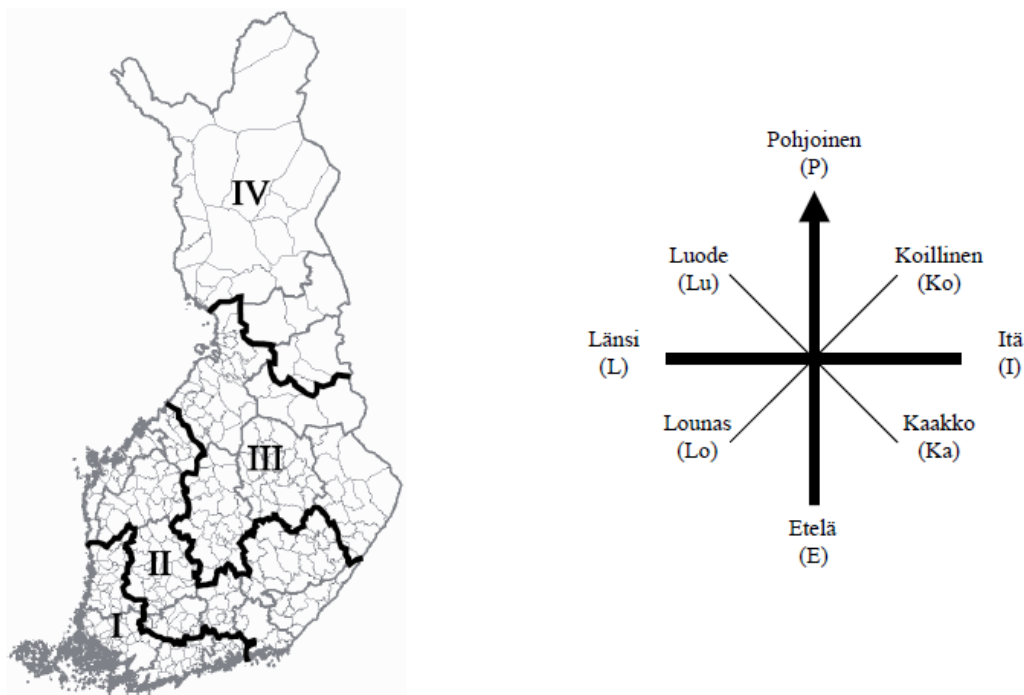
Lämmitysjärjestelmän vaihdon yhteydessä on hyvä suorittaa lämmitystehontarpeen laskenta. Tämän suoritettua on helppo mitoittaa lämmitysjärjestelmä kohteeseen.

#### 3.1 Lämmitystehon laskenta

Laskennat suoritetaan MagiCAD Room – ohjelmiston avulla. Kaavat 1-5 ovat esimerkkeinä siitä, miten lämmitystehontarve lasketaan käsin.

Lämmitystehontarve rakennukseen lasketaan yleensä tilakohtaisesti, jolloin voidaan laskea tilaan tarvittava lämmitysteho, sekä mitoittaa ja valita lämmityslaitteet rakennukseen. Lämmitystehontarve riippuu pääsääntöisesti rakenteista tulevasta johtumislämpöhäviöistä, ilmanvaihdosta ja ilmapuodoista. Lämmitystehontarpeen laskemiseen käytetään paikkakunnan mitoittavaa ulkoilmanlämpötilaa. Mitoituslämpötilat löytyvät rakennusmääräyskokoelman D3 liitteestä 2. (Lähde D3 rakentamismääräyskokoelma, viitattu 2017)

Kuvassa 2 on esitetty säävyöhykkeet ja mitoituslämpötilat.



Kuva L2.1. Sävyöhykkeet.

Taulukko L2.1.		Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri sävyöhykkeillä.	
Sävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	
I	-26	5,3	
II	-29	4,6	
III	-32	3,2	
IV	-38	-0,4	

(Kuva 2 Rakennusmääräyskokoelma D3)

Jos ilmanvaihtoon tuleva ulkoilma tai osa siitä tuodaan suoraan ulkoilmasta tai matalammassa lämpötilassa kuin huonelämpötila, on sen lämmittämiseen tarvittava teho otettava huomioon tilakohtaisten lämmityslaitteiden mitoituksessa. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmittävä tuloilma otetaan huomioon ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoituksessa. Rakennuksen tilakohtainen lämmitystehontarve saadaan lämmitystehontarpeiden summasta, johon lisätään ilmanvaihtojärjestelmästä riippumatta mahdollinen tuloilman lämmitystehontarve, sekä käyttöveden lämmityksen tehontarve. (Lähde D3 rakentamismääräyskokoelma, viitattu 2017)

Auringon säteilemää lämpöä ei huomioida tehontarpeen laskennassa. Rakennuksen sisällä olevat lämpökuormat huomioidaan tehontarpeeseen vain niiden ollessa mer-

kittäviä ja jatkuvia. Rakenteiden lämpökapasiteetti huomioidaan epäjatkuvan lämmityksen mitoituslämmitystehoa laskettaessa. (Lähde D3 rakentamismääräyskokoelma, viitattu 2017)

Lämmöntuottolaitteet pystytään mitoittamaan lasketusta lämmitystehontarpeesta poikkeavasti. Esimerkiksi, jos varaavan järjestelmän varaajaan tai varaaviin rakenteisiin pystytään tuomaan muutamassa tunnissa koko vuorokautinen energia, tällöin teho on moninkertainen tarvittavaan lämmitystehontarpeeseen. Suuret hetkittäiset tehohuiput lämpimässä käyttövedessä voidaan ottaa varaajasta, jolloin varaaja voidaan lämmitellä hitaammin ja pienemmällä teholla uutta käyttöä varten. (Lähde D3 rakentamismääräyskokoelma, viitattu 2017)

Osa-aikaisessa, sekä jaksollisessa lämmityksessä laitteiden mitoitus riippuu voimakkaasti palautuslämmityksen aikaisesta tehontarpeesta. Siihen vaikuttavat rakenteiden lämpökapasiteetti (massiivisuus), palautuslämpöaika, lämmitysjakson pituus ja lämpötilan sallittu lasku. (Lähde D3 rakentamismääräyskokoelma, viitattu 2017)

Laskemalla yhteen rakennuksen tehontarpeet saadaan kokonaislämmitystehontarve kaavalla 1.

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \frac{\phi_{\text{tila}}}{\eta_{\text{tilalämmitys}}} + \frac{\phi_{\text{tuloilmapatteri}}}{\eta_{\text{tuloilma}}} + \frac{\phi_{\text{ikv}}}{\eta_{\text{ikv}}}$$

jossa

$\phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
$\phi_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{ikv}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\eta_{\text{tilalämmitys}}$	tilalämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{tuloilma}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{ikv}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -

Mikäli järjestelmien hyötysuhdetta mitoitusolanteessa ei tunneta, voidaan hyötysuhteena käyttää arvoa 0,9. Suoraan sisäilmaa tai tuloilmaa lämmittävän sähkölämmityksen hyötysuhteena voidaan kuitenkin yleensä käyttää arvoa 1,0.

Kaava 1.

Järjestelmien hyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,9, jos hyötysuhdetta mitoituslanteessa ei tunneta. Sisäilmaa ja tuloilmaa sähköllä lämmittävän lämmityksen hyötysuhteena voidaan kuitenkin käyttää yleensä arvoa 1,0.

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon laskentaan käytetään kaavaa 2.

$$\dot{\phi}_{\text{tila}} = \dot{\phi}_{\text{joht}} + \dot{\phi}_{\text{vuotoilma}} + \dot{\phi}_{\text{tuloilma}} + \dot{\phi}_{\text{korvausilma}}$$

jossa

$\dot{\phi}_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\dot{\phi}_{\text{joht}}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\dot{\phi}_{\text{tuloilma}}$	teho tuloilman lämmittämiseen tilassa, W
$\dot{\phi}_{\text{korvausilma}}$	teho korvausilman lämmittämiseen tilassa, W.

Kaava 2.

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho lasketaan kaavalla 3.

$$\dot{\phi}_{\text{joht}} = \dot{\phi}_{\text{ulkoseinä}} + \dot{\phi}_{\text{yläpohja}} + \dot{\phi}_{\text{alapohja}} + \dot{\phi}_{\text{ikkuna}} + \dot{\phi}_{\text{ovi}} + \dot{\phi}_{\text{muu}} + \dot{\phi}_{\text{kylmäsilto}}^{\text{il}}^{\text{il}}$$

jossa

$\dot{\phi}_{\text{joht}}$	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{alapohja}}$	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{ikkuna}}$	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{ovi}}$	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
$\dot{\phi}_{\text{muu}}$	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, W
$\dot{\phi}_{\text{kylmäsilto}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W.

Kaava 3.

Rakennusosien läpi menevät lämpöhäviötehot lasketaan jokaiselle rakennusosalle kaavalla 4. Lämpöhäviötehot kylmäsiltojen läpi lasketaan kaavalla 5.

$$\dot{\phi}_i = \sum U_i A_i (T_s - T_{u,mit})$$

Kaava 4.

$$\phi_{\text{kylmäsilta}} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_{u,\text{mit}})$$

joissa

$\phi_i$	johtumislämpöteho rakennusosan i läpi, W
$\phi_{\text{kylmäsilta}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W
$U_i$	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$A_i$	rakennusosan i pinta-ala, m <sup>2</sup>
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,\text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
$l_k$	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
$\Psi_k$	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K).

Kaava 5.

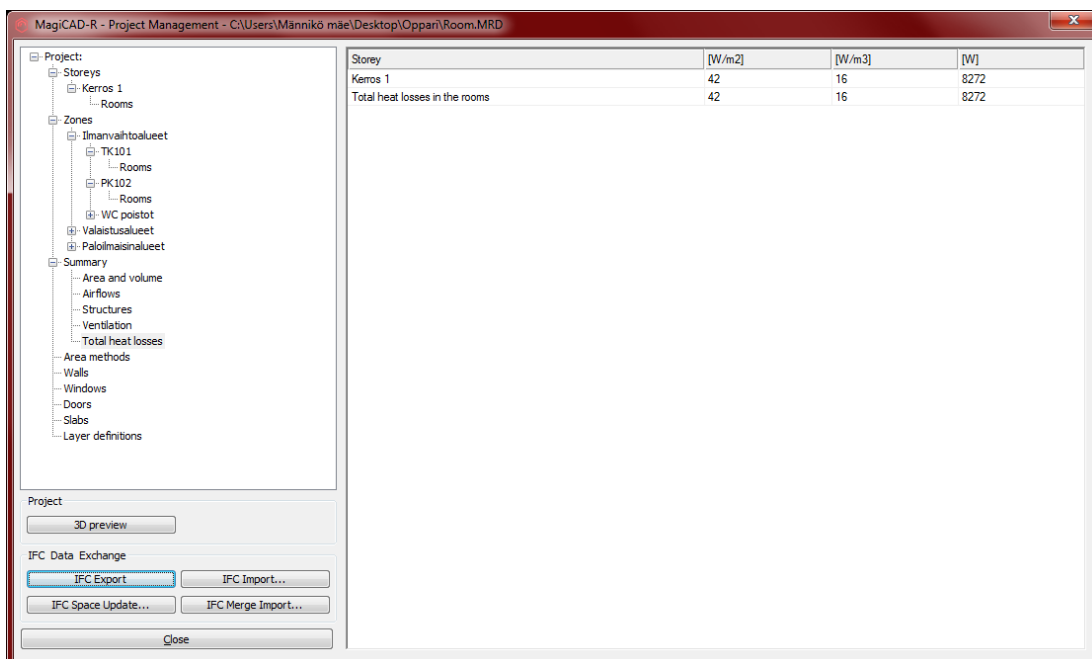
### 3.2 Lämmitystehontarve tulokset

MagiCAD Room ohjelmalla saatiin rakennuksen kokonaislämmitystehon tarpeeksi 8272W, eli 8,2 kW. Tulokset esitettynä kuvassa 3.

Rakennuksen lämmitystehontarve on suuri.

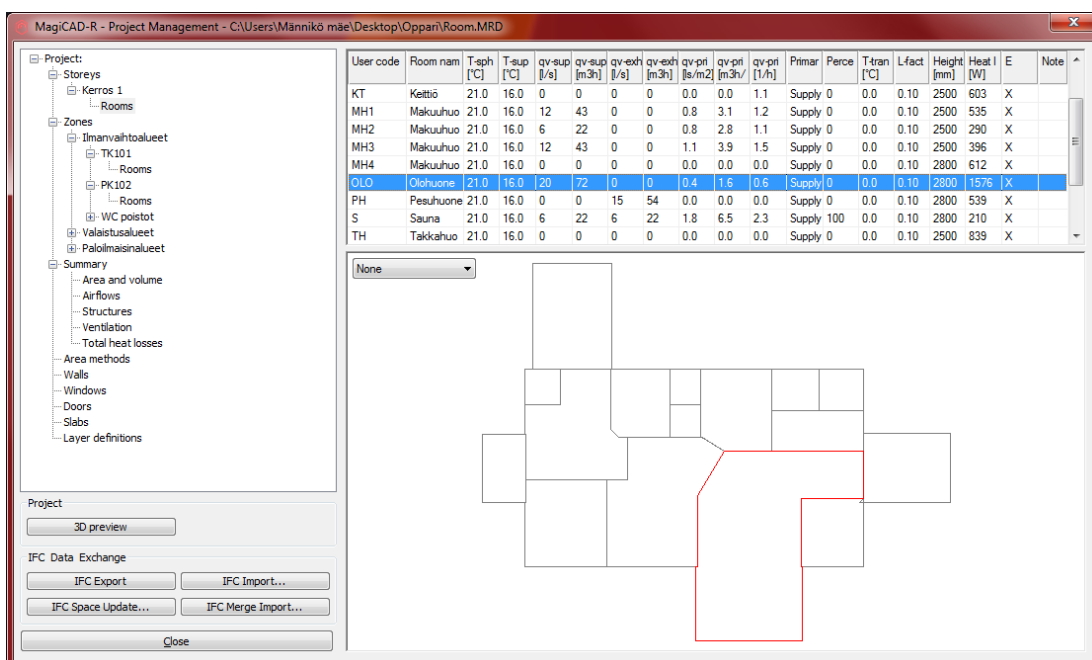
Tämä johtuu pinta-alasta, tilavuudesta, ilmanvaihdon tarpeesta, lämmöneristeiden paksuudesta ja niiden U-arvoista, sekä ikkunoiden ja ovien pinta-aloista ja niiden U-arvoista.

Lämmitystehontarvetta pystyisi pienentämään esimerkiksi lisäämällä yläpohjan ja seinien eristevahvuutta.



(Kuva 3 MagiCAD)

Kuvassa 4 näkyy tehontarve huonekohtaisesti. Isoimpana tehontarvitsijana olohuone johtuen korkeasta huonetilasta ja neliömäärästä.



(Kuva4 MagiCAD)

## 4 RAKENNUSSIMULOINTI

Lämmitystehontarpeen ja lämmitysenergian kulutusta laskettiin käyttämällä MagiCAD Room ja IDA ICE ohjelmaa.

Lämmitystehotarpeen määrittäminen suoritettiin MagiCAD Room ohjelmistolla ja IDA ICE simulointi ohjelmalla simulointiin lämmitysenergian tarvetta

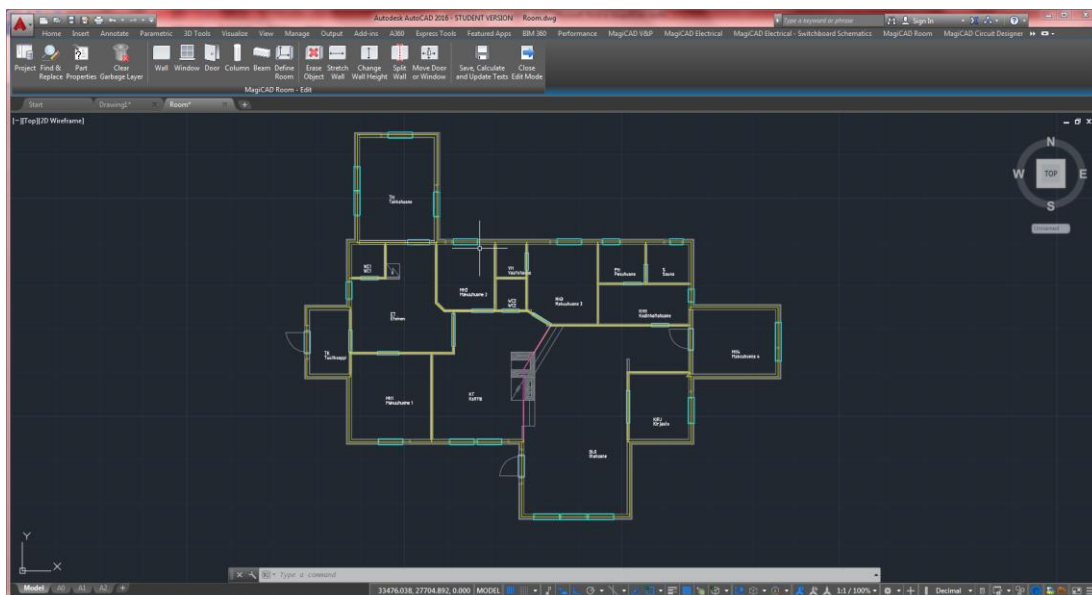
### 4.1 MAGICAD Room

MagiCAD Room toimii AutoCAD:n liitännäisenä. Kyseisellä ohjelmalla luodaan rakennuksesta 3D tilamalli. Rakennuksen teknisiin ja geometrisiin tietoihin perustuva tilamalli on samalla tilatietokanta sekä analyysien ja laskelmien perusta. (Lähde Progman Oy, viitattu 2017)

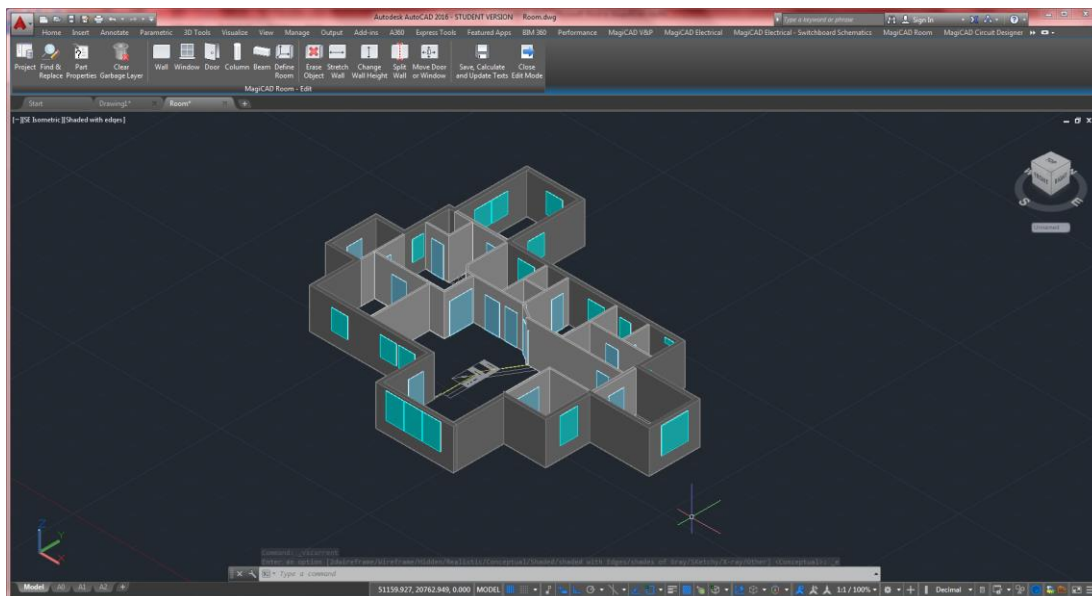
### 4.2 Room - mallin luominen

Rakennuksen simulointia ennen tehtiin rakennuksesta IFC – malli käyttäen apuna MagiCAD Room ohjelmaa. AutoCAD:lla piirrettyyn kuvaan mallinnettiin ulkoseinät, väliseinät, ikkunat, ulko-ovet, väliovet, ylä- ja alapohja.

Mallinnus esitetty kuvassa 5 ja 6.



(Kuva5 MagiCAD Top näkymä)



(Kuva 6 MagiCAD SE Isometric näkymä)

Kuvassa 5 oleva violetti viiva on virtuaalisena keittiön ja olohuoneen välillä. Virtuaalisena on lisätty laskemista varten sen vuoksi, että olohuone on porrastettu 30 cm alemmas, huonekorkeuden ollessa näin 30 cm korkeampi. Todellisuudessa olohuone ja keittiö ovat samaa tilaa.

Room – mallintamisen jälkeen rakennuksesta luodaan ifc tiedosto, joka siirretään IDA ICE:n.

### 4.3 IDA ICE

IDA ICE on simulointiohjelmisto, jonka avulla voidaan tutkia rakennuksen koko energiankulutusta ja lämpötasetta. IDA ICE:ssa käytettävät fysikaaliset mallit pohjautuvat parhaimpiin saatavilla oleviin malleihin ja viimeisimpään tutkimustietoon. Laskelmien tulokset ovat yhtäpitäviä mittausten kanssa. (Lähde IDA ICE, viitattu 2017)



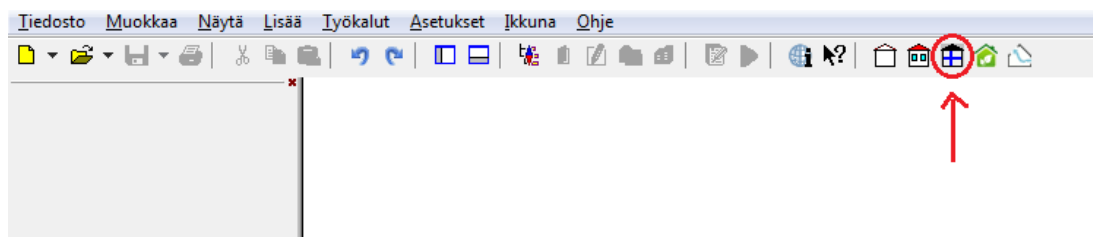
Ohjelman avulla on helppo rakentaa ja simuloida niin yksinkertaisia kuin monimutkaisiakin malleja. Mallia voi hioa askeleittain ja saada aina sekä 3D graafista, että taulukkomuotoista palautetta. Työskentely tapahtuu yhdessä ohjelmassa ja yhtenäisesti on mahdollista työstää useampaa eri tehtävää. (Lähde IDA ICE, viitattu 2017)

#### 4.4 IDA- mallin luominen

MagiCAD Roomilla luotu ifc tiedosto avataan IDA ICE -ohjelman kanssa.

Aloitetaan luomalla vyöhyke.

Toiminto näytetään kuvassa 7.

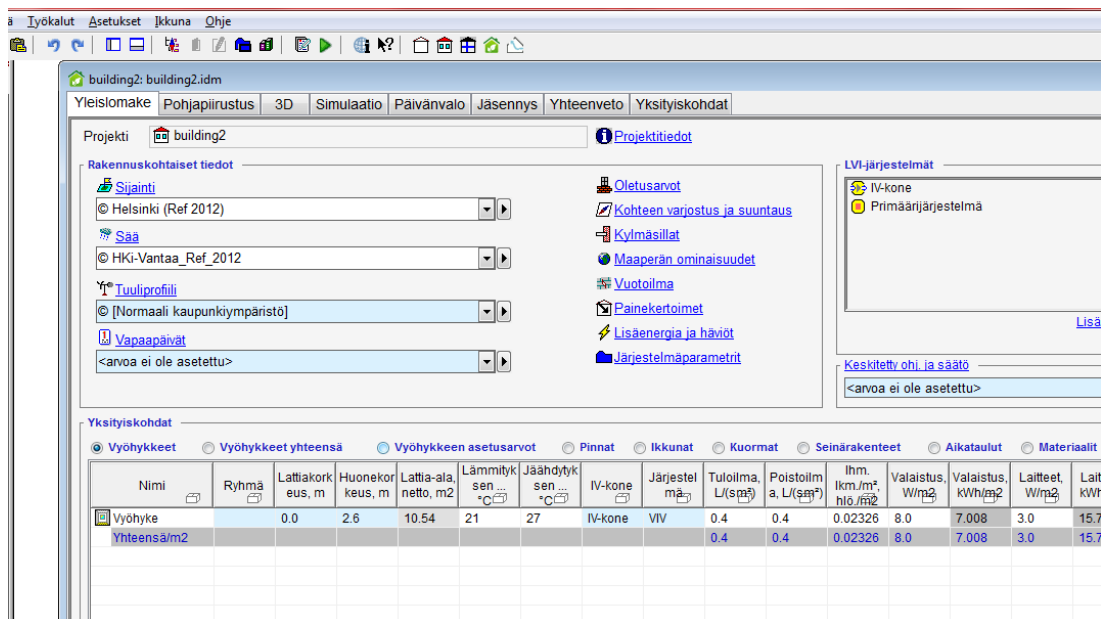


(Kuva 7 IDA ICE)

Kyseisen kuvakkeen alta valitaan *erillinen pientalo* -> *yhden asunnon talot*

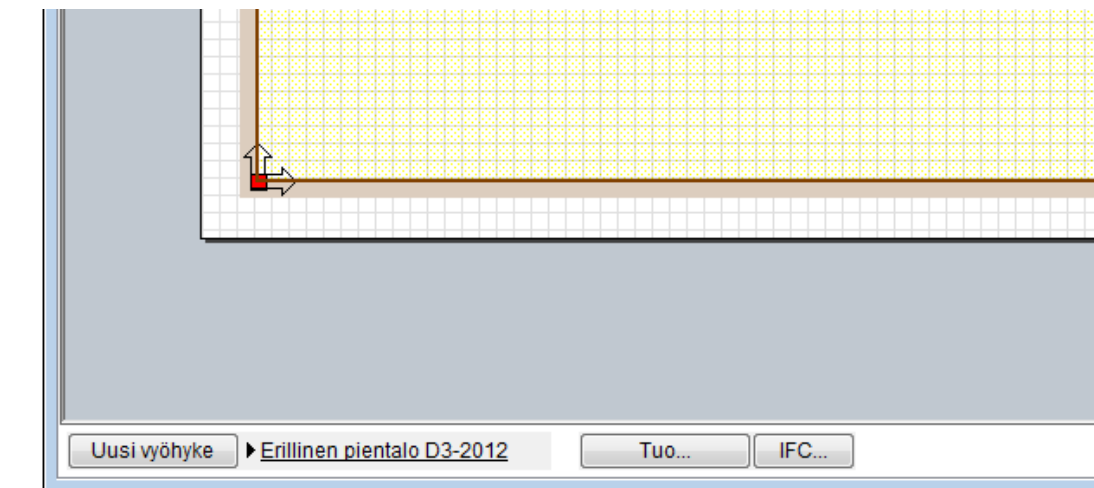
Tällä toiminnolla saadaan vyöhykkeeseen D3 rakennusmääräyskokoelman asetusarvot.

Näytölle aukeavasta sivusta valitaan *Pohjapiirustus* välilehti. Kuva 8.



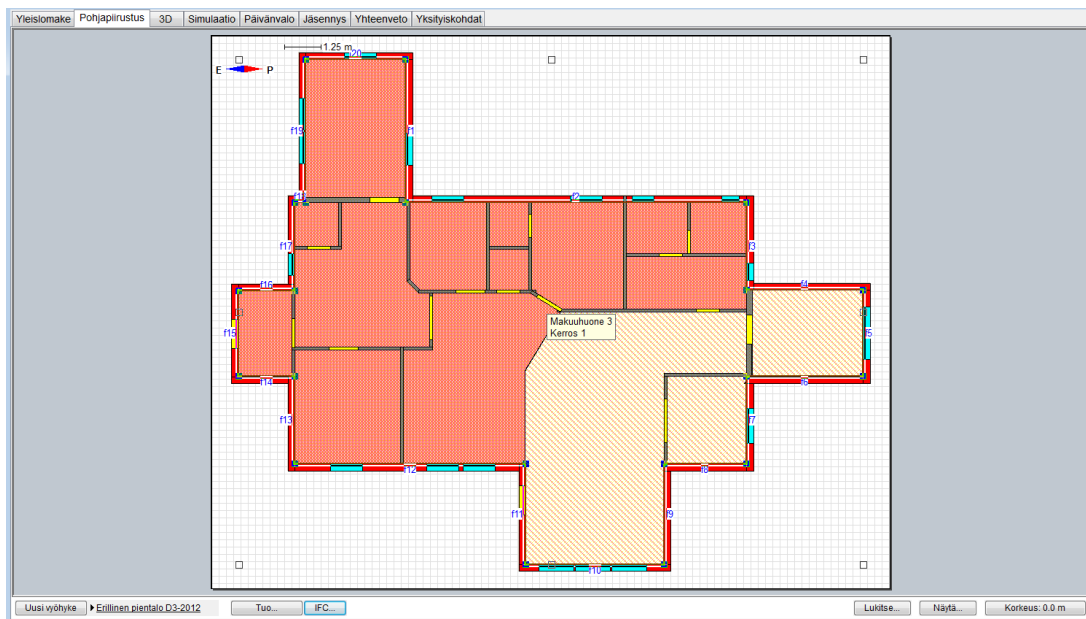
(Kuva 8 IDA ICE)

Pohjapiirustus -välilehden alareunasta saadaan tuotua ifc tiedosto valitsemalla **Tuo** tai **IFC**. Kuva 9



(Kuva 9 IDA ICE)

Tämän jälkeen kuvasta klikataan huoneet jotka halutaan mukaan vyöhykkeeseen. Tässä tapauksessa kaikki huoneet klikataan aktiiviseksi. **Uusi vyöhyke**- komennolla saadaan rakennuksesta nyt luotua vyöhyke. Kuva 10.



(Kuva 10 IDA ICE)

*Yleislomake* -välilehdessä on nyt nähtävissä rakennuksen eri tilat eriteltynä.

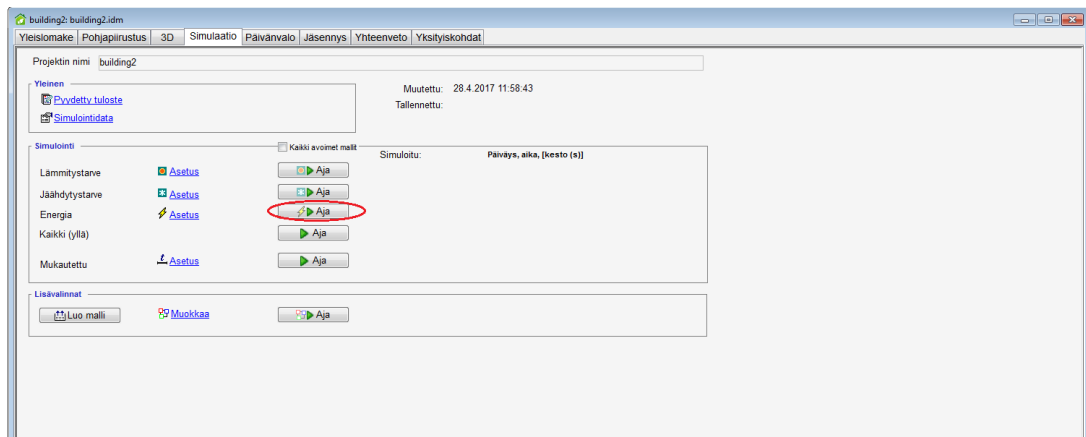
Rakennuksen primäärijärjestelmä, iv-kone, varjostukset, suuntaus, sijainti, sääolosuhteet ja lämmönjakojärjestelmän muutokset suoritetaan ennen simulointia. Kuva 11.

**Yksityiskohdat**

Nimi	Ryhmä	Lattajakor. eus. m	Huonekor. keus. m	Lattia-ala, netto, m <sup>2</sup>	Lämmityksen t <sub>in</sub> , °C	Jäähdytyksen t <sub>in</sub> , °C	IV-kone	Järjestelmä	Tuloilma, L(sps)	Poistoilma, L(sps)	Ihm. ikm./m <sup>2</sup> h	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Valaistus kWh/m <sup>2</sup>	Laitteet W/m <sup>2</sup>	Laitteet kWh/m <sup>2</sup>	Ulkokäyttöaloiden ala, m <sup>2</sup>	Läsnäoloaika, tunti	Valaistus käyttöaika, tunti	Laitteiden käyttöaika, tunti	Ilmanvaihtokoneet
Eleinen	Eleinen	0.0	2.5	18.91	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	1.0125	0	0	0	0
Kellitö	Kellitö	0.0	2.5	25.0	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	2.88	0	0	0	0
Kodinhuone	Kodinhuone	0.0	2.8	7.968	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.81	0	0	0	0
Makuuhuone 1	Makuu...	0.0	2.5	14.6	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	1.485	0	0	0	0
Makuuhuone 2	Makuu...	0.0	2.5	8.204	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	1.485	0	0	0	0
Makuuhuone 3	Makuu...	0.0	2.5	11.74	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	1.485	0	0	0	0
Pesuhuone	Pesuh...	0.0	2.8	3.987	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.18	0	0	0	0
Sauna	Sauna	0.0	2.8	3.577	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.18	0	0	0	0
Takkahuone	Takkah...	0.0	2.5	16.33	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	5.9393	0	0	0	0
Tuulikaappi	Tuulik...	0.0	2.5	5.543	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.0	0	0	0	0
Vaatehuone	Vaateh...	0.0	2.5	2.266	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.0	0	0	0	0
WC1	WC1	0.0	2.5	2.476	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.0	0	0	0	0
WC2	WC2	0.0	2.5	2.172	21	27	IV-kone	VIV	0.4	0.4	0.02326	8.0	7.008	3.0	15.77	0.0	0	0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>WC2</b>	<b>0.0</b>	<b>2.5</b>	<b>2.172</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>IV-kone</b>	<b>VIV</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.02326</b>	<b>8.0</b>	<b>7.008</b>	<b>3.0</b>	<b>15.77</b>	<b>2.037</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

(Kuva 11 IDA ICE)

Tämän jälkeen suoritetaan *Simulaatio* -välilehdeltä *Energia* simulointi. Kuva 12



(Kuva 12 IDA ICE)

Simuloinnin jälkeen päästään tarkastelemaan tuloksia *Yhteenveto* -välilehdeltä. Kuva 13

Yhteenveto																	
Vyötyke	Ryhmä	Vyötyk- yksikö- määrä	Minimä- lämpö- teho	Maksimä- lämpö- teho	Operati- vni	Operati- vni	Maksimä- lämpö- teho	Huone- lämpö- teho	Maksimä- lämpö- teho	Huone- lämpö- teho	Ilman- lämpö- teho	Maksimä- lämpö- teho	Maksimä- lämpö- teho	Maksimä- lämpö- teho	Min RH%- %	Maks RH%- %	Maks CO2- pääst.
Eteinen	Eteinen	1	18.8	31.1	19.4	30.9	32.13	38.19	10.54	0.0	13.73	0.4416	0.4024	21.99	6.15	70.56	588.3
Kettilä	Kettilä	1	14.9	32.3	15.5	32.1	0.0	0.0	14.15	0.0	11.66	0.4417	0.408	52.94	6.595	65.29	586.9
Käytävä	Käytävä	1	16.5	32.9	17.2	32.7	35.3	38.62	8.773	0.0	12.55	0.4415	0.4057	71.67	6.886	64.29	577.1
Käytävä	Käytävä	1	18.5	30.6	19.1	30.5	32.29	37.29	11.14	0.0	13.61	0.4415	0.4028	21.91	6.301	67.11	587.3
Makuuhuone 1	Makuuhuone 1	1	21.0	31.2	20.8	31.0	29.2	47.44	9.692	0.0	14.83	0.4416	0.3995	47.55	5.292	66.72	581.8
Makuuhuone 2	Makuuhuone 2	1	21.0	30.6	20.8	30.3	30.19	47.8	7.918	0.0	14.82	0.4415	0.3995	41.09	5.325	71.01	584.2
Makuuhuone 3	Makuuhuone 3	1	21.0	31.8	20.9	31.6	24.42	41.96	8.603	0.0	14.83	0.4415	0.3994	41.75	5.339	68.92	584.9
Makuuhuone 4	Makuuhuone 4	1	21.0	33.6	20.8	33.7	48.4	68.01	9.355	0.0	14.83	0.4415	0.3995	81.62	5.242	67.96	572.5
Olohuone	Olohuone	1	17.7	33.9	19.5	33.8	35.12	39.16	13.42	0.0	13.14	0.4416	0.4039	62.31	5.414	64.2	584.7
Pesuhuone	Pesuhuone	1	17.6	32.9	18.1	32.8	33.95	37.04	10.05	0.0	13.13	0.4417	0.4044	83.84	6.597	70.43	580.0
Sauna	Sauna	1	16.8	30.1	17.4	30.1	34.77	37.69	8.081	0.0	12.84	0.4417	0.4055	16.82	6.774	74.88	570.4
Takkahuone	Takkahuone	1	14.9	39.4	15.7	39.4	36.3	39.56	12.91	0.0	11.76	0.4415	0.4079	81.5	6.851	65.58	576.3
Tuokio	Tuokio	1	15.1	29.9	15.7	28.7	37.16	38.08	6.9	0.0	12.03	0.4416	0.4076	0.0	7.415	79.67	569.3
Vaatehuone	Vaatehuone	1	16.5	29.3	17.1	29.2	1.787	0.0	15.74	0.0	12.55	0.4415	0.4057	0.0	6.939	76.09	579.8
WC1	WC1	1	17.6	31.5	18.1	31.4	33.59	36.45	10.87	0.0	13.21	0.4417	0.4041	0.0	6.457	73.01	577.4
WC2	WC2	1	19.4	29.7	19.7	29.6	30.27	34.81	7.79	0.0	14.02	0.4417	0.4017	0.0	5.949	73.17	590.3
<b>Yhteensä</b>																	

(Kuva 13 IDA ICE)

## 5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ VAIHTOEHDOT

Vaihtoehtoisiksi lämmitysjärjestelmälle kohteeseen on valittu maa- ja ilma-vesilämpöpumppu. Järjestelmät vaativat myös vesikiertoisen patteri- tai lattialämmi-

tysverkoston joita kohdetalossa ei ole kumpaakaan. Laskelmissa on otettu huomioon vesikiertoisen lattialämmityksen kustannukset.

## 5.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla hyödynnetään maaperän pintakerrokseen tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Yleisin maalämmön talteenottotapa on kallioon porattu lämpökaivo. Riippuen tontin koosta, voidaan lämpö kerätä myös noin metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla. Vesistöjen lähellä keruuputkisto voidaan ankkuroida painoilla pohjaan. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Keruuputkistossa kiertää neste, (pääsääntöisesti glykoli, tai muu jäätyvätön) joka lämpenee matkansa aikana muutaman asteen. Maaperästä keruupiirin nesteeseen siirtynyt lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Höyrystynyt kylmäaine puristetaan kompressorilla korkeampaan lämpötilaan. Tämän jälkeen kylmäaine lauhtuu lämpöpumpun lauhduttimessa jälleen nesteeksi ja luovuttaa lämpöä sekä lämmönjakoon että lämpimään käyttöveteen. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Maalämpöjärjestelmää suunnitellessa on erittäin tärkeää mitoittaa keruuputkisto oikein. Maalämpöpumpun kompressorin käyttää sähköä toimiakseen. Lämpöpumpun lämmöstä noin 2/3 on uusiutuvaa lämpöä maaperästä ja 1/3 on tuotettu sähköllä. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Maalämpöpumpun lämmönjakotavaksi soveltuu erittäin hyvin vesikiertoinen lattialämmitys. Nykyisillä maalämpöpumpuilla päästään lähes yhtä hyvin lämpökertoimiin myös vesikiertoisella patterijärjestelmällä. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

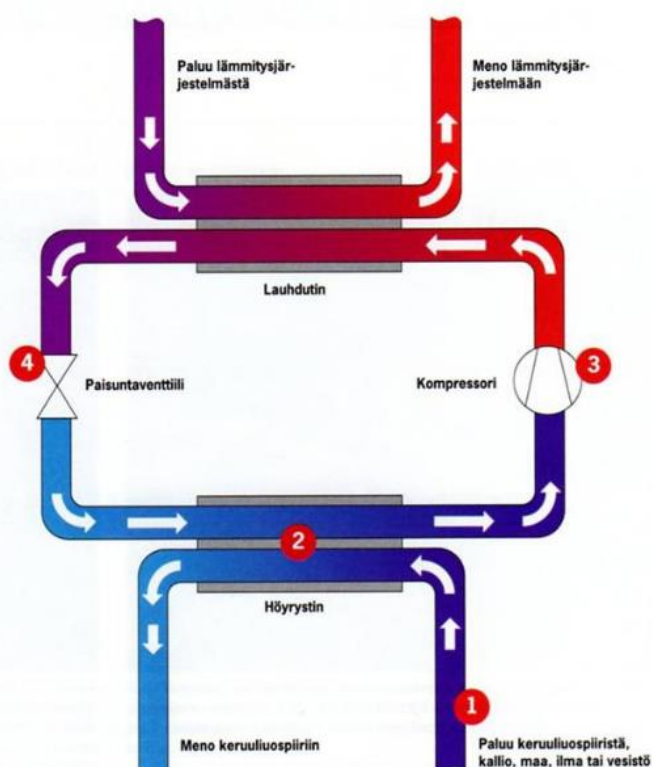
Lämpöpumpun hankintakustannus on tuntuvan suuri, mutta alhaiset käyttökustannukset tuovat investoinnin takaisin jo muutamassa vuodessa. Mitä suurempi lämmitysenergiankulutus on, sitä kannattavammaksi maalämpö tulee. Maalämpöpumppu

on helppokäyttöinen ja vaatii vain vähän huolto- ja tarkistustoimia. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Kuvassa 14 esitetään lämpöpumpun toimintaperiaate.

## Näin lämpöpumppu toimii

1. Lämmönkeruuneste<sup>1</sup> kiertää keruuputkistossa ja kerää lämpöenergiaa kalliosta, maaperästä, ilmasta tai vedestä.
2. Lämmönvaihtimessa (höyrystin) haalea lämmönkeruuneste kohtaa lämpöpumpun jääkylmän kylmäaineen, jonka lämpötila nousee muutamien asteen, jolloin se höyrystyy.
3. Tämän jälkeen kompressorin puristaa höyrystyneen kaasun korkeaan paineeseen, jolloin se lämpenee ja lämpö johdetaan lämmönvaihtimen (lauhdutin) kautta talon lämmitysjärjestelmään.
4. Kylmäaineen<sup>2</sup> kiertäminen jatkuu ja paisuntaventtiilissä sen paine laskee ja kylmäaine tulee jälleen jääkylmäksi. Tästä prosessi alkaa uudelleen kun jääkylmä kylmäaine kohtaa haalean lämmönkeruunesteen.



(Kuva 14 [www.uusiutuva.fi](http://www.uusiutuva.fi))

### 5.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja siirtää sen sekä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään että lämpimään käyttöveteen. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Järjestelmällä voidaan hoitaa koko rakennuksen lämmitystarve, mutta kylmimpinä aikoina se tarvitsee varajärjestelmän. Toimintaperiaate ilma-vesilämpöpumpussa on sama kuin muissakin lämpöpumpuissa. Ulkolämpötilan laskiessa pakkaselle saadaan ilma-vesilämpöpumpulla vähemmän lämmitysenergiaa verrattuna säähän, jolloin lämpötila on nollan yläpuolella. Pakkasen kiristyessä  $-20\text{ °C}$ :een rakennuksen lämmitystarvetta ei pystytä kattamaan ilman lämmityksen varajärjestelmää. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Kun lämmitystarve on suurimmillaan, tuottaa ilma-vesilämpöpumppu vähiten energiaa. Rinnalla tarvitaan silloin toinen lämmitysjärjestelmä. Varajärjestelmänä käytetään yleensä pumpun omia sähkövastuksia, joilla katetaan lämmitystarve kovimpien pakkasten aikana. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Lämmityskauden aikana länsirannikolla on vain vähän sellaisia päiviä, jolloin ilma-vesilämpöpumpun teho ei riitä. Tulisijojen käyttö kovimpien pakkasten aikaan on tehokas tapa vähentää ostoenergian kulutusta. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Ilma-vesilämpöpumpun hankintahinta on halvempi kuin maalämmössä ja se voidaan asentaa sellaisiin kohteisiin, joihin maalämpöpumpun asennus ei maaperän laadusta johtuen ole mahdollista. Järjestelmä on helppo asentaa myös jo olemassa olevaan taloon, joihin se voidaan asentaa vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle tai rinnalle. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

Vuotuinen lämpökerroin ilma-vesilämpöpumpulla on noin 2,0, eli se tuottaa lämpöä 2 kWh jokaista käyttämänsä sähkö-kWh:ta kohden. (Lähde Suomen lämpöpumppuyhdistys, viitattu 2017)

### 5.3 Lisäjärjestelmävaihtoehto

Vertaillaan myös tilannetta, jossa nykyisen primäärijärjestelmän rinnalle asennetaan lisäenergiantuottojärjestelmä aurinkopaneeleiden muodossa.

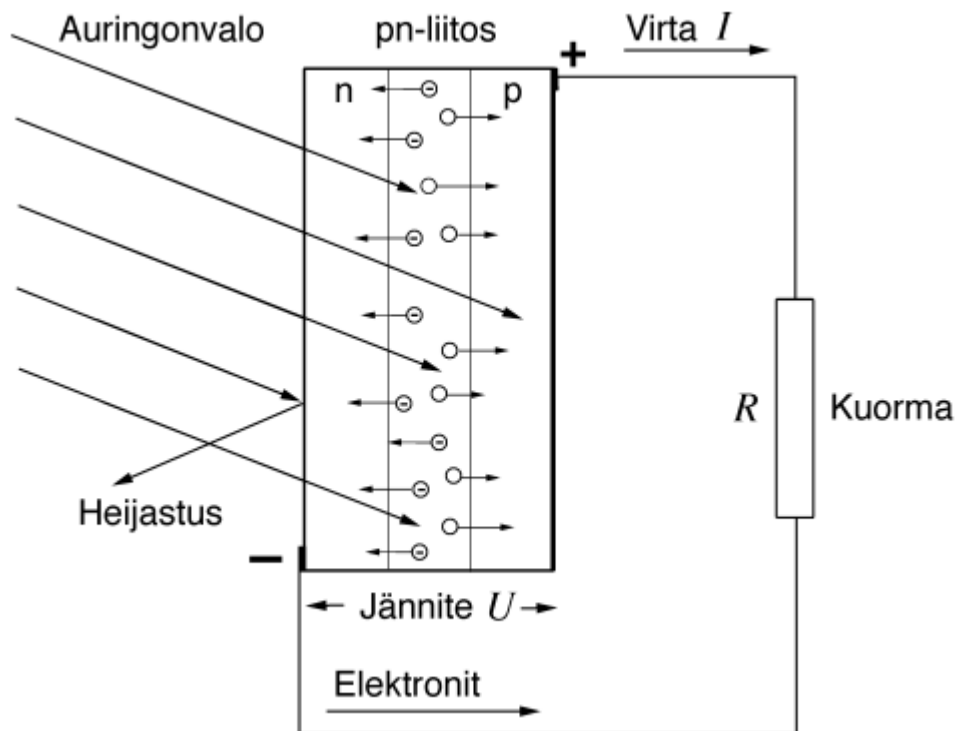
Aurinkokennossa auringonvalo muutetaan suoraan sähkövirraksi. Periaatteessa aurinkokenno on suuri fotodiodi, jossa on kaksi erityyppistä puolijohdemateriaalia, p ja n. Auringonvalon kohdistuessa kennoon ainakin osalla valohiukkasista on niin suuri energia, että ne läpäisevät ohuen pintakerroksen läpi pn -liitokseen ja voivat muodostaa elektroni-aukkopareja. Pn -liitoksen lähellä muodostuvista pareista elektronit kulkeutuvat n -puolelle ja aukot p -puolelle. (Lähde Suntekno Oy, viitattu 2017)

Yleisin aurinkokennoissa käytettävä materiaali on pii (Si) . Kennot ovat yleensä yksi- ja monikiteisiä. Kiteisten piikennojen paksuus on yleensä noin. 0,2-0,3 mm ja pintaalat yleensä (90-160)mm x (120-160)mm. (Lähde Suntekno Oy, viitattu 2017)

Aurinkopaneelit asennetaan yleensä vesikatteen päälle, jossa eivät vie tilaa pihaympäristöstä. (Lähde Suntekno Oy, viitattu 2017)

Kuvassa 15 aurinkopaneelin toimintaperiaate.





(Kuva 15 Suntekno Oy)

## 6 JÄRJESTELMIEN LASKENNALLISET ENERGIANKULUTUKSET

Rakennuksessa on tällä hetkellä sähköinen lattialämmitys muissa tiloissa, paitsi makuuhuoneissa, keittiössä ja vaatehuoneessa. Makuuhuoneissa on sähköpatterit. Keittiö on yhteistä tilaa olohuoneen kanssa ja siellä sijaitsee leivinuuni jota käytetään talviaikaan päivittäin. Vaatehuoneessa on lämminvesivaraaja, jonka hukkalämpö lämmittää kyseistä tilaa.

### 6.1 Laskennallinen tämän hetkinen kulutus

Laskennallista kulutusta vertailtiin D3 rakennusmääräyksen mukaisilla ilmamäärillä ja rakennukseen asetetuilla ilmamäärillä.

**Sahkola** = Sähköinen lämmitys D3 ilmamäärillä

Mallinnus perustuu sähköisiin lattialämmityksiin ja pattereihin. Mallinnus on D3-2012 mukainen. Vuotoilma D3-2012 kohta 4.3.3 ja 2.3.2 (tasauslaskennan mukainen vuoto, 1-kerroksinen rakennus)

**Sahkola1** = Sähköinen lämmitys rakennukseen säädetyillä ilmamäärillä

Mallinnus perustuu sähköisiin lattialämmityksiin ja pattereihin. Mallinnus on D3-2012 mukainen. Vuotoilma D3-2012 kohta 4.3.3 ja 2.3.2 (tasauslaskennan mukainen vuoto, 1-kerroksinen rakennus)

Ostoenergian kulutus näkyy kuvassa 16 ja kokonaisenergian kulutus kuvassa 17.

### Ostoenergia

		Sahkola		Sahkola1	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0
■	LVI sähkö	1569	8.3	1334	7.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	15508	81.9	16049	84.7
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>18405</b>	<b>97.2</b>	<b>18711</b>	<b>98.8</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>18405</b>	<b>97.2</b>	<b>18711</b>	<b>98.8</b>
□	Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>2987</b>	<b>15.8</b>	<b>2987</b>	<b>15.8</b>
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
	<b>Yhteensä, Tuotettu sähkö</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>21392</b>	<b>113.0</b>	<b>21698</b>	<b>114.6</b>

(Kuva 16 IDA ICE)

## Kokonaisenergia

		Sahkola		Sahkola1	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	2257	11.9	2257	11.9
■	LVI sähkö	2667	14.1	2268	12.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	26363	139.2	27283	144.1
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>31287</b>	<b>165.2</b>	<b>31808</b>	<b>167.9</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>31287</b>	<b>165.2</b>	<b>31808</b>	<b>167.9</b>
□	Laitteet, asukas	5079	26.8	5079	26.8
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>5079</b>	<b>26.8</b>	<b>5079</b>	<b>26.8</b>
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
	<b>Yhteensä, Tuotettu sähkö</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>36366</b>	<b>192.0</b>	<b>36887</b>	<b>194.8</b>

(Kuva 17 IDA ICE)

Yllä olevista taulukoista käy ilmi rakennuksen (Sahkola1) tämän hetkinen laskennallinen energiankulutus. Pelkästään jo säätämällä ilmanvaihto vastaamaan D3 määräyksiä, olisi rakennuksessa mahdollista säästää kokonaisenergiakulutuksessa 521 kWh.

Valaistuksen ja laitesähkön arvot ovat simulointiohjelman esiarvoja. Niiden tarkka arviointi on hankalaa.

Rakennuksen lämmittämiseen tarvittava energia olisi euroissa n. **2259,79€**

Kustannus saadaan kun ostoenergian LVI sähkö ja kiinteistön sähkölämmitykseen käyttämä energian määrä kerrotaan kWh:n hinnalla.

Laskennassa käytetty kWh:n hintana 0,13€/kWh

**LVI sähkö + Sähkölämmitys, kiinteistö = lämmitykseen tarvittava energia**

**1334 kWh+16049 kWh= 17383 kWh**

**17383kWh \* 0,13€/kWh = 2259,79 €**

Kyseistä summaa käytetään, kun vertaillaan vaihtojärjestelmän vuosittaisia kustannuksia ja pystytään laskemaan takaisinmaksuaika.

## 6.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppuna laskelmissa on simulointiohjelmiston vaihtoehdoista IVT Greenline ht Plus E11. Porakaivon syvyytenä simuloinnissa käytettiin 190 metriä.

Pumpulle luvataan Cop (hyötysuhde) arvoa 4.3 Tiedot esitetty kuvassa 18.

Nimi	Kuvaus	P_H	Cop	Dtlog_Evap	Dtlog_Cond	Liqtypee	Tfreeze	Liqtypec	Tfreezec	T_Brinee_In	T_Brinee_Out	T_Brinec_In	T_Brinec_Out
IVT Greenline ...		10.1	4.3	8	8	Water	0	Water	0	0	-3	30	35

(Kuva 18 IDA ICE)

**Sahkola** = Sähköinen lämmitys rakennukseen säädetyillä ilmamäärillä

Mallinnus perustuu sähköisiin lattialämmityksiin ja pattereihin. Mallinnus D3-2012 mukainen. Vuotoilma D3-2012 kohta 4.3.3 ja 2.3.2 (tasauslaskennan mukainen vuoto, 1-kerroksinen rakennus)

**Maalampo** = Maalämpö

Mallinnus perustuu vesikiertoiseen lattialämmitykseen 35/30. Mallinnus D3-2012 mukainen. Vuotoilma D3-2012 kohta 4.3.3 ja 2.3.2 (tasauslaskennan mukainen vuoto, 1-kerroksinen rakennus)

Ostoenergian kulutus näkyy kuvassa 19 ja kokonaisenergian kulutus kuvassa 20.

## Ostoenergia

		Maalampo		Sahkola	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0
■	LVI sähkö	7057	37.3	1334	7.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	327	1.7	16049	84.7
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>8712</b>	<b>46.0</b>	<b>18711</b>	<b>98.8</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>8712</b>	<b>46.0</b>	<b>18711</b>	<b>98.8</b>
□	Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>2987</b>	<b>15.8</b>	<b>2987</b>	<b>15.8</b>
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
	<b>Yhteensä, Tuotettu sähkö</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>11699</b>	<b>61.8</b>	<b>21698</b>	<b>114.6</b>

(Kuva 19 IDA ICE)

## Kokonaisenergia

		Maalampo		Sahkola	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	2257	11.9	2257	11.9
■	LVI sähkö	11997	63.4	2268	12.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	555	2.9	27283	144.1
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>14809</b>	<b>78.2</b>	<b>31808</b>	<b>167.9</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>14809</b>	<b>78.2</b>	<b>31808</b>	<b>167.9</b>
□	Laitteet, asukas	5079	26.8	5079	26.8
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>5079</b>	<b>26.8</b>	<b>5079</b>	<b>26.8</b>
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
	<b>Yhteensä, Tuotettu sähkö</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>19888</b>	<b>105.0</b>	<b>36887</b>	<b>194.8</b>

(Kuva 20 IDA ICE)

Ostoenergian- ja kokonaisenergiatarve putoaa huomattavasti, jos lämmitys järjestelmänä olisi maalämpö.

Alkuperäisessä tilanteessa, jossa rakennus kuluttaa lämmitykseen energiaa 17383 kWh, maalämpöpumpun avulla energian tarve saataisiin laskettua laskennallisesti 7384 kWh:n.

Hyötysuhde maalämmöllä sähkölämmitykseen nähden on 235%.

Tämä saadaan laskettua kaavalla:

**Sähkölämmitys / Maalämpö \* 100% = hyötysuhde**

**17383kWh / 7384 kWh \* 100% = 235,41 ~235%**

Vuotuiset lämmitykseen kuluvat kustannukset ovat:

**7384 kWh \* 0,13 €/kWh = 959,92 €**

### 6.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppuna laskelmissa on simulointiohjelmistosta valittuna Thermia Atec HP11.

Pumpulle luvataan Cop (hyötysuhde) arvoa 3.8. Tiedot esitetty kuvassa 21.

Nimi	Kuvaus	P_H	Cop	Shr	Dtlog_Evap	Dtlog_Cond	Dt_Evaporator	Dp_Evaporator_Fan	Eta_Evaporator_Fan	T_Water_In	T_Water_Out	T_Db_Air_In	T_Wb_Air_In
Thermia Atec HP 11 ...	Ilma-v...	10.5	3.8	0.8	5.5	6.6	8	100	0.5	40	45	7	6

(Kuva 21 IDA ICE)

**Sahkola** = Sähköinen lämmitys rakennukseen säädetyillä ilmamäärillä

Mallinnus perustuu sähköisiin lattialämmityksiin ja pattereihin. Mallinnus D3-2012 mukainen. Vuotoilma D3-2012 kohta 4.3.3 ja 2.3.2 (tasauslaskennan mukainen vuoto, 1-kerroksinen rakennus)

**Ilma-vesil** = Ilma-vesipumppu

Mallinnus perustuu vesikiertoiseen lattialämmitykseen 35/30. Mallinnus D3-2012 mukainen. Vuotoilma D3-2012 kohta 4.3.3 ja 2.3.2 (tasauslaskennan mukainen vuoto, 1-kerroksinen rakennus)

Ostoenergian kulutus näkyy kuvassa 22 ja kokonaisenergian kulutus kuvassa 23.

## Ostoenergia

		Ilma-vesil		Sähkölä	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0
■	LVI sähkö	1380	7.3	1334	7.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	6526	34.5	16049	84.7
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>9234</b>	<b>48.8</b>	<b>18711</b>	<b>98.8</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>9234</b>	<b>48.8</b>	<b>18711</b>	<b>98.8</b>
□	Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>2987</b>	<b>15.8</b>	<b>2987</b>	<b>15.8</b>
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
	<b>Yhteensä, Tuotettu sähkö</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>12221</b>	<b>64.5</b>	<b>21698</b>	<b>114.6</b>

(Kuva 22 IDA ICE)

## Kokonaisenergia

		Ilma-vesil		Sähkölä	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	2257	11.9	2257	11.9
■	LVI sähkö	2345	12.4	2268	12.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	11094	58.6	27283	144.1
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>15696</b>	<b>82.9</b>	<b>31808</b>	<b>167.9</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>15696</b>	<b>82.9</b>	<b>31808</b>	<b>167.9</b>
□	Laitteet, asukas	5079	26.8	5079	26.8
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>5079</b>	<b>26.8</b>	<b>5079</b>	<b>26.8</b>
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
	<b>Yhteensä, Tuotettu sähkö</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>20775</b>	<b>109.7</b>	<b>36887</b>	<b>194.8</b>

(Kuva 23 IDA ICE)

Ilma-vesilämpöpumpulla saadaan rakennuksen laskennallinen lämmitysenergian tarve 7906 kWh:n.

Hyötysuhde sähkölämmitykseen nähden on 220%

$$17383\text{kWh} / 7906\text{ kWh} * 100\% = 219,87\sim 220\%$$

Vuotuiset lämmitykseen kuluvat kustannukset ovat:

$$7906\text{ kWh} * 0,13\text{ €/kWh} = \underline{1027,78\text{ €}}$$

Järjestelmällä päästään hyvin lähelle maalämpöpumpun hyötysuhdetta.

#### 6.4 Aurinkopaneelit

Paneeleita laskelmassa 20 kpl

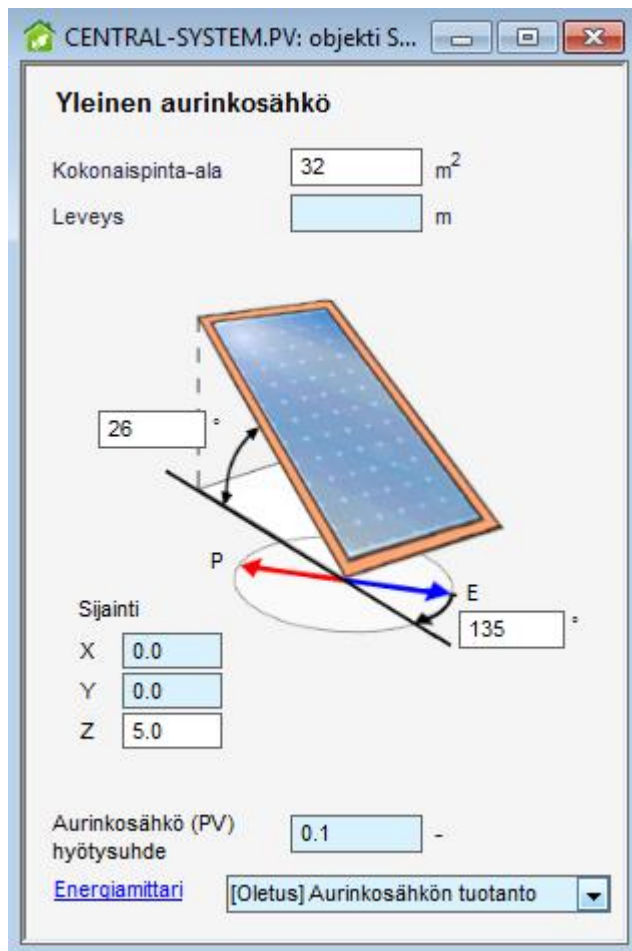
Pinta-ala : 32 m<sup>2</sup>.

Kattokulma : 26 astetta

Ilmansuunta : Kaakko 135 astetta

Aurinkopaneeleiden kaltevuus, suunta ja pinta-ala määritetty kuvassa 24





(Kuva 24 IDA ICE)

Katon kaltevuudet eteläpuolella ovat kaakon ja lounaan suuntaan. Käytin simuloinnissa kaakkoa. Todellisuudessa paneeleita asennettaisiin varmasti molemmille lappeille..

Ostoenergian kulutus näkyy kuvassa 25 ja kokonaisenergian kulutus kuvassa 26.

## Ostoenergia

		Sahkola		Sahkola1	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1046	5.5
■	LVI sähkö	1334	7.0	1048	5.5
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	16049	84.7	16160	85.3
	Yhteensä, Kiinteistösähkö	18711	98.8	18254	96.4
	Yhteensä	18711	98.8	18254	96.4
□	Laitteet, asukas	2987	15.8	2354	12.4
	Yhteensä, Asukkaan sähkö	2987	15.8	2354	12.4
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
□	Aurinkosähkön tuotanto			-316	-1.7
	Yhteensä, Tuotettu sähkö	0	0.0	-316	-1.7
	Yhteensä	21698	114.6	20292	107.1

(Kuva 25 IDA ICE)

## Kokonaisenergia

		Sahkola		Sahkola1	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	2257	11.9	2257	11.9
■	LVI sähkö	2268	12.0	2268	12.0
■	Sähkölämmitys, kiinteistö	27283	144.1	28817	152.2
	Yhteensä, Kiinteistösähkö	31808	167.9	33342	176.0
	Yhteensä	31808	167.9	33342	176.0
□	Laitteet, asukas	5079	26.8	5079	26.8
	Yhteensä, Asukkaan sähkö	5079	26.8	5079	26.8
□	CHP tuotto	0	0.0	0	0.0
□	Aurinkosähkön tuotanto			-3927	-20.7
	Yhteensä, Tuotettu sähkö	0	0.0	-3927	-20.7
	Yhteensä	36887	194.8	34494	182.1

(Kuva 26 IDA ICE)

Aurinkopaneeleiden vaikutus lämmitysenergiaan on heikko sen vuoksi, että silloin kun lämmitysenergiaa tarvittaisiin aurinko paistaa matalalta ja paneelien suuntaus, sekä asennuskulma on silloin väärä.

Lämmitysenergian kattamisessa aurinkopaneeleilla tuotetulla sähköllä ei saada kuin 101% hyötysuhde, joka on tässä kohtaa kannattamaton.

$$17383 \text{ kWh} / 17208 * 100\% = 101\%$$

Lämmitysenergiaan käytetyn ostoenergiankulutus aurinkopaneeleilla varustettuna on 2393 kWh pienempi, mutta auringolla tuotetun sähkön määrä 3927 kWh. Tämä tarkoittaa, että kesäaikana paneelit tuottavat enemmän kuin kiinteistö käyttää. Loppuosan pystyy myymään sähköyhtiölle.

Säästö energiankulutuksessa euroissa on 311,09 €

$$2393 \text{ kWh} * 0,13\text{€/kWh} = \underline{311,09\text{€}}$$

Sähköyhtiöt hyvittävät ostamastaan sähköstä ainoastaan kWh hinnan, ei siirtomaksuja. Fortum.fi nettisivulta selvisi ostohinnaksi 0,05€/kWh

Näin ollen myydystä sähköstä saisi tulevaisuudessa hyvitystä sähkölaskuissa 76,7 €

$$3927\text{kWh} - 2393\text{kWh} = 1534\text{kWh}$$

$$1534\text{kWh} * 0,05\text{€/kWh} = \underline{76,7\text{€}}$$

Kokonaissäästö siis on 387,79 €

$$311,09\text{€} + 76,7\text{€} = \underline{387,79\text{€}}$$

## 7 TOTEUTUNUT KULUTUS

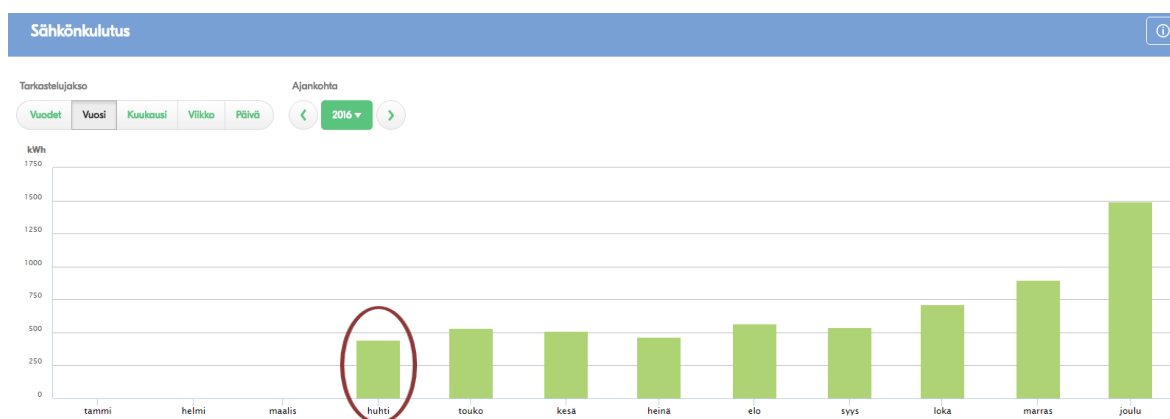
Rakennuksen toteutunut kokonaisenergian kulutus viimeisen 12kk aikana (5.2016-4.2017) on 11151,22 kWh.

Kulutus on huomattavasti laskennallista kulutusta pienempi. Rakennuksessa asuu kahden aikuisen lisäksi 2,5 vuoden ja 6 kk:n ikäiset lapset. Suoran sähkölämmityksen lisänä on käytetty leivinuunia ja takkahuoneessa olevaa kevyttakkaa talvella päivittäin. Sekahalkoa on kulunut n. 10 m<sup>3</sup>.

Pienempi energiankulutus johtuu osittain myös erittäin leudosta talvesta 2016-2017.

Energiankulutus tulee nousemaan lähivuosina huomattavasti, kun lapset alkavat käyttää esimerkiksi enemmän lämmintä vettä ja viettävät enemmän aikaa omissa huoneissaan, koska tällä hetkellä osa makuuhuoneista on säädetty ylläpitolämpötilaan 18 astetta ja loppu lämpö tulee siirtoilmana. Tästä johtuen nyt toteutunut kulutus on aivan minimi, mitä tässä kohtaa voi olla.

Kuvassa 27 näkyy sähkönkulutus vuonna 2016.



(Kuva 27 Fortum Valpas)

Kuvassa 28 näkyy sähkönkulutus vuonna 2017.



(Kuva 28 Fortum Valpas)

Ero 2016 huhtikuun ja 2017 huhtikuun (ympyröidyt pylväsdiagrammit) välillä on jo huomattava. Molemmat ovat täydet kuukaudet. Huhtikuu 2016 kulutus oli alle 500 kWh ja huhtikuun 2017 kulutus oli hieman yli 1000 kWh. Suurin osa kulutuksen noususta johtuu siitä, että huhtikuussa 2016 keskilämpötila oli 3,96 °C ja huhtikuussa 2017 2,33 °C:sta. Tämä tieto käy ilmi Fortum Valpaasta. Mittausasemana Rauman Kylmäpihjala.

## 8 JÄRJESTELMIEN HINTATIEDOT

Tarjoukset maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppuun on pyydetty alan liikkeestä. Porakaivon poraus huomioidaan maalämmön hinnassa. Lämmönjakoverkoston, tässä tapauksessa vesikiertoisen lattialämmitysverkoston, asennushinta on laskettu per neliometri. Aurinkopaneelipaketti on koottu itse ja hinta sisältää rahat.

### 8.1 Maalämpöpumppu

Tarjouspyynnöistä huolimatta maalämpöpumpputoimittajalta ei saatu tarjousta.

Maalämpöpumpun ja porakaivon yhteishintana käytettiin **15000 €**

Asennus sisältää pääsääntöisesti seuraavat kohdat

- Itse maalämpöpumpun

- Mahdollisen vanhan lämmitysjärjestelmän purkutyön
- Porakaivon maalämpöpumpulle
- Asennuksen sähkötoineen
- Tarkkuussäädöt ja jälkitarkastuksen
- Käyttönoton ja käyttöpastuksen

(Lähde Geolämpö)

## 8.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Thermian ilma-vesilämpöpumpun hinnaksi asennuksineen muodostuu **10700 €**

Tarjous on pyydetty Thermia.fi nettisivujen kautta ja tarjouksen antoi Geolämpö

Asennus sisältää pääsääntöisesti seuraavat kohdat

- Sisäyksikkö (varaaja, pumput, vastukset, vaihtoventtiili) ja ulkoyksikkö
- Täyttöryhmä, paisunta-astia, varoventtiilit, painemittari, mutasihti asennettuna sis. tarvikkeet
- Sisä- ja ulkoyksikön väliset kytkennät
- Asennuksen sähkötoineen
- Käyttönoton käyttöpastuksen

(Lähde Geolämpö)

Tarjouksessa olevat rakennuksen energiantarve laskelmat erosivat hieman IDA ICE:lla tehtyihin simulointeihin.

Katso LIITE 1

## 8.3 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelipaketti on koottu itse osoitteessa [www.alma-solarshop.com](http://www.alma-solarshop.com) johtuen sähköyhtiöiden tarjoamien pakettien korkeista hinnoista.

Paketti sisältää:







- 20 kpl Aurinkopaneeleita
- 15 kpl Tiilikattokiinnike
- 1 kpl Invertteri 5 kW
- 15 kpl Kiinnityskisko 2,1 m
- 36 kpl Keskikiinnikkeitä
- 8 kpl Sivukiinnikkeitä

Paketin hinta on **4782,73€** sis. verot, sekä kuljetuksen Luxemburgista Suomeen. Tämä hinta ei sisällä vielä työosuutta eikä johdotusta. Paketti on helppo asentaa itse ja tämän jälkeen sähköasentaja voi kytkeä paneelit verkkoon. Verkkoon ja johtojen kytkemiselle on laskettu hinnaksi **500€**.

Kokonaishinnaksi paketille tulisi 5282,73€

**4782,73€ + 500€ = 5282,73€**

### Shopping-cart summary

PRODUCT		TOTAL		CHECKOUT	
	IM PREMIUM Solar panel 270P SKU: IMP-270P Shipped into 5/7 days	-	20 +	3 180,00€	Total products (tax incl.): 4 485,32€
	SolaX Hybrid inverter X1-Air Boost 5000 SKU: X1 5.0-T Shipped into 24/48h	-	1 +	799,00€	Total shipping (tax incl.): 297,41€
	IM SOLAR Profile SKU: 130P04040500 Shipped into 24/48h	-	15 +	245,70€	Including VAT: 694,79€
	IM SOLAR hook for all tiles types adjustable SKU: 12P113568H00 Shipped into 24/48h	-	15 +	161,70€	<b>Total 4 782,73€</b>
	IM SOLAR Middle clamp SKU: 119038350600 Shipped into 24/48h	-	36 +	70,20€	<a href="#">Checkout</a>
	IM SOLAR End clamp SKU: 119028350600 Shipped into 24/48h	-	8 +	28,72€	<a href="#">Continue shopping</a>

(Kuva 29 [www.alma-solarshop.com](http://www.alma-solarshop.com))

Aurinkopaneeleiden tuotto on tässä tapauksessa 5,4 kW ja Invertteri ainoastaan 5 kW. Maksimituotolla siis menisi hukkaan 0,4 kW. Isompi invertteri tulisi kustanta-

maan lähes tuplat, joten hukkaan menevän sähkön osuus on tässä erittäin pieni isompiin kustannuksiin nähden.

Vastaavan paketin hinta Fortumin nettisivujen mukaan on asennettuna 10400 €, josta paneelipaketin osuus on 6600 € ja työn 3800 €. Säästö tässä tapauksessa on huomattava, kun itse suorittaa laitehankinnat, sekä hoitaa kiinnityksen.

Hintatiedot käyvät ilmi kuvasta 30.

Fortum Aurinkopaketti L 20	6 600 €
Asennus	3 800 €
<b>Yht.</b>	<b>10 400 €</b>

(Kuva 30 Fortum.fi)

## 9 VUOSIKUSTANNUKSET JA TAKAISINMAKSUAIKA

Tässä luvussa käsitellään järjestelmien vuosikustannuksia annuiteetilaskelmalla, sekä takaisinmaksuaikoja perustuen saatavaan säästöön energiankulutuksessa simuloinnissa saatujen tulosten mukaan.

### 9.1 Vuosikustannukset maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppu

Laskelmissa käytetään annuiteetilaskenta menetelmää, koska lämmitys järjestelmä kustannetaan lainarahalla. Näin saadaan määritettyä järjestelmän kokonaisvuosikustannukset. Laskukaava on sisällytetty taulukkoon ja löytyy kohdasta investointikustannus.

Kokonaisvuosikustannus muodostuu määritetystä takaisinmaksuajasta ja korosta. Takaisinmaksuaikana käytän laskelmissa 20 vuotta. Korkokannan määrittäminen 20



vuodeksi on vaikeaa johtuen tämänhetkisestä alhaisesta korkotasosta, joten käytän laskelmissa korkona 2 %.

Annuiteetin laskentakaava:

$$c_{n/i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$c_{n/i}$  = annuiteetti

$i$  = korko

$n$  = laskenta-aika

Maalämpö ja ilma-vesilämpö ovat hyvin huoltovapaat. Monen järjestelmiä asentavien yhtiöiden internetsivuilla tarjotaan vuosihuoltoa, jolla järjestelmä saadaan toimimaan optimisäädöillä ympäri vuoden. Laskelmissa on käytetty huoltovälinä joka toista vuotta.

Vuosihuoltoon kuuluu maalämmössä:

- Maapiirin suodattimen tarkastus / puhdistus
- Lämmityspiirin suodattimen tarkastus / puhdistus
- Arvojen tarkastus
- Maalämpöpumpun säätämisen
- Maapiirin pumpun säätö
- Lämmityspiirin pumpun säätö
- Lämpökäyrän säätäminen
- Verkoston paineen tarkastus
- Varaajan ilmaus
- Maapiirin keruunesteen tarkastus / lisäys
- Hälytys listan tarkastus
- Energian tuoton tarkastus ja analysointi
- Asiakkaan käytön opastus

Ilma-vesilämmön huoltoon kuuluu:

Sisäyksikkö:

- Suodattimien tarkistus ja puhdistus
- Kiertovesipumpun tarkistus
- Lämpötila-antureiden tarkistus
- Vuototarkistus
- Eristeiden kunnon tarkistus
- Toimintakunnon tarkistus

- Säättöjen tarkistus
- 

Ulkoyksikkö:

- Ulkoyksikön puhdistus
- Vuotojen tarkistus
- Eristeiden tarkistus
- Puhaltimen laakerin tarkistus
- Tukikumien tarkistus

Huoltokustannukset ovat maalämmössä ja ilma-vesilämpöpumpussa samaa luokkaa. Maantieteellinen sijainti vaikuttaa hintoihin oleellisesti. Pääkaupunkiseudun hinnat ovat kovempia kuin muualla Suomessa. Koska kohde sijaitsee länsirannikolla, hintana käytettiin 200€/huolto. Tämä jaetaan kahdella, koska huollon tarpeeksi suunniteltiin joka toinen vuosi. Suurempia kustannuksia, kuten kompressorin rikkoutumista on vaikea määritellä, joten sitä ei otettu huomioon. Rikkoutuessaan kustannukset nousevat kuitenkin usein 4000 - 5000 euroon.

Lämmönjakokustannukset ovat molemmissa samat. Järjestelmän kustannuksena käytettiin 4000 euroa.

Hyötysuhteet on määritelty kohdassa 6.2 ja 6.3.

Sähkön hinnaksi on määritelty 0,13€/kWh.

<b>Laskenta-aika</b>	<b>20</b>	<b>vuotta</b>		
<b>Korko</b>	<b>2 %</b>			
<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Hankintakustannus</b>		<b>Sähkön</b>	<b>Hyöty-</b>
	<b>Lämmöntuotanto</b>	<b>Lämmönjako</b>	<b>hintaa</b>	<b>suhde</b>
	€	€	€/yks.	
Maalämpöpumppu	15000	4000	0,13	235 %
Ilmavesilämpöpumppu	10700	4000	0,13	220 %

<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Energian</b>	<b>Energian</b>
	<b>tarve</b>	<b>hintaa</b>
	MWh/vuosi	€/vuosi
Maalämpöpumppu	7,384	959,92
Ilmavesilämpöpumppu	7,906	1027,78

<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Kunnossapito-</b>	<b>Investointi-</b>	<b>Kokonais-</b>
	<b>kustannus</b>	<b>kustannus</b>	<b>kustannus</b>
	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Maalämpöpumppu	100	1 162	2222
Ilmavesilämpöpumppu	100	899	2027

Taulukko 1.

Taulukosta 1. käy selville, että annetuilla arvoilla tulee ilma-vesilämpö edullisemmaksi 20 vuoden laskenta-ajalla tarkistettuna.

Maalämmön kokonaiskustannukseksi muodostuisi **2222€** ja ilma-vesilämmön **2027€**

Vuotuinen ero kustannuksissa on **195€**

$$2222€ - 2027€ = \underline{195€}$$

Sähkön hinnan nouseminen, jota on vaikea tällä hetkellä ennustaa, vaikuttaa asiaan pienentämällä pumppujen kokonaiskustannus eroa. Pieni, esimerkiksi 2 sentin hinnankorotus ei vaikuta vielä oleellisesti kustannuksiin. Ero kaventuu ainoastaan **10€**. Tilanne käy selville taulukosta 2.

<b>Laskenta-aika</b>	<b>20</b>	<b>vuotta</b>		
<b>Korko</b>	<b>2 %</b>			
<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Hankintakustannus</b>		<b>Sähkön</b>	<b>Hyöty-</b>
	<b>Lämmöntuotanto</b>	<b>Lämmönjako</b>	<b>hintaa</b>	<b>suhde</b>
	€	€	€/yks.	
Maalämpöpumppu	15000	4000	0,15	235 %
Ilmavesilämpöpumppu	10700	4000	0,15	220 %

<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Energian</b>	<b>Energian</b>
	<b>tarve</b>	<b>hintaa</b>
	MWh/vuosi	€/vuosi
Maalämpöpumppu	7,384	1107,60
Ilmavesilämpöpumppu	7,906	1185,90

<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Kunnossapito-</b>	<b>Investointi-</b>	<b>Kokonais-</b>
	<b>kustannus</b>	<b>kustannus</b>	<b>kustannus</b>
	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Maalämpöpumppu	100	1 162	2370
Ilmavesilämpöpumppu	100	899	2185

Taulukko 2.

$$2470\text{€} - 2285\text{€} = \underline{185\text{€}}$$

Ilmavesilämpöpumpun todellinen energiantarve saattaa olla myös vuositasolla kovempi. Jos tulee oikein kylmä talvi, niin kulutus nousee, koska lämmityksessä joudutaan turvautumaan sähkövastukseen. Jos lisätään ilmavesilämpöpumpun energian tarpeeksi 10 MWh (10000 kWh), niin kustannukset ovat jo kääntyneet toisinpäin.

Tilanne on kuvattu taulukossa 3.

<b>Laskenta-aika</b>	<b>20</b>	<b>vuotta</b>		
<b>Korko</b>	<b>2 %</b>			
<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Hankintakustannus</b>		<b>Sähkön</b>	<b>Hyöty-</b>
	<b>Lämmöntuotanto</b>	<b>Lämmönjako</b>	<b>hintaa</b>	<b>suhde</b>
	€	€	€/yks.	
Maalämpöpumppu	15000	4000	0,13	235 %
Ilmavesilämpöpumppu	10700	4000	0,13	220 %

<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Energian</b>	<b>Energian</b>
	<b>tarve</b>	<b>hintaa</b>
	MWh/vuosi	€/vuosi
Maalämpöpumppu	7,384	959,92
Ilmavesilämpöpumppu	10,000	1300,00

<b>Lämmitysmuoto</b>	<b>Kunnossapito-</b>	<b>Investointi-</b>	<b>Kokonais-</b>
	<b>kustannus</b>	<b>kustannus</b>	<b>kustannus</b>
	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Maalämpöpumppu	100	1 162	2222
Ilmavesilämpöpumppu	100	899	2299

Taulukko 3.

Tässä tilanteessa ilma-vesilämpöpumppu on jo **77€** kalliimpi kokonaiskustannuksissa. Säästö sähkölaskussa vuotuisesti maalämmöllä olisi ilma-vesilämpöön nähden jo **340,08€**

Kokonaiskustannus:

$$2299€ - 2222€ = \underline{77€}$$

Energianhinta:

$$1300€ - 959,92€ = \underline{340,08€}$$

## 9.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika määritellään jakamalla järjestelmän hankintakustannukset vuotuisella säästöllä.

Rakennuksen lämmityskustannukset sähköllä on simuloinnin perusteella 2259,79€/vuosi. Tämä käy ilmi kohdasta 6.2.

### 9.2.1 Maalämpöpumppu

Maalämmöllä kustannuksiksi kohdassa 6.3 saatiin 959,92€.

Vuotuinen säästö maalämmöllä lämmityskustannuksissa on siis 1299,87€

$$2259,79€ - 959,92€ = \underline{1299,87€}$$

Maalämpöpumpun ja porakaivon hinnaksi määritettiin 15000€

Takaisinmaksuajaksi muodostui 11,5 vuotta

$$15000€ / 1299,87€/vuosi = \underline{11,5 \text{ vuotta}}$$

### 9.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämmölle kustannuksiksi kohdassa 6.4 saatiin 1027,78€.

Vuotuinen säästö sähkölämmitykseen nähden on siis 1232,01€

$$2259,79€ - 1027,78€ = \underline{1232,01€/vuosi}$$

Geolämpö Oy:ltä saadun tarjouksen mukaan ilma-vesilämmön hinta on 10700€

Takaisinmaksuajaksi muodostui näin ollen 8,7 vuotta

$$10700\text{€} / 1232,01\text{€/vuosi} = \underline{\underline{8,7 \text{ vuotta}}}$$

### 9.2.3 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneeleiden takaisinmaksuaika määritetään aurinkopaneeleiden tuottaman kokonaissästön perusteella joka on laskettu kohdassa 6.4 sivulla 30.

Säästöksi muodostui **387,79€** ja hankintakustannuksiksi **5282,73€** (sivu 33)

Takaisinmaksuaika vuosissa on siis:

$$5282,73 \text{ €} / 387,79 \text{ €/vuosi} = \underline{\underline{13,6 \text{ vuotta}}}$$

## 10 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli löytää energiatehokkain ja vuosikustannuksiltaan edullisin lämmitysjärjestelmä Eurajoella Luvian kylässä sijaitsevaan 1988 rakennettuun 189m<sup>2</sup> omakotitaloon. Rakennus on peruskorjattu 2016 uusien asukkaiden toimesta ja lämmitysjärjestelmän saneeraus jätettiin niin kustannussyistä, kuin parhaan mahdollisen lämmitysjärjestelmän vertailun vuoksi myöhempään ajankohtaan.

Lämmitysjärjestelmän vertailuun käytettiin normaalista laskentatavasta poiketen IDA ICE rakennussimulointi ohjelmistoa, jonka avulla saadaan lämmitysenergian tarve todellisten vuorokausilämpötilojen mukaan.

Normaaleissa simuloinnin olosuhteissa kokonaiskustannuksiltaan halvimmaksi vaihtoehdoksi muodostui ilmavesilämpöpumppu. Vuotuinen energiakustannus on maalämpöä kalliimpi, mutta edullisempi hankintahinta kokonaiskustannusvertailussa on 195 € vuodessa pienempi. Kylmemmät olosuhteet ja energian hinnannousu tulevat kuitenkin pienentämään eroa ja jopa kääntämään sen toisinpäin.

Takaisinmaksuaika ilmavesilämmössä on 3 vuotta lyhyempi kuin maalämmössä, eli ero ei ole huomattava. Ilma-vesilämmön takaisinmaksuaika voi myös olla suurempi, jos lämpöpumpun hyöty on liian kovien pakkasten vuoksi huonompi.

Aurinkopaneelien hyöty tulisi olemaan parhaimmillaan nykyistä lämmitysjärjestelmää tukevana. Paneelien hyöty omaan käyttöön muuttuisi olemattomaksi, jos asuntoon vaihdetaan vesikiertoinen lämmönjako maa- tai ilma-vesilämpöpumpulla varustettuna. Paneelien takaisinmaksuaika venyisi kymmeneen vuosiin, jos suurin osa kokonaisenergian pienemisestä tulevasta rahallisesta hyödystä tulisi sähköyhtiölle myydystä sähköstä.

Maalämpö on vuotuisilta energiankulutukseen kuluvilta kustannuksiltaan pienempi kuin ilma-vesilämpö ja tästä johtuen valinta tulee kääntymään maalämpöön, vaikka se on kokonaiskustannuksiltaan kalliimpi. Mahdolliset pidemmät kylmät jaksot tule-



vat lisäämään ilma-vesilämpöpumpun energiantarvetta ja kokonaiskustannukset ovat silloin kovemmat kuin maalämmössä. Myös käyttömukavuus ja ns. näkymättömyys (ei ulkoyksikköä) puoltavat maalämpöä.

Opinnäytetyössäni pääsin tutustumaan itselle uuteen ohjelmaan. IDA ICE rakennus-  
simulointi ohjelman käyttö oli erittäin mielenkiintoista. Tässä työssäni olen ohjel-  
masta vielä varsin vähän ottanut hyötyä irti sen potentiaalista.

## LÄHTEET

Finlex www-sivut D3 Rakentamismääräyskokoelma Viitattu 2017 [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)

Progman Oy www-sivut Viitattu 2017 [www.magicad.com/fi/](http://www.magicad.com/fi/)

IDA ICE www-sivut Viitattu 2017 [www.equa.se/fi/ida-ice](http://www.equa.se/fi/ida-ice)

Suomen lämpöpumppuyhdistys www-sivut Viitattu 2017 [www.sulpu.fi](http://www.sulpu.fi)

Suntekno Oy www-sivut Viitattu 2017 [suntekno.bonsait.fi](http://suntekno.bonsait.fi)

Fortum [www.fortum.fi](http://www.fortum.fi)

Suomen uusiutuva energia [www.uusiutuva.fi](http://www.uusiutuva.fi)

Thermia [www.thermia.fi](http://www.thermia.fi)

IVT [www.ivt.fi](http://www.ivt.fi)

Geolämpö Viitattu 2017 [www.geolampo.fi](http://www.geolampo.fi)

Alma solar [www.alma-solarshop.com](http://www.alma-solarshop.com)

Kiitämme tarjouspyynnöstänne 02.05.2017

### ILMAVESILÄMPÖPUMPPU

#### **Thermia iTEC 9 –ilmavesilämpöpumppu ja Total +60 -sisäyksikkö**

Top-Box (Täyttöryhmä, paisunta-astia, varoventtiilit, painemittari, mutasihti asennettuna sis. tarvikkeet).

Sisä- ja ulkoyksikön väliset kytkennät.

Teknisessä tilassa lämmityksen ja käyttöveden kytkennät.

Käyttöönoton ja käyttöopastuksen.

*Total +60 Sisäyksikkö sisältää 180l:n käyttövesivaraajan, 60l:n työsäiliön lämmitysverkolle, 15kW:n sähkövastuksen, vaihtoventtiilin ja kiertopumpun.*

Asiakas hoitaa sähkönsyötön turvakytkimelle tekn. tilaan ja tekee ulkoyksikölle maapedin.

**Hinta: 10 700,00 € sis. alv 24%**

Maahantuojaan Takuu 5v. Geolämmöllä asentamiimme pumppuihin 24h/7 huoltopäivystys. Tarjouksen voimassaoloaika on yksi kuukausi. Toimitus sopimuksen mukaan. Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja toivomme tarjouksemme johtavan myönteiseen päätökseen.

## Säästölaskelma


### iTec 9



	Energia
<b>Rakennuksen energiantarve</b>	
Lämmitys	19 977 kWh/vuosi
Lämmin käyttövesi	4 500 kWh/vuosi
<b>Yhteensä</b>	<b>24 477 kWh/vuosi</b>
Tuotettu kokonaisenergia, sis käyttövesi	
	24 477 kWh/vuosi
<b>Tarjotun järjestelmän energiakulutus</b>	
Lämmitys	6 193 kWh/vuosi
Lämmin käyttövesi	1 825 kWh/vuosi
<b>Yhteensä</b>	<b>8 018 kWh/vuosi</b>
<b>Tarjotun lämpöpumpun säästö</b>	<b>16 459 kWh/vuosi</b>
<i>Järjestelmän vuosihyötysuhde* = 3,05</i>	

## Energiaraportti

## Sähkölämmitys D3 huonekohtaisilla ilmamäärillä

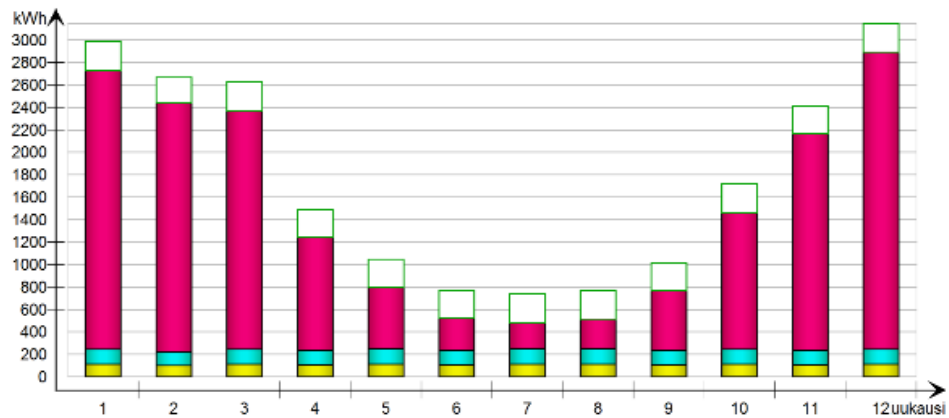
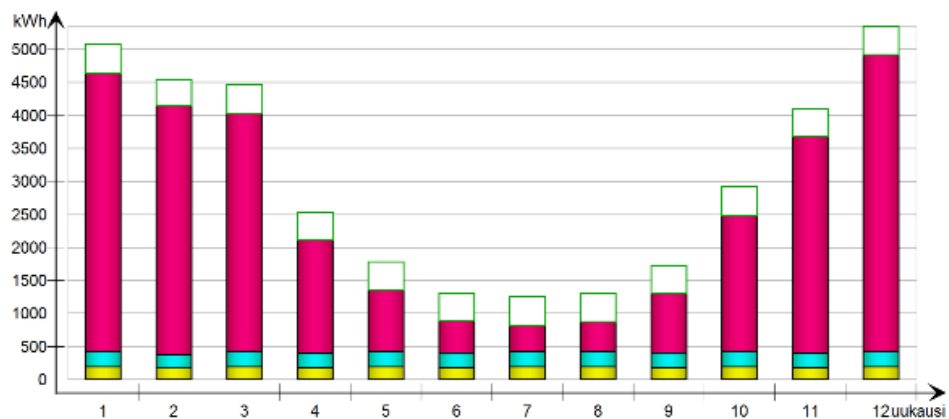
		Energiaraportti	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	189.4 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	481.0 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö		Mallin maaperän pinta-ala	182.9 m <sup>2</sup>
Sijainti	Pori_029520 (ASHRAE 2013)	Mallin vaipan ala	565.0 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_PORI_029520(IW2)	Ikkuna/Vaippa	4.9 %
Tapaus	Sähkölämmitys	Keskimääräinen U-arvo	0.2433 W/(m <sup>2</sup> K)
Simuloitu	28.4.2017 13:54:13	Vaipan alan suhde tilavuuteen	1.175 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

## Rakennuksen viihtyisyysindeksi

Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C lämpimimmässä vyöhykkeessä	18 %
Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	8 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	10 %

## Ostoenergiankulutusraportti


	Käytetty energia		Ostoenergia		Tarve	Kokonaisenergia	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■ Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0	0.15	2257	11.9
■ LVI sähkö	1569	8.3	1569	8.3	0.18	2667	14.1
■ Sähkölämmitys, kiinteistö	15508	81.9	15508	81.9	7.22	26363	139.2
Yhteensä, Kiinteistösähkö	18405	97.2	18405	97.2		31287	165.2
Yhteensä	18405	97.2	18405	97.2		31287	165.2
□ Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8	0.34	5079	26.8
Yhteensä, Asukkaan sähkö	2987	15.8	2987	15.8		5079	26.8
	Tuotettu energia		Myyty energia		Tuotettu		
■ CHP tuotto	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
Yhteensä, Tuotettu sähkö	0	0.0	0	0.0		0	0.0
Yhteensä	21392	113.0	21392	113.0		36366	192.0

**Kuukausittainen ostoenergiankulutus****Kuukausittainen kokonaisenergia**

Kuukausi	Kiinteistö sähkö						Asukkaan sähkö		Tuotettu sähkö	
	Valaistus, kiinteistö		LVI sähkö		Sähkölämmitys, kiinteistö		Laitteet, asukas		CHP tuotto	
	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)
1	112.8	191.8	131.8	224.1	2488.0	4229.6	253.7	431.3	0.0	0.0
2	101.9	173.2	119.0	202.3	2220.0	3774.0	229.2	389.6	0.0	0.0
3	112.8	191.8	131.8	224.1	2130.0	3621.0	253.7	431.3	0.0	0.0
4	109.1	185.5	128.7	218.8	1011.0	1718.7	245.6	417.5	0.0	0.0
5	112.8	191.8	133.9	227.6	544.8	926.2	253.7	431.3	0.0	0.0
6	109.1	185.5	130.5	221.8	278.1	472.8	245.6	417.5	0.0	0.0
7	112.8	191.8	135.3	230.0	237.8	404.3	253.7	431.3	0.0	0.0
8	112.8	191.8	135.1	229.7	264.6	449.8	253.7	431.3	0.0	0.0
9	109.1	185.5	129.9	220.8	530.6	902.0	245.6	417.5	0.0	0.0
10	112.8	191.8	133.2	226.4	1221.0	2075.7	253.7	431.3	0.0	0.0
11	109.1	185.5	127.9	217.4	1933.0	3286.1	245.6	417.5	0.0	0.0
12	112.8	191.8	131.7	223.9	2649.0	4503.3	253.7	431.3	0.0	0.0
Yhteensä	1327.9	2257.4	1568.8	2667.0	15507.9	26363.4	2987.5	5078.8	0.0	0.0

## Energieraportti

## Sähkölämmitys rakennukseen säädetyillä ilmamäärillä

		Energieraportti	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	189.4 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	481.0 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö		Mallin maaperän pinta-ala	182.9 m <sup>2</sup>
Sijainti	Pori_029520 (ASHRAE 2013)	Mallin vaipan ala	565.0 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_PORI_029520(IW2)	Ikkuna/Vaippa	4.9 %
Tapaus	Sähkölämmitys omilla ilmamäärillä	Keskimääräinen U-arvo	0.2433 W/(m <sup>2</sup> K)
Simuloitu	28.4.2017 14:16:21	Vaipan alan suhde tilavuuteen	1.175 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

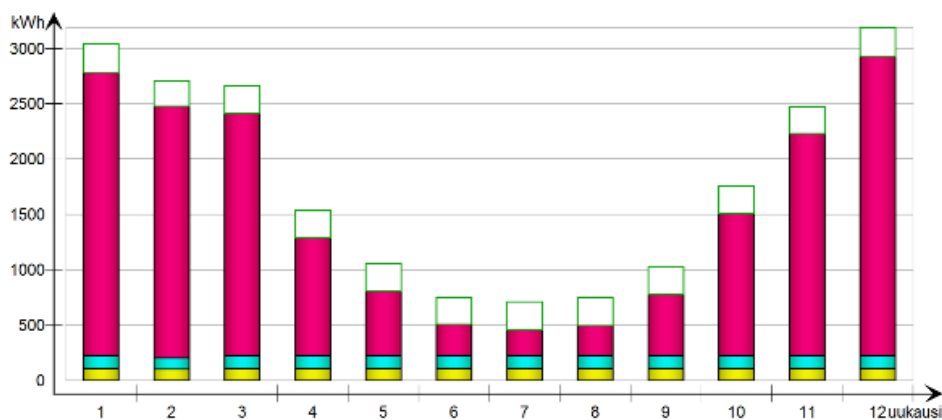
## Rakennuksen viihtyisyysindeksi

Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C lämpimimmässä vyöhykkeessä	23 %
Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	9 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	10 %

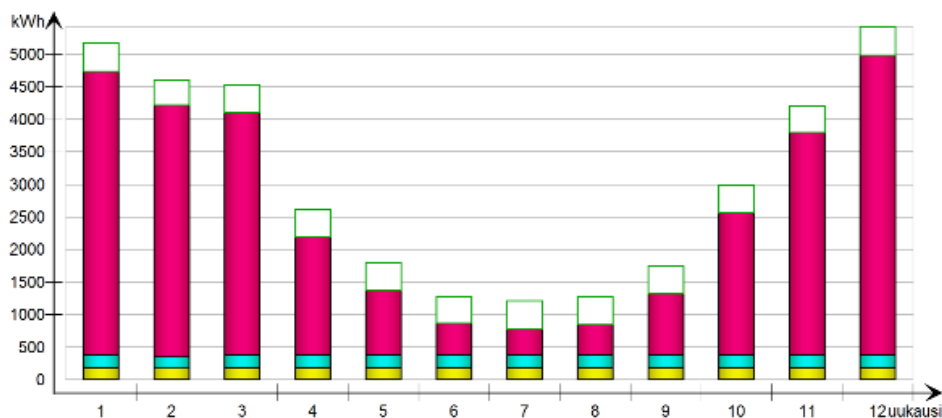
## Ostoenergiankulutusraportti

	Käytetty energia		Ostoenergia		Tarve	Kokonaisenergia	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0	0.15	2257	11.9
LVI sähkö	1334	7.0	1334	7.0	0.16	2268	12.0
Sähkölämmitys, kiinteistö	16049	84.7	16049	84.7	7.39	27283	144.1
Yhteensä, Kiinteistösähkö	18711	98.8	18711	98.8		31808	167.9
Yhteensä	18711	98.8	18711	98.8		31808	167.9
Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8	0.34	5079	26.8
Yhteensä, Asukkaan sähkö	2987	15.8	2987	15.8		5079	26.8
	Tuotettu energia		Myyty energia		Tuotettu		
CHP tuotto	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
Yhteensä, Tuotettu sähkö	0	0.0	0	0.0		0	0.0
Yhteensä	21698	114.6	21698	114.6		36887	194.8

### Kuukausittainen ostoenergiankulutus




### Kuukausittainen kokonaisenergia



Kuukausi	Kiinteistösähkö						Asukkaan sähkö		Tuotettu sähkö	
	Valaistus, kiinteistö		LVI sähkö		Sähkölämmitys, kiinteistö		Laitteet, asukas		CHP tuotto	
	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)
1	112.8	191.8	112.2	190.7	2566.0	4362.2	253.7	431.3	0.0	0.0
2	101.9	173.2	101.3	172.2	2276.0	3869.2	229.2	389.6	0.0	0.0
3	112.8	191.8	112.2	190.7	2194.0	3729.8	253.7	431.3	0.0	0.0
4	109.1	185.5	109.6	186.3	1073.0	1824.1	245.6	417.5	0.0	0.0
5	112.8	191.8	113.9	193.6	581.7	988.9	253.7	431.3	0.0	0.0
6	109.1	185.5	110.8	188.4	289.7	492.5	245.6	417.5	0.0	0.0
7	112.8	191.8	114.9	195.3	236.3	401.7	253.7	431.3	0.0	0.0
8	112.8	191.8	114.7	195.0	269.5	458.1	253.7	431.3	0.0	0.0
9	109.1	185.5	110.5	187.8	559.6	951.3	245.6	417.5	0.0	0.0
10	112.8	191.8	113.3	192.6	1281.0	2177.7	253.7	431.3	0.0	0.0
11	109.1	185.5	108.9	185.1	2012.0	3420.4	245.6	417.5	0.0	0.0
12	112.8	191.8	112.1	190.6	2710.0	4607.0	253.7	431.3	0.0	0.0
Yhteensä	1327.9	2257.4	1334.4	2268.5	16048.8	27283.0	2987.5	5078.8	0.0	0.0

## Energiaraportti

### Sähkölämmitys + aurinkopaneelit

		Energiaraportti	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	189.4 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	481.0 m <sup>3</sup>
Vastuhenkilö		Mallin maaperän pinta-ala	182.9 m <sup>2</sup>
Sijainti	Pori_029520 (ASHRAE 2013)	Mallin valpan ala	565.0 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_PORI_029520(IW2)	Ikkuna/Vaippa	4.9 %
Tapaus	Sähkölämmitys ja aurinkopaneeli omilla ilmamäärillä	Keskimääräinen U-arvo	0.2433 W/(m <sup>2</sup> K)
Simuloitu	27.4.2017 20:24:21	Vaipan alan suhde tilavuuteen	1.175 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

#### Rakennuksen viihtyisyyssindeksi

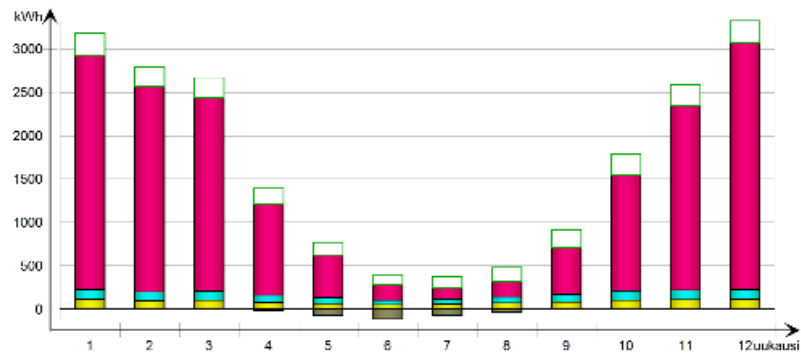
Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C lämpimimmässä vyöhykkeessä	23 %
Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	9 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	10 %

#### Ostoenergiankulutusraportti

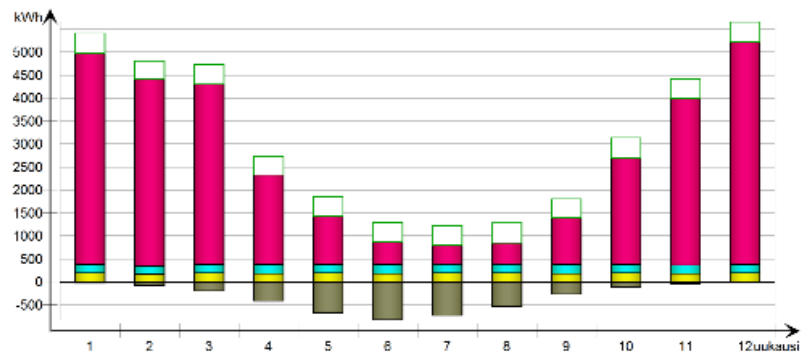
	Käytetty energia		Ostoenergia		Tarve	Kokonaisenergia	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1046	5.5	0.15	2257	11.9
LVI sähkö	1334	7.0	1048	5.5	0.15	2268	12.0
Sähkölämmitys, kiinteistö	16951	89.5	16160	85.3	7.61	28817	152.2
Yhteensä, Kiinteistösähkö	19613	103.6	18254	96.4		33342	176.0
Yhteensä	19613	103.6	18254	96.4		33342	176.0
Laitteet, asukas	2987	15.8	2354	12.4	0.34	5079	26.8
Yhteensä, Asukkaan sähkö	2987	15.8	2354	12.4		5079	26.8
	Tuotettu energia		Myyty energia		Tuotettu		
Aurinkosähkön tuotanto	-2310	-12.2	-316	-1.7	-2.18	-3927	-20.7
CHP tuotto	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
Yhteensä, Tuotettu sähkö	-2310	-12.2	-316	-1.7		-3927	-20.7
Yhteensä	20290	107.1	20292	107.1		34494	182.1



**Kuukausittainen ostoenergiankulutus**



**Kuukausittainen kokonaisenergia**



Kuukausi	Kiinteistösisä sähkö					Asukkaan sähkö		Tuotettu sähkö				
	Valaistus, kiinteistö		LVI sähkö		Sähkölämmitys, kiinteistö	Laitteet, asukas		Aurinkosähkön tuotanto		CHP tuotto		
	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	
1	111.9	191.8	111.3	190.7	2700.0	4608.7	251.8	431.3	0.0	-26.0	0.0	0.0
2	99.3	173.2	98.7	172.2	2372.0	4081.7	223.5	389.6	0.0	-66.7	0.0	0.0
3	103.1	191.8	102.5	190.7	2228.0	3918.5	232.0	431.3	0.0	-201.3	0.0	0.0
4	79.2	185.5	79.3	186.3	1050.0	1958.4	178.1	417.5	-15.4	-417.9	0.0	0.0
5	64.0	191.8	64.5	193.6	488.8	1042.8	144.1	431.3	-72.0	-687.3	0.0	0.0
6	51.8	185.5	52.5	188.4	174.4	510.2	116.5	417.5	-116.5	-827.9	0.0	0.0
7	57.1	191.8	58.1	195.3	122.2	406.0	128.5	431.3	-75.4	-730.7	0.0	0.0
8	69.0	191.8	70.1	195.0	178.2	460.2	155.2	431.3	-36.1	-536.5	0.0	0.0
9	85.4	185.5	86.3	187.7	540.5	1018.3	192.2	417.5	-0.2	-271.8	0.0	0.0
10	105.3	191.8	105.8	192.6	1337.0	2327.3	236.8	431.3	0.0	-109.5	0.0	0.0
11	107.6	185.5	107.3	185.1	2125.0	3638.0	242.1	417.5	0.0	-36.3	0.0	0.0
12	112.4	191.8	111.6	190.4	2844.0	4846.7	252.8	431.3	0.0	-14.7	0.0	0.0
Yhteensä	1046.2	2257.4	1048.1	2268.1	16160.1	28816.7	2353.6	5078.8	-315.6	-3926.6	0.0	0.0


IDA Indoor Climate and Energy

Versio: 4.71

Käyttöoikeus: IDA40:17AUG/R3P1Y (Koelisenssi)

## Energiaraportti

## Maalämpöpumppu

		Energiaraportti	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	189.4 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	481.0 m <sup>3</sup>
Vastuhenkilö		Mallin maaperän pinta-ala	182.9 m <sup>2</sup>
Sijainti	Pori_029520 (ASHRAE 2013)	Mallin vaipan ala	565.0 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_PORI_029520(IW2)	Ikkuna/Vaippa	4.9 %
Tapaus	Maalämpö	Keskimääräinen U-arvo	0.2433 W/(m <sup>2</sup> K)
Simuloitu	29.4.2017 14:43:56	Vaipan alan suhde tilavuuteen	1.175 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

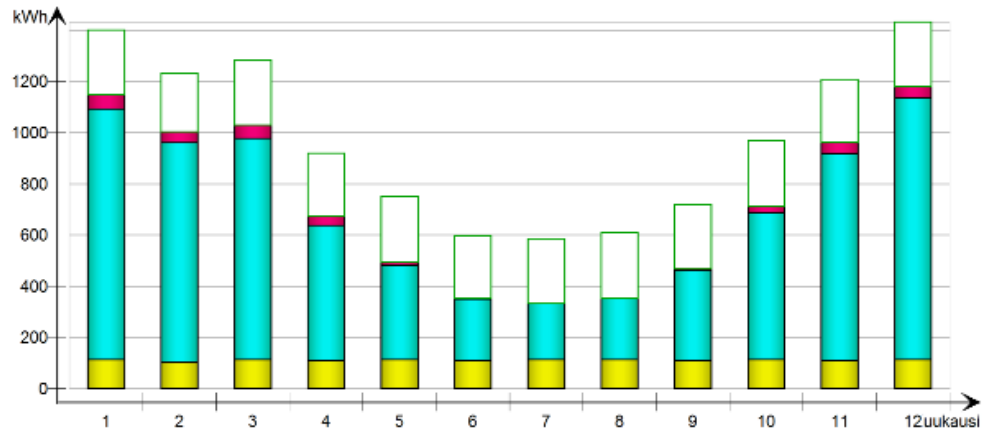
## Rakennuksen viihtyisyysindeksi

Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C lämpimimmässä vyöhykkeessä	8 %
Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	2 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	7 %

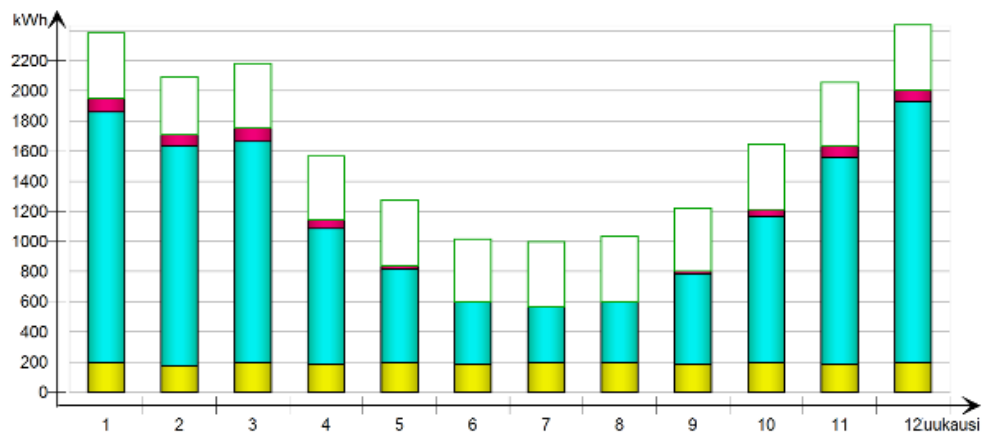
## Ostoenergiankulutusraportti

	Käytetty energia		Ostoenergia		Tarve	Kokonaisenergia	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0	0.15	2257	11.9
LVI sähkö	7057	37.3	7057	37.3	3.43	11997	63.4
Sähkölämmitys, kiinteistö	327	1.7	327	1.7	2.13	555	2.9
Yhteensä, Kiinteistösähkö	8712	46.0	8712	46.0		14809	78.2
Yhteensä	8712	46.0	8712	46.0		14809	78.2
Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8	0.34	5079	26.8
Yhteensä, Asukkaan sähkö	2987	15.8	2987	15.8		5079	26.8
	Tuotettu energia		Myyty energia		Tuotettu		
CHP tuotto	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
Yhteensä, Tuotettu sähkö	0	0.0	0	0.0		0	0.0
Yhteensä	11699	61.8	11699	61.8		19888	105.0

## Kuukausittainen ostoenergiankulutus




## Kuukausittainen kokonaisenergia



Kuukausi	Kiinteistö sähkö				Asukkaan sähkö		Tuotettu sähkö			
	Valaistus, kiinteistö		LVI sähkö		Laitteet, asukas		CHP tuotto			
	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)		
1	112.8	191.8	979.9	1665.8	54.5	92.7	253.7	431.3	0.0	0.0
2	101.9	173.2	859.6	1461.3	43.8	74.5	229.2	389.6	0.0	0.0
3	112.8	191.8	865.4	1471.2	51.5	87.6	253.7	431.3	0.0	0.0
4	109.1	185.5	528.4	898.3	35.0	59.4	245.6	417.5	0.0	0.0
5	112.8	191.8	367.2	624.2	13.1	22.2	253.7	431.3	0.0	0.0
6	109.1	185.5	240.9	409.5	2.5	4.2	245.6	417.5	0.0	0.0
7	112.8	191.8	219.5	373.1	0.0	0.0	253.7	431.3	0.0	0.0
8	112.8	191.8	240.8	409.4	0.0	0.0	253.7	431.3	0.0	0.0
9	109.1	185.5	352.3	598.9	9.3	15.8	245.6	417.5	0.0	0.0
10	112.8	191.8	573.3	974.6	27.9	47.4	253.7	431.3	0.0	0.0
11	109.1	185.5	807.9	1373.4	46.4	78.8	245.6	417.5	0.0	0.0
12	112.8	191.8	1022.0	1737.4	42.8	72.8	253.7	431.3	0.0	0.0
Yhteensä	1327.9	2257.4	7057.2	11997.2	326.7	555.4	2987.5	5078.8	0.0	0.0

## Energiaraportti

## Ilma-vesilämpöpumppu

		Energiaraportti	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	189.4 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	481.0 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö		Mallin maaperän pinta-ala	182.9 m <sup>2</sup>
Sijainti	Pori_029520 (ASHRAE 2013)	Mallin vaipan ala	565.0 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_PORI_029520(IW2)	Ikkuna/Vaippa	4.9 %
Tapaus	Ilma-vesilämpöpumppu	Keskimääräinen U-arvo	0.2433 W/(m <sup>2</sup> K)
Simuloitu	29.4.2017 12:51:04	Vaipan alan suhde tilavuuteen	1.175 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

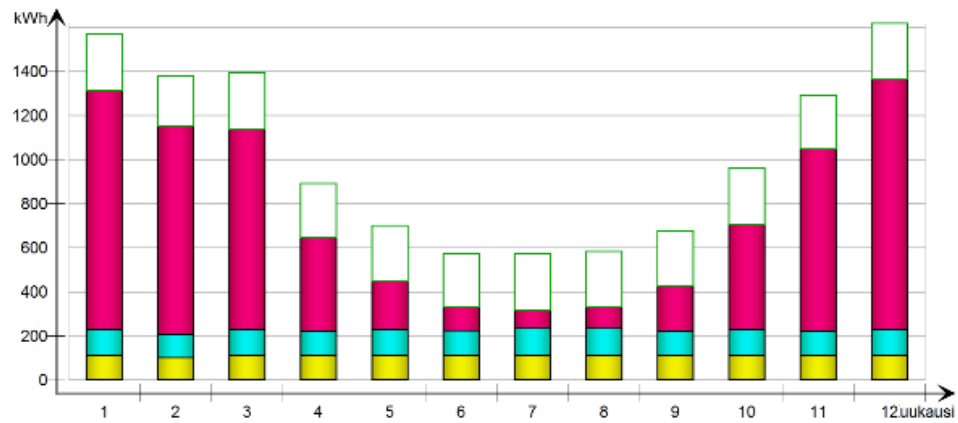
## Rakennuksen viihtyisyysindeksi

Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C lämpimimmässä vyöhykkeessä	20 %
Niiden tuntien osuus, jolloin operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	10 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	10 %

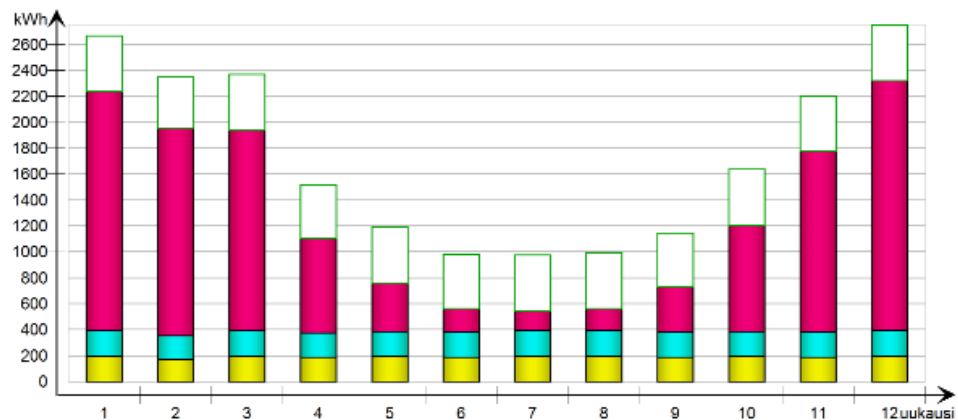
## Ostoenergiankulutusraportti

	Käytetty energia		Ostoenergia		Tarve	Kokonaisenergia	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Valaistus, kiinteistö	1328	7.0	1328	7.0	0.15	2257	11.9
LVI sähkö	1380	7.3	1380	7.3	0.18	2345	12.4
Sähkölämmitys, kiinteistö	6526	34.5	6526	34.5	7.16	11094	58.6
Yhteensä, Kiinteistösähkö	9234	48.8	9234	48.8		15696	82.9
Yhteensä	9234	48.8	9234	48.8		15696	82.9
Laitteet, asukas	2987	15.8	2987	15.8	0.34	5079	26.8
Yhteensä, Asukkaan sähkö	2987	15.8	2987	15.8		5079	26.8
	Tuotettu energia		Myyty energia		Tuotettu		
CHP tuotto	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
Yhteensä, Tuotettu sähkö	0	0.0	0	0.0		0	0.0
Yhteensä	12221	64.5	12221	64.5		20775	109.7

### Kuukausittainen ostoenergiankulutus



### Kuukausittainen kokonaisenergia



Kuukausi	Kiinteistö sähkö						Asukkaan sähkö		Tuotettu sähkö	
	Valaistus, kiinteistö		LVI sähkö		Sähkölämmitys, kiinteistö		Laitteet, asukas		CHP tuotto	
	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)	(kWh)	Kokonaisenergia (kWh)
1	112.8	191.8	117.3	199.4	1086.0	1846.2	253.7	431.3	0.0	0.0
2	101.9	173.2	106.4	180.9	944.7	1606.0	229.2	389.6	0.0	0.0
3	112.8	191.8	116.7	198.4	909.5	1546.2	253.7	431.3	0.0	0.0
4	109.1	185.5	111.1	188.9	427.9	727.4	245.6	417.5	0.0	0.0
5	112.8	191.8	115.3	196.0	221.4	376.4	253.7	431.3	0.0	0.0
6	109.1	185.5	114.1	194.0	105.6	179.5	245.6	417.5	0.0	0.0
7	112.8	191.8	121.6	206.7	85.9	146.0	253.7	431.3	0.0	0.0
8	112.8	191.8	120.4	204.7	96.6	164.3	253.7	431.3	0.0	0.0
9	109.1	185.5	111.5	189.6	207.8	353.3	245.6	417.5	0.0	0.0
10	112.8	191.8	115.0	195.5	481.7	818.9	253.7	431.3	0.0	0.0
11	109.1	185.5	112.0	190.4	824.9	1402.3	245.6	417.5	0.0	0.0
12	112.8	191.8	118.2	200.9	1134.0	1927.8	253.7	431.3	0.0	0.0
Yhteensä	1327.9	2257.4	1379.6	2345.3	6526.0	11094.3	2987.5	5078.8	0.0	0.0