

Jani Takalo-Eskola

## **LIKEHUONEISTON ENERGIAKATSELMUS**

# LIKEHUONEISTON ENERGIAKATSELMUS

Jani Takalo-Eskola  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Energiatekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Jani Takalo-Eskola

Opinnäytetyön nimi: Liikehuoneiston energiakatselmus

Työn ohjaaja: Timo Kiviahde

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät, 2016

Sivumäärä: 36

---

Työn toimeksiantajana toimi Oulaisten LVI, jonka liiketilaa työssä tarkasteltiin. Liiketilän nykyisenä lämmitysmuotona toimii kaukolämpö ja lisälämmönlähteenä ilmalämpöpumppu. Rakennuksen koko on 256 neliötä ja tilavuus 834 kuutiota.

Työn tavoitteena oli tarkastella kiinteistön energiankäyttöä, lämmitysjärjestelmää ja -muotoa. Tarkoituksena oli saada toimeksiantajalle konkreettisia ehdotuksia energian säästämiseen ja järjestelmien nykyisen tilan ja kilpailukyvyn kartoittamiseen.

Energiankulutuksia aloitettiin tutkimaan nykyisten kulutustietojen perusteella sähkö- ja kaukolämpölaskujen avulla, koska tarkkoja mittauksia käytöstä ei ollut saatavilla. Kiinteistön kulutuksen tarkasteluun rakennettiin avuksi e-lukulaskuri, jolla voitiin laskea kyseiselle kiinteistölle vertailukulutus. Toimeksiantajalle mitoitettiin myös maalämpöpumppu, joka toimi vertailukohteenä tarkasteltaessa kaukolämmitystä. Mitoituksessa hyödynnettiin lämpöpumppuvalmistajan mitoitushjelmistoa. Kiinteistöön mitoitettiin myös aurinkosähköjärjestelmä, jonka laskemiseen hyödynnettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osia D3 ja D5, kuten e-lukulaskurissa.

Vertailukohteen lämmityksentarve kohdennettiin lähelle kohteen tietoja, mutta sähkönkulutus kohteessa oli korkeampi. Tämän perusteella voitiin lähteä tutkimaan kohteen säästöpotentiaalia sähkönkulutuksessa. Aluksi kartoitettiin taloudellisimpia ja helpoimpia keinoja saavuttaa säästöjä kohteen tyyppisissä rakennuksissa, minkä jälkeen hyödynnettiin e-lukulaskuria lukujen saamiseksi.

Säästötoimenpiteiksi saatiin sisälämpötilan laskeminen, ilmalämpöpumpun käytön säätäminen, ilmanvaihtokoneen uusiminen ja liiketilän valaistuksen vaihtaminen ledeihin millä yhteensä saavutetaan yli 1000 euron vuotuiset säästöt energiakuluihin alle 5000 euron investoinneilla. Sijoittamalla aurinkosähköön ja maalämpöjärjestelmään noin 30 000 euroa voitaisiin säästää vuosittain yli 2000 euroa. Esitetyille ehdotuksille laskettiin hieman yli 10 vuoden takaisinmaksuaika.

Osa säästöistä voidaan tehdä nopeasti ja minimaalisin kustannuksin, joilla saavutetaan rahallista säästöä. Loput vaativat investointeja, jotka vaativat aikaa ja rahallista panostusta. Kiinteistön käyttöä voitaisiin kehittää parantamalla energiankäytön seuranta ja vähentämällä energiankäyttöä välittömästi käyttöajan ulkopuolella.

---

Asiasanat: kaukolämmitys, maalämpö, aurinkoenergia, energiajärjestelmät, energiankäyttö, energiakustannukset

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO.....	5
2 ENERGIA SUOMESSA.....	6
3 LÄHTÖTIEDOT.....	8
3.1 Toimeksiantaja.....	8
3.2 Kohde.....	8
3.3 Nykyinen järjestelmä.....	8
3.4 Teoreettinen säästöpotentiaali.....	9
4 LÄMMITYSMUOTOJEN TARKASTELU.....	11
4.1 Kaukolämmitys.....	11
4.2 Ilmalämpöpumppu.....	12
4.3 Aurinkoenergia.....	15
4.4 Maalämmitys.....	17
5 KOHTEEN ENERGIANKÄYTTÖ.....	19
5.1 Kaukolämpö.....	19
5.2 Sähkönkulutus.....	20
6 VAIHTOEHTOJEN MITOITUS.....	22
6.1 Maalämmön mitoitus.....	22
6.2 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus.....	26
7 ENERGIAKATSELMUS.....	28
7.1 Maalämpöjärjestelmä.....	28
7.2 Aurinkosähkö.....	29
7.3 Järjestelmävaihtoehtojen vertailu.....	29
7.4 Säästötoimenpiteet.....	30
8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	32
9 POHDINTA.....	33
LÄHTEET.....	34

# 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on kartoittaa Oulaisten LVI:n nykyisen liiketilan valmiudet energiatehokkaaseen toimintaan. Työssä tarkastellaan kiinteistön energiankulutusta sähkön ja kulutetun kaukolämmön osalta. Mitoitetaan myös eri energiantuotantovaihtoehtoja ja tarkastaa nykyisten keinojen kilpailukykyisyys.

Työn tavoitteena on tutkia eri vaihtoehtojen tuottamia energiamääriä ja niiden aiheuttamia kuluja, jotta saadaan toisten vaihtoehtojen kanssa vertailukelpoisia lukuja. Lisäksi selvitetään, kannattaako lämmitysmuotoa vaihtaa tai investoida esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmään ja tutkitaan niistä mahdollisesti aiheutuvia säästöjä tai kuluja.

Lisätavoitteena on esittää kiinteistön hallinnolle konkreettisia parannusehdotuksia, joilla saataisiin hillittyä energiakustannuksia. Lopuksi kootaan kilpailukykyiset vaihtoehdot ja esitellään säästöistä mahdollisesti koituvia lukuja ja investointeja. Kaikkien edellämainittujen asioiden tarkasteluun voidaan käyttää mitoitus- tai suunnitteluohjelmistoja.

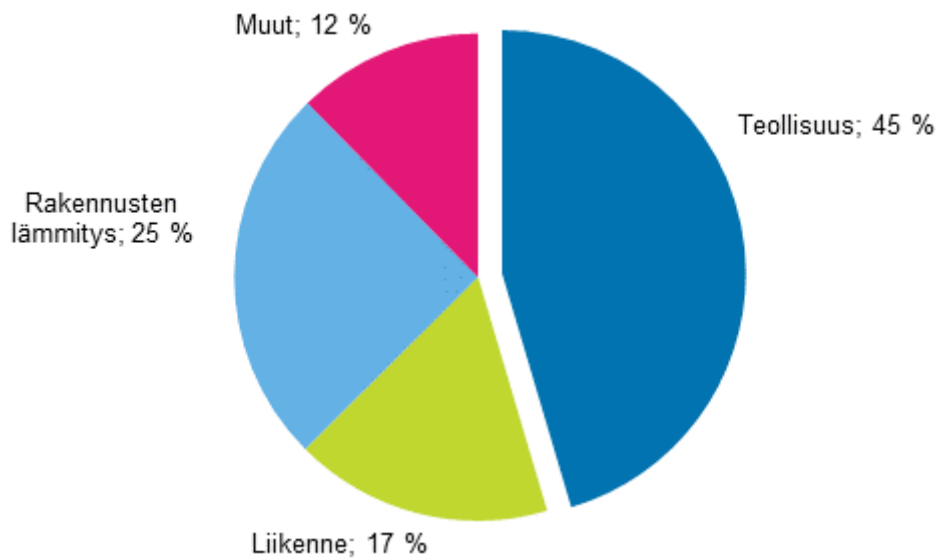
Työn aihealue on rajattu lämmitys- ja energiantuotantomuotojen sekä säästötoimenpiteiden tarkasteluun. Säästötoimenpiteissä ei otettu huomioon vedenkulutusta, koska tietoja siitä ei saatu. Tarkastelusta jätetään myös pois rakenteelliset tekijät.

Tarkastelut tehdään toimeksiantajan toimittamien lukujen ja tietojen perusteella laskennallisesti. Työ on aloitettu alkukevällä 2016 ja tavoitteena on saada työ valmiiksi kesäkuuhun mennessä. Työstä jätettiin pois energiasimulointi sen aiheuttaman laajuuden takia.

## 2 ENERGIA SUOMESSA

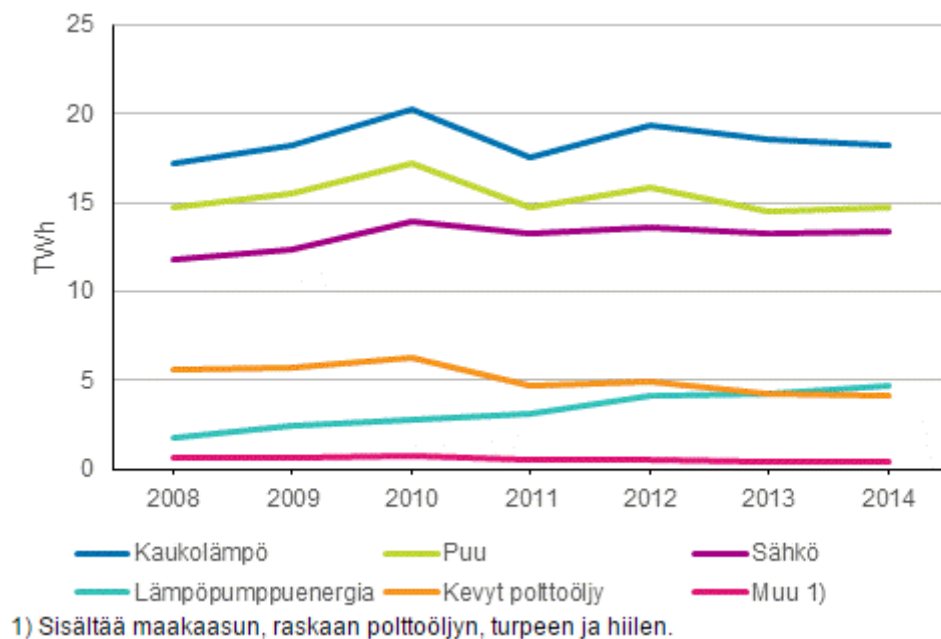
Energiatehokkuus ja yleinen tehokkuusajattelu näkyy jatkuvasti nyky maailmassa. Ihmiset ovat huolissaan uusiutumattomien luonnonvarojen riittävydestä, ympäristön saastumisesta sekä kiristyvästä taloudellisesta tilanteesta. Tämä näkyy käytännössä siten, että energiantuottajat ja -kuluttajat etsivät ympäristöystävällisempiä ja halvempia tapoja oman toimintansa toteuttamiseen. (Sarvelainen, Saxell, Sinkko, Suikkanen & Tuliniemi. 2014, 37.)

Energian loppukäytössä rakennusten lämmitykseen menee 25 % kun teollisuus vie suurimman osuuden. Vuonna 2015 energian kokonaiskulutus oli 361 terawattituntia, joka oli 3 % vähemmän kuin vuonna 2014 (Tilastokeskus 2016, viitattu 19.4.2016).



KUVIO 1. Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain vuonna 2015 (Tilastokeskus 2016, viitattu 23.4.2016)

Asuinrakennusten lämmitysmuotojen kehittymistä tarkastellessa nähdä lämpöpumppujen määrän vakaa kasvu. Tilastokeskuksen (2015) mukaan lämpöpumpuilla on korvattu pääosin suoraa sähkölämmitystä ja öljyn sekä puun lämmityskäyttöä. Tämä näkyy myös suoraan öljyn lämmityskäytön vähenemisenä kuviossa 2. Myös energian säästäminen pelkällä käyttötottumusten muutoksella on keino vähentää kustannuksia, mutta tällöin joudutaan tinkimään toimintaympäristön olosuhteista (Sarvelainen ym. 2014, 37).



KUVIO 2. Asumisen energiankulutus 2008-2014. (Tilastokeskus 2015, viitattu 23.4.2016)

Sarvelaisen (2014, 37) mukaan energiatehokkuuden periaatteena on pienentää ostoenergian määrää samalla minimoiden tuotanto- ja käyttöhäviöitä. Kansantajuisuuden säilyttämiseksi on energia- ja tilavuusyksiköiden lisäksi säästöt ilmoitettava myös rahallisesti. Energiakatselmointien tarkoituksena onkin selvittää rakennuksen nykytila ja keinot, joilla saavutetaan säästöjä.

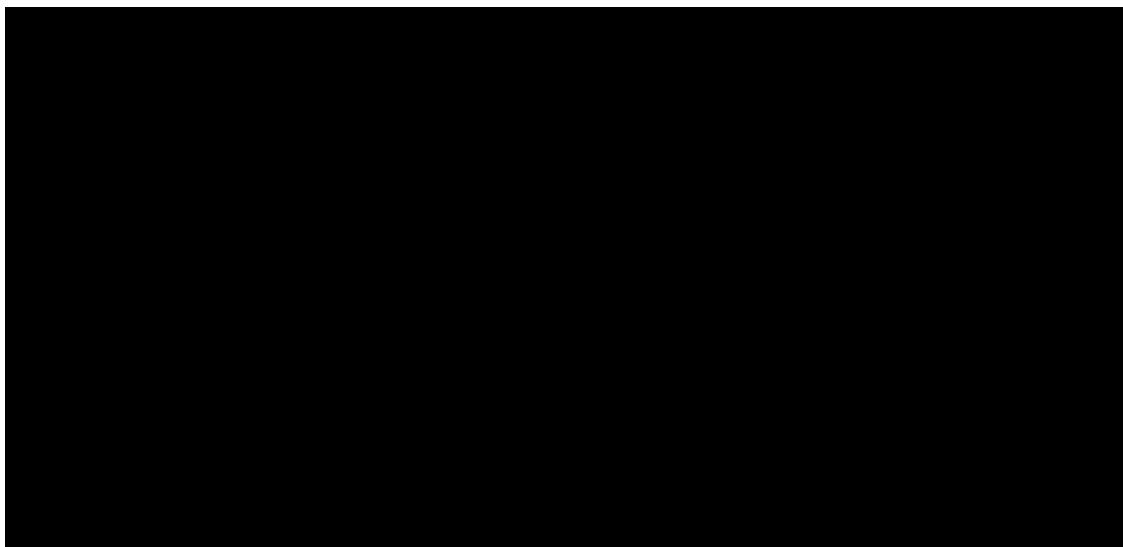
## 3 LÄHTÖTIEDOT

### 3.1 Toimeksiantaja

Työn toimeksiantajana toimii Oulaisten LVI Oy, joka on perustettu 1985. Yritys tekee LVI-urakoiteja, huoltotöitä ja tarvikemyyntiä. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2014 noin 3,5 miljoonaa euroa. Yrityksen markkina-alueena on Oulainen ja sen lähikunnat. Tarvikemyymälä kuuluu Hanakat-ketjuun. (Oulaisten LVI, viitattu 15.2.2016.)

### 3.2 Kohde

Työn kohteena toimii Oulaisten LVI:n liiketila, joka sijaitsee Oulaisissa. Rakennus on tehty vuonna 1999. Tilan huoneistoala kuviossa 3 on 445 neliötä, joista lämmintilaa 256 ja kylmätilaa 186 neliötä. Lämmintila koostuu myymälätilasta, toimistoista ja arkistosta, taukhuoneesta, pukuhuoneesta, kahdesta WC:stä sekä teknisestä tilasta ja sähkökaapista. Kylmätiloihin luetaan varastotila ja putkikatot. Lämmintilojen tilavuudet ovat yhteensä 834 kuutiota ja kylmätilojen tilavuudet 604 ja 133 kuutiota.



*KUVIO 3. Liiketilän pohjakuva. Kylmät tilat merkitty sinisellä pohjavärillä ja lämpimät punaisella.*

### 3.3 Nykyinen järjestelmä

Kiinteistö on kytketty kaukolämpöverkkoon ja lisäksi kohteessa ilmalämpöpumppu ja ilmanvaihtokone. Nykyisestä kokoonpanosta on pyydetty kulutustietoja, jotta voidaan verrata kulutusta muihin vaihtoehtoihin.



Kaukolämmönvaihdin on teholtaan 120 kW ja lämpimän käyttöveden vaihdin 30 kW. Ilmalämpöpumppu on Panasonicin CS/CU-E12EKEB, jonka sisäyksikkö on sijoitettu isoon myymälätilaan. Ilmanvaihtokone on Swegon ILTO 800, joka toimii ristivirtaperiaatteella ja on hyötysuhteeltaan 60 %.

### 3.4 Teoreettinen säästöpotentiaali

Motivan (2015e, viitattu 23.4.2016) tietojen mukaan toimistotyyppisten tilojen energiakatselmuksilla on säästetty energiakuluja keskimäärin 15 prosenttia. Näistä kustannuksista 10 % tulee sähköstä, 16 % lämmöstä ja 7 % vedestä. Myymälöissä vastaavat lukemat ovat 14, 6 ja 4 prosenttia. Kustannussäästöjä myymälöissä saavutettiin 8 prosentin verran.

TIP-Vent-tutkimuksen mukaan puhaltimen, jolla on hyvä SFP-luku, energiankulutus tulisi olla vain 10–15 % kaikkien LVI-laitteistojen energiankulutuksesta. Huono puhallin voi napata jopa yli 50 % LVI-laitteiden energiankulutuksesta. (TIP-Vent 2002, 18, viitattu 23.4.2016.)

Finzebin (2015, 11, viitattu 23.4.2016) mukaan tehokkain tapa vähentää ilmanvaihdon kokonaisenergiankulutusta on toteuttaa se tarpeenmukaisesti tiloihin todetun käytön ja käyttöasteen mukaan. Esimerkiksi toimistorakennuksiin ehdotetaan hiilidioksidi- ja lämpötilaohjauksella toimivaa ilmavirtasäätöä ja käyttämällä standardikäytön mukaista ilmamäärää 0,7 l/s/m<sup>2</sup>. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla saavutetaan merkittäviä säästöjä kustannuksiin ja sillä on suuri vaikutus myös E-lukuun.

Vaatimukset talteenotolle tulevat myös tiukentumaan sillä EU:n komission asetuksessa määritellään mm. seuraavaa: "Nestekiertoisen lämmöntalteenottojärjestelmän lämpötilahyötysuhteen on oltava vähintään 63 % v. 2016 ja 68 % v. 2018. Muun kuin nestekiertoisen lämmöntalteenottojärjestelmän lämpötilahyötysuhteen on oltava 67 % v. 2016 ja 73 % v. 2018." Rakennuksissa voidaan nykyisillä lämmöntalteenottoratkaisuilla päästä jo 72 %:n vuosihyötysuhteisiin (Finzeb 2015a, 9–10, viitattu 23.4.2016).

Myös valaistuksella on suuri merkitys kiinteistön sähkönkulutukseen. Uudet lediteknikat sekä tarpeenmukainen valaistusohjaus ovat kustannustehokkaita keinoja, joilla saavutetaan

parannuksia E-lukuun. (Finzeb 2015,12–14, viitattu 23.4.2016.) Mikäli valaistus on kiinteistön toiminnalle ominaista, sen energiankulutus voi olla jopa 50 % kokonaisenergiankulutuksesta. Palvelurakennuksissa valaistus vie 20–40 % osuuden. Vanhojen rakennusten uusitut valaistus- ja ohjausjärjestelmät voivat saada aikaan jopa 80 % säästön valaistuksen energiankulutuksessa. (Harsia & Kallioharju, 7, viitattu 23.4.2016.)

Motivan (2015d, viitattu 23.4.2016) tietojen perusteella kaukolämpökeskuksen tekninen käyttöikä on 20–25 vuotta. Lämpökeskus on käyttökelpoinen vielä useamman vuoden, koska kohteen nykyinen järjestelmä on rakennettu todennäköisesti rakennuksen yhteyteen vuonna 1999,

Aurinkosähköllä toimistotalossa voidaan saada omaan käyttöön tuotettua 21% talon vuositarpeesta ja 10–13,5 kWh:n/m<sup>2</sup> pienennys E-lukuun. Ulosmyytävästä energiasta ei saada taloudellista hyötyä. (FinZEB 2015b, viitattu 23.4.2016.)

Tulevaisuudessa myös lämmöntalteenotto harmaasta jätevedestä voi olla hyvä keino vaikuttaa E-lukuun. Toistaiseksi elinkaarikustannustarkastelussa se ei kuitenkaan ole kannattavaa. (Finzeb 2015a, viitattu 23.4.2016.)

## 4 LÄMMITYSMUOTOJEN TARKASTELU

### 4.1 Kaukolämmitys

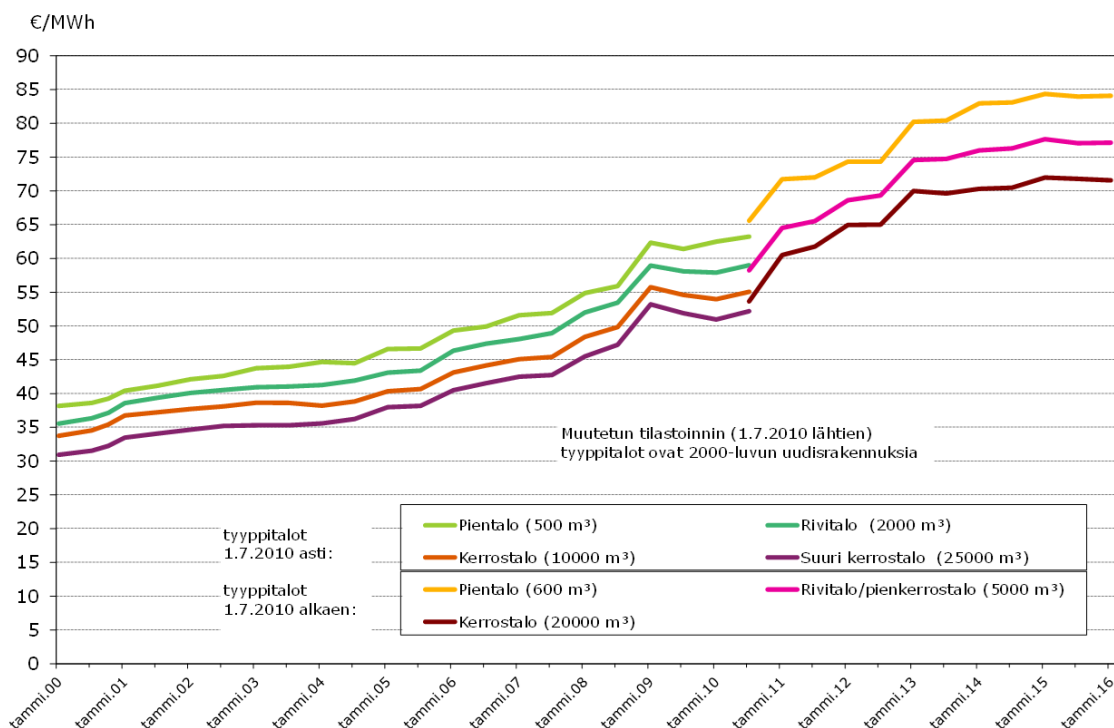
Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Vuonna 2012 Suomen lämmitysenergiasta tuotettiin kaukolämmöllä 46 prosenttia. Lähes 95 prosenttia asuinkerrostaloista ja valtaosa julkisista sekä liikerakennuksista on kaukolämmityksen piirissä. Omakotitaloissa osuus on yli 7 prosenttia lämmitysenergiasta. (Energiateollisuus 2016a, viitattu 19.4.2016.)

Kaukolämpö on energiatehokasta, ympäristömyönteistä ja taloudellista, koska siinä hyödynnetään suurelta osalta muuten hukkaan menevää lämpöenergiaa, joka syntyy sähköntuotannon yhteydessä tai esimerkiksi teollisuudessa prosessien jätelämpönä (Energiateollisuus 2016b, viitattu 19.4.2016). Kaukolämpö on myös hyvin luotettava lämmitysmuoto ja sen toimintavarmuus onkin lähes sataprosenttinen (Energiateollisuus 2016c, viitattu 19.4.2016).

Kaukolämpöä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa tai lämpölaitoksissa. Asiakkaille lämpö tulee kaksiputkisen kaukolämpöverkon välityksellä teknisessä tilassa sijaitsevaan lämpökeskukseen, jossa lämpö luovutetaan lämmönsiirtimen avulla asiakkaiden omaan lämmitysjärjestelmään. Asiakkaille tulevan kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee yleisesti säätilan mukaisesti 65 asteesta 115 asteeseen. Alimmillaan se on kesällä jolloin lämpöä käytetään lähinnä lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Paluuveden lämpötila vaihtelee 40 ja 60 asteen välillä. (Energiateollisuus 2016c, viitattu 19.4.2016.)

Kaukolämmön hinta muodostuu liittymismaksusta, perusmaksusta ja energiamaksusta. Liittymismaksu vaihtelee eri paikkakuntien ja erikokoisten kiinteistöjen välillä. Käyttömaksut perustuvat sopimustehoon tai sopimusvesivirtaan sidottuun perusmaksuun ja käytetystä polttoaineesta riippuvaan energiamaksusta. Vuonna 2014 kaukolämmön keskihinta oli 7,3 senttiä kilowattitunnilta. Hintaan vaikuttavat eniten kaukolämmitysjärjestelmän koko ja lisäksi kaukolämpölaitoksen ikä, taajaman rakenne, investointien tehokkuus sekä laitoksen hoito ja omistajan tuottovaatimukset ja energiantuotannossa käytetyt polttoaineet. (Energiateollisuus 2016d, viitattu 19.4.2016.)

Kuviosta 4 nähdään kaukolämmön kokonaishinnan kehitys vuosilta 2000–2016. Kuviosta voidaan nähdä, että hinnat ovat kasvaneet lähes koko tarkastelujakson ajan. Hintojen nousulla voidaan perustella energiajärjestelmän tarkastelun aiheellisuus.



KUVIO 4. Kaukolämmön kokonaishinnan kehitys 2000–2016 (Energiateollisuus 2016e, viitattu 19.4.2016)

## 4.2 Ilmalämpöpumppu

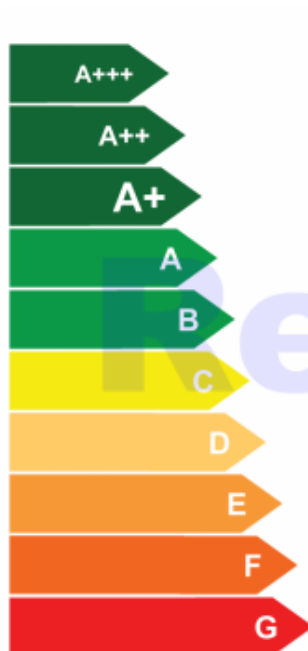
Ilmalämpöpumppu ottaa lämpö- tai kylmäenergiaa talteen ulkoilmasta ja siirtää sen suoraan sisäilmaan. Pumppu lämmitteä tai jäähdyttää käytännössä sitä tilaa, jonne pumpun sisäyksikkö on asennettu. Yleensä ilmalämpöpumppua käytetään lisälämmityslaitteena esimerkiksi sähkölämmityksen ohella ja sillä pyritään yleensä vähentämään lämmityskustannuksia. (Motiva 2015a, viitattu 19.4.2016.)

Lämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköä, ja sen hyötysuhdetta kuvataan lämpökertoimella. Lämpökerroin eli COP kertoo, kuinka paljon lämpöpumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen käyttämään sähköenergiaan. Tyypillinen lämpökerroin ilmalämpöpumpulle on noin kaksi eli se tuottaa tuplasti lämpöä sen käyttämään sähkömäärään nähden. Edullisinta on korkea lämmönoton lämpötila ja matala lämmönkäytön lämpötila, eli ulkoilman kylmetessä pumpun suorituskyky heikkenee. (Motiva 2015b, viitattu 19.4.2016.)

Kylmän tehoa heikentävän vaikutuksen myötä kehitetty uusi termi nimeltä vuosilämpökerroin (SCOP), joka ilmaisee hyötysuhteen kyseisellä markkina-alueella. Vuosilämpökerroin lasketaan erikseen jokaiselle lämmityskaudelle neljän eri lämpötilan mukaisesti. Laskennassa käytettävät lämpötilat on määritetty eri ilmastovyöhykkeihin, joita ovat Etelä-, Keski- ja Pohjois-Eurooppa. Yhdellä pumpulla voi siis olla kolme erilaista energialuokitusta riippuen siitä mihin ilmastovyöhykkeeseen pumpu asennetaan. (Ref Group 2016, viitattu 19.4.2016.)

Luvun määrittämisessä käytettävä standardi on EN 14825, jossa käytetään Suomessa myytävien lämpöpumppujen kertoimen laskentaan Helsingin ilmastovyöhykkeen mukaisia sääolosuhteita. Pumpun hankinnan yhteydessä kannattaa varmistaa, mitä standardia on käytetty lämpökertoimen määrittämiseen. (Nilan 2016, viitattu 19.4.2016.)

Kuviosta 3 nähdään vuosilämpökertoimen vaikutus energialuokan määräytymiseen. SEER on jäähdytyksen vuotuinen kylmäkerroin.



	SEER	SCOP
<b>A+++</b>	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
<b>A++</b>	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
<b>A+</b>	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
<b>A</b>	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
<b>B</b>	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
<b>C</b>	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
<b>D</b>	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
<b>E</b>	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
<b>F</b>	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
<b>G</b>	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

KUVIO 5. Energialuokan määräytyminen vuosilämpökertoimen mukaan. (Ref Group 2016, viitattu 19.4.2016)

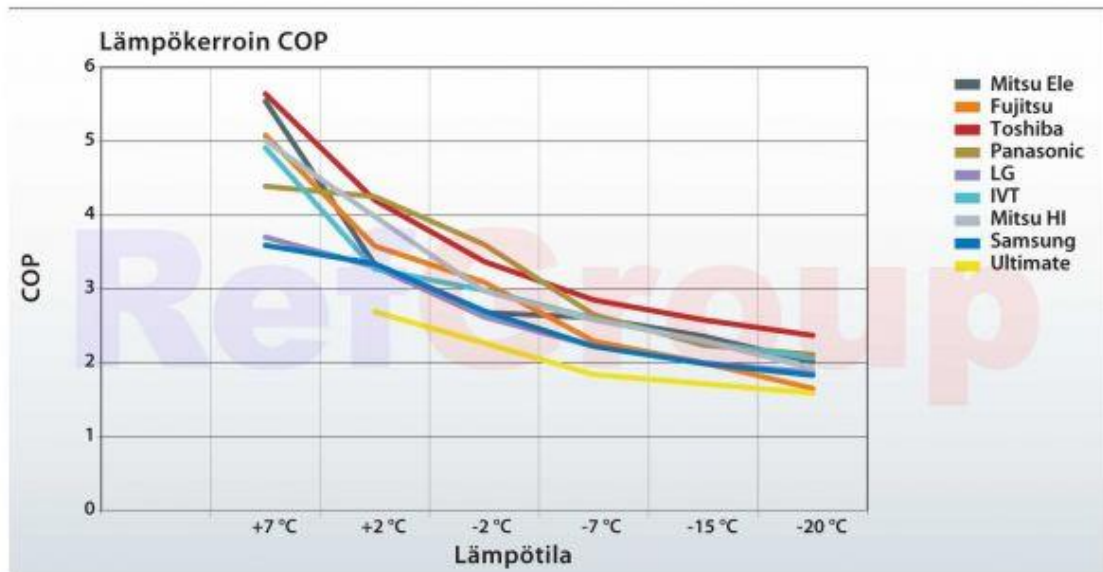
Lämpöpumppu koostuu höyrystimestä eli ulkoyksiköstä ja yhdestä tai useammasta lauhduttimesta eli sisäyksiköstä. Näiden lämmönsiirtimien välillä on kaasupuolella kompressori ja nestepuolella paisuntaventtiili. Ulkoyksikkö kierrättää ulkoilmaa itsensä läpi höyrystäen pumpussa kiertävän kylmäaineen. Kompressori imee höyrystyneen kylmäaineen höyrystimestä ja puristaa sen

pienempään tilaan, jolloin paine ja lämpötila nousevat. Lämmennyt kylmäaine siirretään lauhtumaan sisäyksikköön, joka kierrättää talon sisäilmaa ja lämmittää sitä. Lauhduttimessa kylmäaine muuttuu takaisin nestemäiseksi. Lauhduttimesta kylmäaine kulkee paisuntaventtiilin kautta takaisin höyrystimelle. Paineenalennusventtiili laskee kylmäaineen painetta ja laskee sen lämpötilaa. (Motiva 2015b, viitattu 19.4.2016.)

Pumpun tuottama lämmön määrä riippuu ulkoilman lämpötilasta. Mitä matalampi ulkoilman lämpötila, sitä vähemmän voidaan tuottaa lämpöä. Ilmalämpöpumpulla voidaan tuottaa tyypillisesti 30–40 prosenttia huoneilojen lämmitysenergiasta, kun käytössä on suora sähkölämmitys. Luonnollisesti tähän vaikuttavat lämpöpumpun mitoitus, sisäyksikön asennus, laitteen käyttötavat ja huonejako. Lämpöpumppu soveltuu muita lämmitystapoja täydentäväksi lämmitysmuodoksi. (Motiva 2015a, viitattu 19.4.2016.)

Ilmalämpöpumpun teho pienenee 50 prosenttia, kun siirrytään standardinmukaisesta +7 asteesta –20 asteeseen. Yksi lämpöpumpun sisäyksikkö levittää tavallisesti lämpöä noin 30–100 neliömetrin alueelle. Asennettuna laadukkaan ilmalämpöpumpun kustannus on noin 1500–2500 euroa. Pumpun käytöstä saadut säästöt riippuvat voimakkaasti talokohtaisista tekijöistä. (Energiatehokas koti 2016, viitattu 19.4.2016.)

Kuviossa 6 on esitetty ilmalämpöpumpun lämpökertoimen muutos ulkolämpötilan muuttuessa. Kuvioista käy ilmi, että lämpökerroin on voimakkaasti riippuvainen ulkolämpötilasta. Lämpötilan vaihdellessa +7 ja –20 –asteen välillä, lämpökerroin vaihtelee välillä 5,5–2.



KUVIO 6. Ilmalämpöpumpun lämpökertoimen muutos ulkolämpötilan muuttuessa (Ref Group 2016, viitattu 19.4.2016)

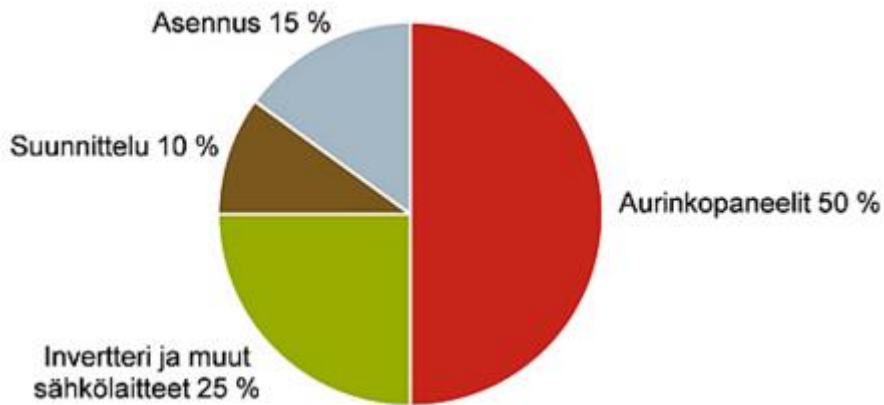
### 4.3 Aurinkoenergia

Aurinkoenergian tuotannossa hyödynnetään auringon säteilyenergiaa. Säteilyä voidaan hyödyntää joko aktiivisesti tai passiivisesti. Aktiivisella hyödyntämisellä tarkoitetaan aurinkosähköä ja -lämpöä. Kun auringosta kerätään lämpö talteen siihen tarvittavaa laitetta kutsutaan aurinkokeräimeksi tai -lämpökeräimeksi. Sähkön tuottamiseen tarvitaan aurinkosähköpaneeli, joka muodostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Auringon paistaessa sähköpaneeli tuottaa jatkuvaa tasavirtaa, joka voidaan myös muuntaa vaihtovirraksi. (Motiva 2014a, viitattu 19.4.2016.)

Aurinkokennojen toiminta perustuu valosähköiseen ilmiöön, jossa säteilyn sisältämät fotonit luovuttavat energiansa kennojen materiaalin elektroneille. Nämä elektronit muodostavat sähkövirran aurinkokennojen virtajohtimiin. Erilaisilla kytkennöillä saadaan muodostettua myös halutun suuruinen jännite ja virta. Järjestelmän muodostama jännite on sarjaan kytkettyjen kennojen jännitteiden summa. Rinnankytkennässä kokonaisvirta muodostuu kennojen yhteenlasketusta virrasta. (Motiva 2014b, viitattu 19.4.2016.)

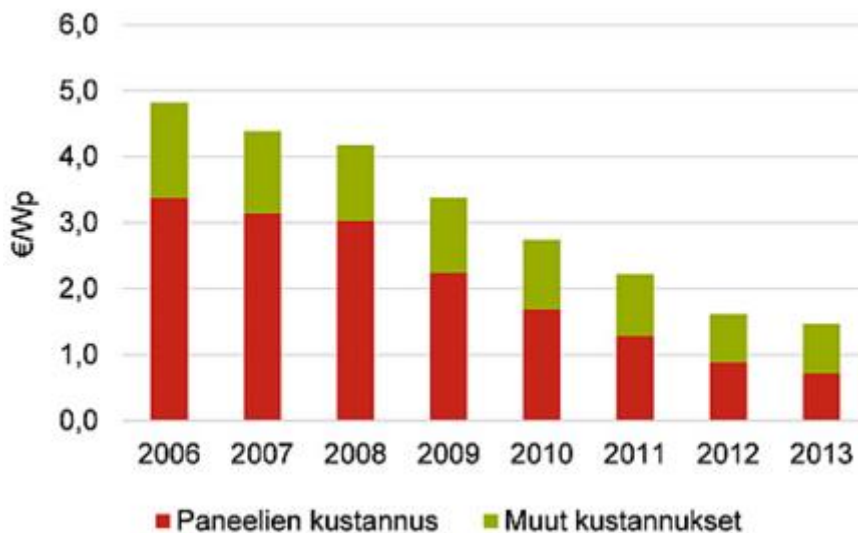
Paneelien sähköä voidaan hyödyntää tasavirtana niitä tukevilla laitteilla tai muuntaa sähkövirta vaihtovirraksi invertterillä. Mikäli sähköä ei voida käyttää heti, se voidaan varastoida akkuihin. Sähkö voidaan myös syöttää verkkoon, mutta lähtökohtaisesti on parempi käyttää se itse. Syötettäessä sähköä verkkoon on käytettävä invertteriä. (Motiva 2014b, viitattu 19.4.2016.)

Yleensä aurinkosähköjärjestelmän hankinta on kannattavinta kohteissa, joissa sähkönkulutus on merkittävää kuumina kesäpäivinä. Esimerkiksi kauppakiinteistöjen kylmälaitteet vievät runsaasti sähköä ympäri vuoden. Tällaisissa kohteissa saadaan aurinkosähköstä järkevä hyöty, kun verkosta ostettavan sähkön kustannukset pienenevät. Kuviosta 7 nähdään mistä aurinkosähköjärjestelmän hinta muodostuu. (Motiva 2014c, viitattu 19.4.2016.)



KUVIO 7. Aurinkosähköjärjestelmän suuntaa antava hinnan muodostuminen (Motiva 2016, viitattu 19.4.2016)

Kuviossa 8 on esitetty suuritehoisien järjestelmien hintakehitystä saksassa. Kuviosta nähdään, että hinta on ollut viime aikoina voimakkaasti laskussa.



KUVIO 8. Rakennuksiin integroitujen suuritehoisten (10–100 kWp) aurinkosähköjärjestelmien hintakehitys Saksassa (alv. 0 %). (Motiva 2016, viitattu 19.4.2016)

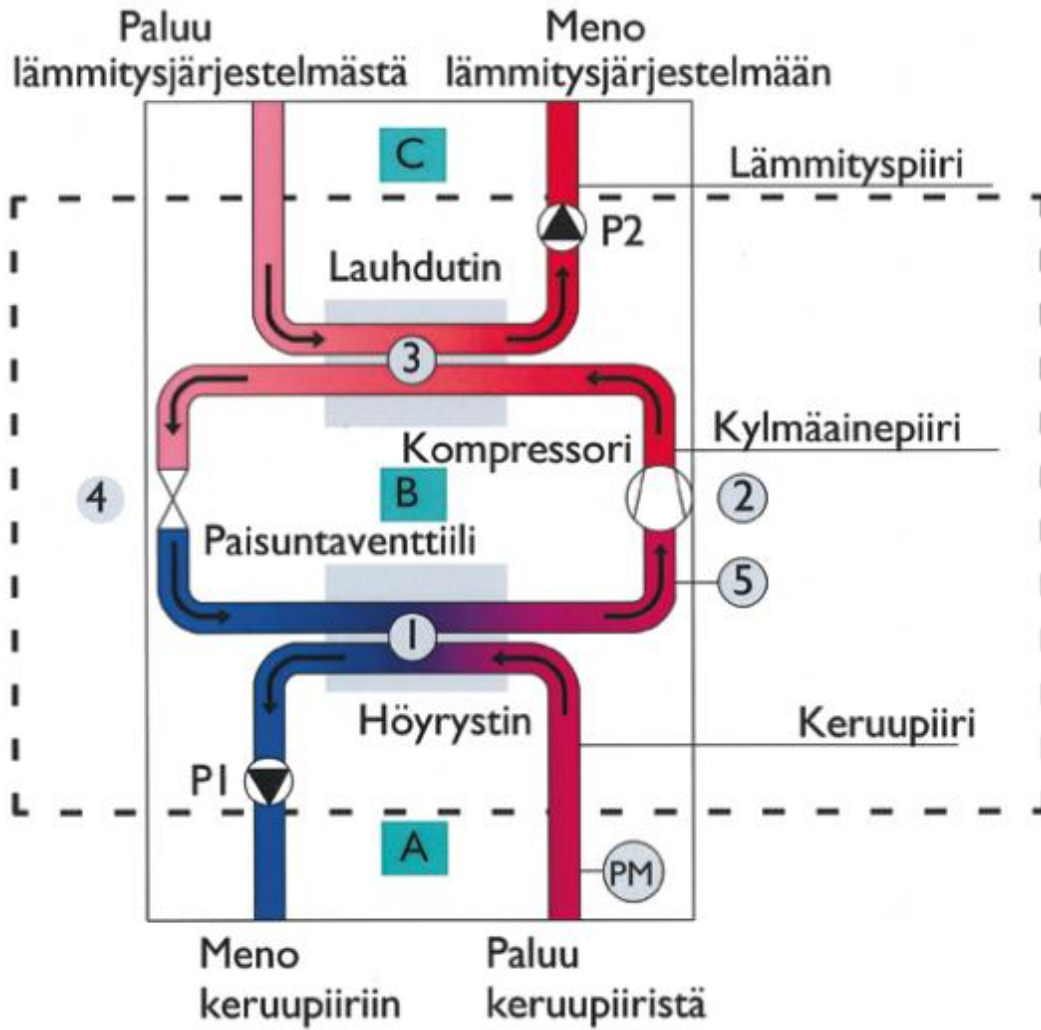


#### 4.4 Maalämmitys

Maalämmitys hyödyntää maaperään varastoitunutta aurinkoenergiaa sekä syvimmissä osissa maapallon ytimeistä peräisin olevaa fissioenergiaa. Maaperään sitoutuneeseen lämpöön päästään käsiksi keruupiirillä, joka voidaan sijoittaa maahan porattavaa lämpökaivoon, upottaa vesistöön tai haudata maahan. Reilusti mitoitettu keruupiiri maksaa itsensä takaisin pitkällä aikavälillä paremman lämpökertoimen avulla. (Motiva 2015c, viitattu 19.4.2016.)

Maalämmön keruuputkistossa kiertää jäätyvätön neste, joka lämpenee muutaman asteen kierron aikana. Nesteestä saatava lämpö höyrystää pumpussa kiertävän kylmäaineen. Kylmäaineen painetta nostetaan kompressorilla, jonka ansiosta myös lämpötila kohoaa. Kylmäaine lauhtuu lauhttimessa takaisin nesteeksi, jolloin se luovuttaa lämpönsä kiinteistön lämmitysjärjestelmään. (Motiva 2015c, viitattu 19.4.2016.)

Kuten muutkin pumput, maalämpöpumpunkin kompressorin vaatii sähköä toimiakseen. Maalämpöpumpun tuottamasta energiasta 2/3 on peräisin maaperästä ja 1/3 on tuotettu sähköllä. (Motiva 2015c, viitattu 19.4.2016.) Maalämpöpumpun toimintaperiaate on esitetty kuviossa 9.



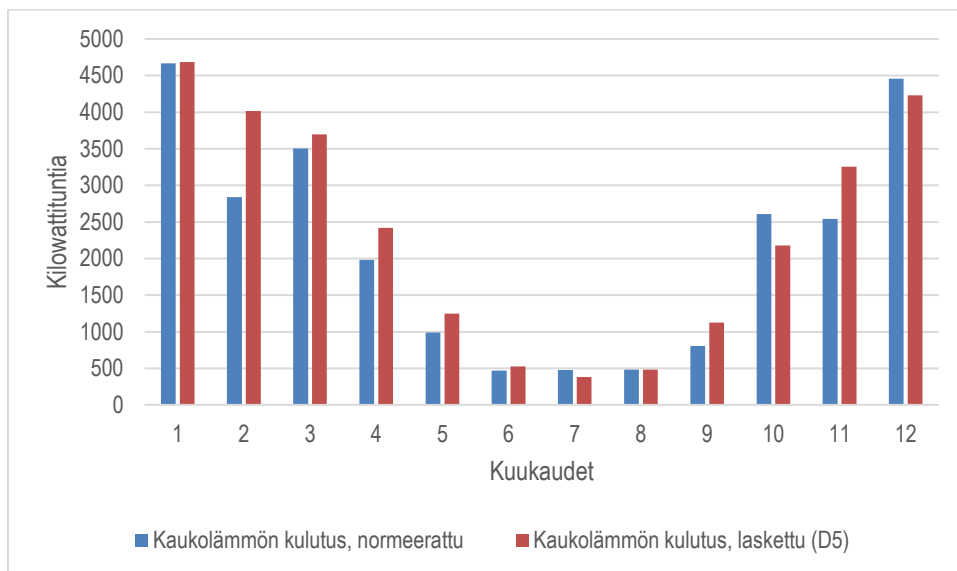
KUVIO 9. Maalämpöpumpun toimintaperiaate ja osat (Juvonen 2013, 12)

## 5 KOHTEEN ENERGIANKÄYTTÖ

### 5.1 Kaukolämpö

Allaoleviin taulukoihin on kerätty kohdekiinteistön energiankulutukset tietyltä aikaväliltä. Tiedot on saatu kiinteistössä käytettävän sähkön- ja lämmöntoimittajilta.

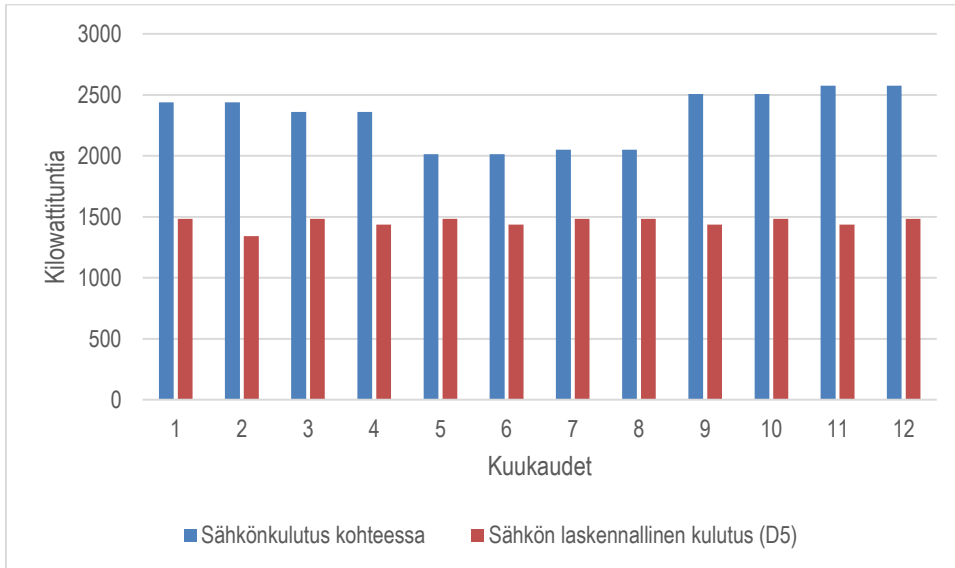
Kuviosta 10 nähdään että kesällä kaukolämmön kuukausikulutus laskee 500 kWh:iin ja huippuaikoina kulutus on yli 4500 kWh. Kaukolämmön keskimääräinen vuosikulutus kiinteistössä oli tarkasteluaikana keskiarvoltaan vajaa 26 000 kWh normeerattuna astepäiväluvun mukaan. Normeerauksessa on käytetty ilmatieteenlaitoksen lämmitystarvelukuja ja vähennetty normeerauksessa käyttöveden kulutus jonka arvioitiin olevan noin 500 kWh. Laskennallisesti vuosikulutus on noin 28 000 kWh. Laskennallinen kulutus on saatu käyttäen rakentamismääräyskokoelman osia D3 ja D5. Kiinteistön ilmanvaihdon lämmityspatterin lämmönlähteenä on kaukolämpö. Talteenoton hyötysuhteena on käytetty 60 %:a, joka on optimistinen.



KUVIO 10. Kaukolämmön kulutus kohteessa vs laskennallinen kulutus kuukausittain.

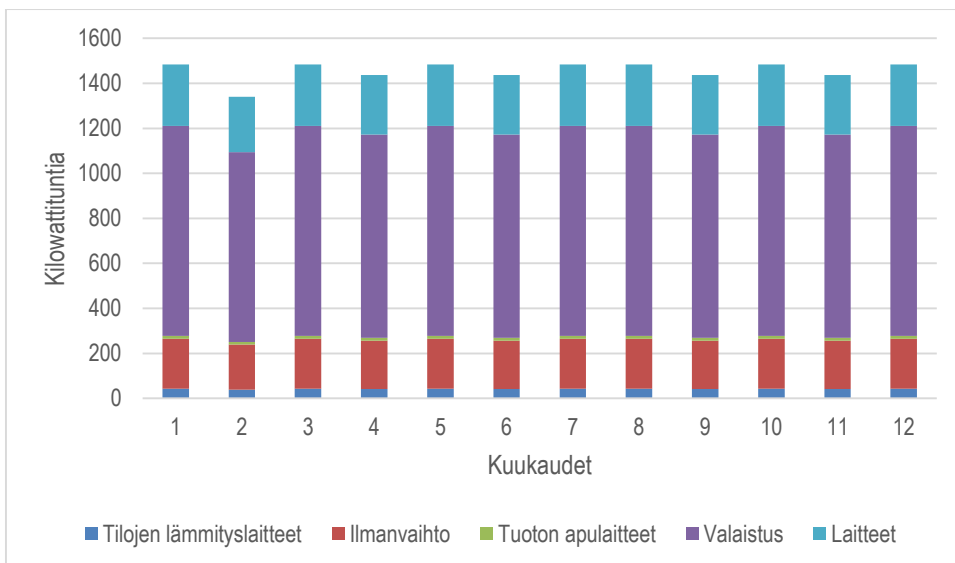
## 5.2 Sähkönkulutus

Rakennuksen sähkönkulutuksen tutkimiseen käytettiin E-lukulaskuria. Laskurissa käytettiin Rakennusmääräyskokoelman D5 mukaisia arvoja. Kuviosta 11 nähdään, että laskennallisesti kulutus on paljon todettua kulutusta pienempi.



KUVIO 11. Sähkönkulutus vs laskennallinen sähkönkulutus kuukausittain.

Sähkönkulutuksen keskiarvo vuodessa on lähes 28 000 kWh ja laskennallisesti noin 17 500 kWh. Kuviosta 11 nähdään, että sähkönkulutus kohteessa on kesäkuukausinakin yli 2000 kilowattituntia. Laskennallisessa versiossa kulutus pysyttelee alle 1500 kilowattitunnin.



KUVIO 12. Sähkön laskennallinen käyttö.

Kuviosta 12 nähdään sähkönkäytön laskennallinen jakautuminen kohteessa. Nämä arvot on laskettu käyttäen rakentamismääräyskokoelman osia D3 ja D5. Kuviosta nähdään, että rakennuksessa valaistukseen kuluu kuukausitasolla suurin osa, tilojen lämmityslaitteiden viedessä minimiaalisesti sähköä. Valaistuksen käyttöä on arvioitu jakamalla osa tilasta toimiston ja osa liiketilan standardiarvojen mukaisesti.

## 6 VAIHTOEHTOJEN MITOITUS

### 6.1 Maalämmön mitoitus

Maalämmön mitoituksessa hyödynnettiin maalämpöpumppuja valmistavan Niben mitoitusohjelmistoa. Mitoitukseen käytettiin aikaisemmin tarkasteltuja kaukolämmönkulutuksia sekä käyttäen käyttövedentarpeena 500 kilowattituntia.

Ohjelman käyttö aloitetaan valitsemalla pumpun sijainti. Ohjelma osaa käyttää mitoituksessa standardin mukaisia alueita. Valitaan vyöhyke III. Tämän avulla ohjelma laskee vuoden lämpötilojen keskiarvon sekä mitoitusulkolämpötilan jotka näkyvät kuviossa 13.

Keskimääräinen ulkolämpötila	3,2 °C	Säävyöhyke III
Mitoittava ulkolämpötila	-32 °C	
Korkeus	0 m	
Leveysaste	0	
Pituusaste	0	

KUVIO 13. Maalämpöjärjestelmän koordinaattien mukaiset tiedot.

Kuviossa 14 ohjelmaan määritellään asumisolosuhteet. Valitaan sisälämpötilaksi 21 astetta ja radiaattorijärjestelmä. Kiinteistö on rakennettu 1999, joten lisälämmöistä saadaan 6,0 °C. Lisäksi valitaan energiankulutuksen määrittelyyn kulutustiedot, jotka on laskettu aiemmin.

Lämmitetty ala	256 m <sup>2</sup>
Rakennusvuosi ja ilmaislämmöt kattavat	1990 - 1999 6,0 °C
Sisälämpötila	21 °C
LJ meno MUT:ssa	55 °C
LJ paluu MUT:ssa	45 °C
Radiaattorijärjestelmä	Radiaattorit
Lattialämmitysjärjestelmä	Puu Betoni
Määrittele energian kulutus	
Lämmitystehon perusteella	Kulutustietojen perusteella

KUVIO 14. Asumisolosuhteet.

Kuviossa 15 tarkastellaan kiinteistön energiankulutusta, jota käytetään pumpun mitoittamiseen. Käytetään kaukolämmön kulutukseen laskettua normeerattua arvoa 26 000 kWh, ja lämpimän käyttöveden arvoa 500 kWh per kuukausi eli 6 000 kWh vuodessa. Ohjelma laskee näiden avulla tilojen lämmitykseen käytettävän energian, joka tässä tapauksessa on 20000 kWh. Ohjelma laskee myös CO<sub>2</sub>-päästöt ja kustannukset, mutta niitä ei tässä vaiheessa oteta huomioon. Lämmitysrajaan lisätään ilmaislämmöt, niin saadaan sisälämpötilaksi 21 °C.

Lämmitys	Kaukolämpö	
Kulutus	26000 kWh	
Tehokkuus	100 %	
Hinta	0.08 €/kWh	
Energia	26 000 kWh	
Kustannus	2 080 €	
Lämpimän veden kulutus	6000 kWh/year	Lämpimän veden laskenta
Kokonaiskustannus	2 080 €	
Kokonais CO2	2 106 kg	
Kokonaisenergian tarve	26 000 kWh/year	
energia tilojen lämmitys	20 000 kWh/year	
Maks. tehon tarve	9,2 kW	
Tilojen lämmitys	8,5 kW	
Lämmityksen kiertopumpun teho	46 W	Laske arvio
Lämmitysraja	15 °C	
Lämpöpumppu tuottaa lämpimästä ved	100 %	
Lisälämpö	Sähkö	
Hyötysuhde	100 %	

KUVIO 15. Nykyinen energiankulutus.

Edellämainittujen arvojen avulla ohjelmisto mitoittaa pumpun ja ehdottaa sopivia mitoitusvaihtoehtoja. Pumppua valittaessa valitaan lauhtuminen vaihtelevaksi ja lämmönlähteeksi energiakaivo. Käytettäessä täystehomitoitusta valitaan Niben F1145-8 maalämpöpumppu, joka kattaa 99 % energiantarpeesta ja tehosta 65 %. Pumppu on esitetty kuviossa 16. ja tiedot kuviossa 17. Tässä tapauksessa maalajeja ei tutkittu, joten valitaan kalliolajiksi määrittelemätön. Energiakaivon valinta tehtiin, koska kiinteistö sijaitsee keskustan alueella ja tontilla ei ole tilaa vaakaputkille.





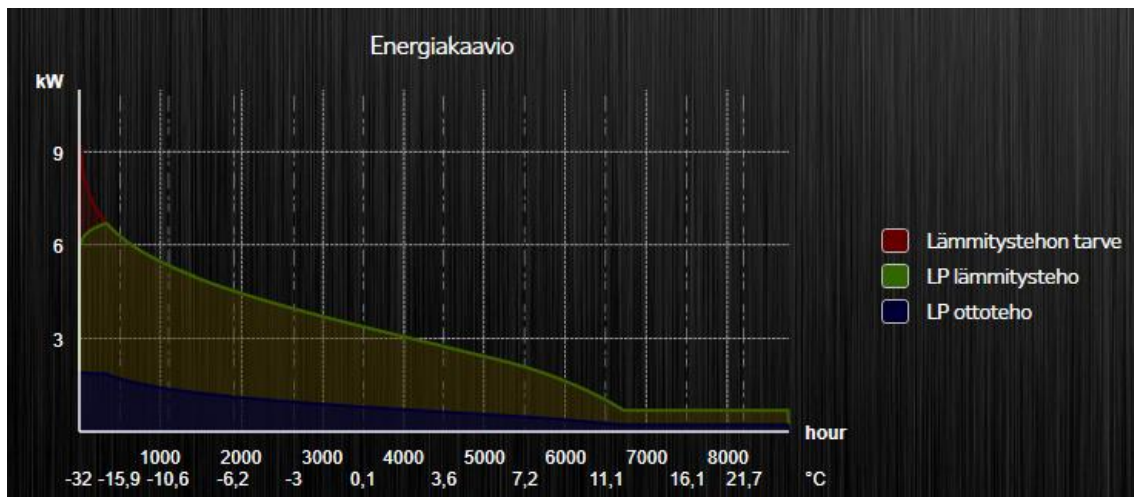
KUVIO 16. Lämpöpumpun valinta.

Kuviossa 17 nähdään pumpun saamat energiamäärät kunkin maalajin ja asennustavan perusteella. Kuvioista huomataan, että lämpöpumpun tuottama energia kattaa kysytyn energiantarpeen, ja että pumpun lisäksi lämmitykseen tarvitaan lisäenergiaa eli sähköä huipputehontarpeen kattamiseksi. Lämmityksen apulaitteet kuluttavat noin 200 kWh. Energiakaivon syvyydeksi ohjelma laskee 181 metriä, joka on vaatimusten mukainen. Lisäksi käyntiaika sijoittuu on-off-tyyppisten pumppujen suositusalueen sisälle joka on 3 000–4 500 h/a.

Energiapito	<b>99 %</b>	Tehopeitto	<b>65 %</b>	Energiakaivo	
LP:n tuottama energia	25628 kWh	Käyntiaika	3549 h	Aktiivinen poraussyvyys	181 m
LP:n kuluttama energia	6807 kWh	Tasapainolämpötila	-19 °C	Energian otto	106 kWh/m
Lisäenergia	372 kWh	LP:n teho MUT	6,0 kW	Tehon otto	30 W/m
Lämmityksen apulaitteet	195 kWh	Astetunnit	110247 K·h		
Laskennallinen lisäteho	3,2 kW	Vuosilämpökerroin (SPF)	3,8		
		Maks. lämmitystehon tarve	9,2 kW		

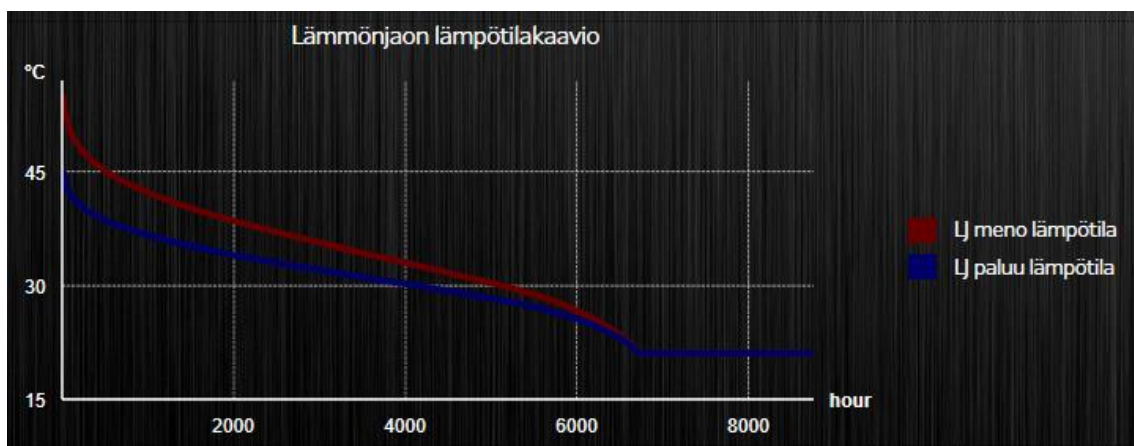
KUVIO 17. Pumpun tuottama ja kuluttama energia ja energiakaivon tiedot.

Kuvioista 18 nähdään pumpun pysyvyyskäyrä. Pysyvyyskäyrältä nähdään, että pumpulla katetaan suurin osa vuotuisesti lämmitystehontarpeesta. Huipputehoja varten kuitenkin tarvitaan sähkövastuksia. Edellisen kuvion mukaan lisäenergiaa tarvitaan 372 kWh vuodessa.



KUVIO 18. Pumpun pysyvyyskäyrä.

Kuviossa 19 on esitetty pumpun energiakaavio, josta nähdään lämmitysjohdon meno- ja paluulämpötilat.



KUVIO 19. Pumpun lämmönjaon lämpötilakaavio.

## 6.2 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

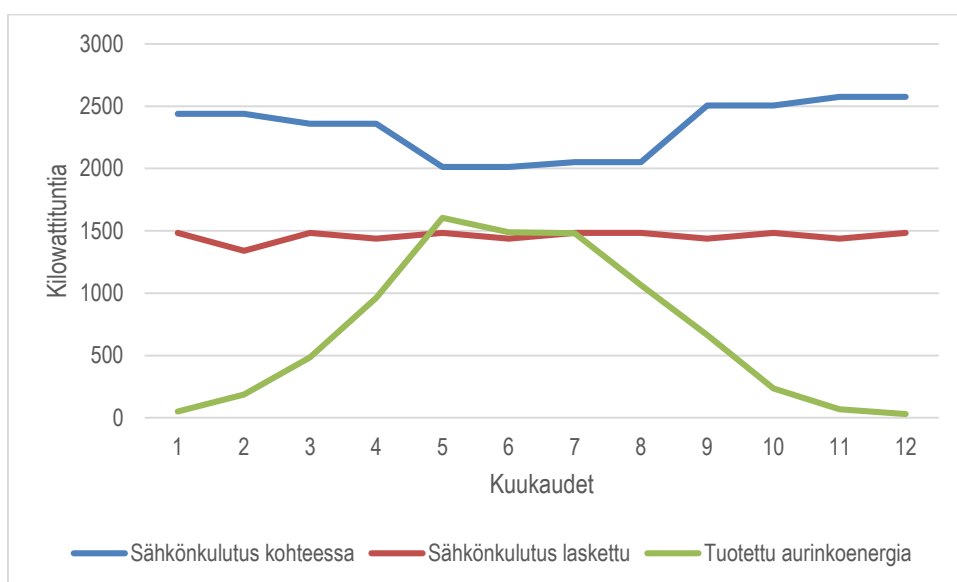
Aurinkojärjestelmän mitoitukseen on käytetty D3 ja D5 standardeja ja referenssijärjestelmänä siinä käytettiin FinnWindin Aurinko E10:ä. Järjestelmä sisältää 40 paneelia joiden ominaisteho on 260 Wp/kpl. Järjestelmän yhteiskooksi muodostuu 68 neliötä, joka pohjan ollessa 256 neliötä veisi huomattavan osan kiinteistön eteläpuoleiselta katolta. Taulukossa 1 on esitetty järjestelmän tiedot tarkemmin. (FinnWinda 2016, viitattu 24.4.2016.) Paneelien tehontuottotakuu on 12 vuotta 90 prosenttiin asti ja 25 vuotta 80 prosenttiin saakka (Finnwind 2016b, viitattu 24.4.2016).

TAULUKKO 1. Mitoitusjärjestelmän tiedot

Mitoitusjärjestelmä	FinnWind, Aurinko E10	
$P_{\max}$	10400	Wp
Määrä	40	kpl
Paneelin koko	1,7	m <sup>2</sup>
$A_{\text{kenno}}$	68	m <sup>2</sup>
$F_{\text{käyttö}}$	0,75	Hieman tuuletettu moduuli
$I_{\text{ref}}$	1	Referenssisäteily kW/m <sup>2</sup>
$K_{\text{maks}}$ , huipputehokerroin	0,153	kW/m <sup>2</sup>

Järjestelmän vuosituotannoksi määräytyi ylläolevalla järjestelmällä keskimäärin 8300 kWh, joka on noin 30 % vuosittaisesta sähkönkulutuksesta.

Kuviossa 21 on esitetty aurinkoenergian tuotanto kuukausitasolla kyseisellä järjestelmällä. Mitoituksen ohjenuorana on toiminut tarkasteluaikana toteutunut sähkönkulutus sekä standardien mukaan laskettu sähkönkulutus. Tuotanto on esitetty kuviossa vihreällä. Kuviossa järjestelmän huipputuotanto sijoittuu käyrien välimaastoon, jota voidaan pitää hyvänä kompromissina tuotannon suhteen.



KUVIO 20. Aurinkojärjestelmän tuotanto kuukausittain.

## 7 ENERGIAKATSELMUS

### 7.1 Maalämpöjärjestelmä

Taulukossa 2 on esitetty maalämpöpumpun tuottama ja kuluttama energiamäärä. Pelkän pumpun käyttämä energiamäärä on 6 807 kWh ja apulaitteineen ja lisäenergiankäyttöineen se on Niben ohjelmiston mukaan 7 374 kWh. Pumpulla katetaan 99 % rakennuksen normeeratusta kaukolämmönkulutuksesta ja 65 % mitoitushjelman laskemasta tehontarpeesta.

TAULUKKO 2. Maalämpöpumpun mitoitus ja energia.

Pumppu	NIBE F1145-8	
Varaaja	NIBE VPB 300 RST	
Mitoitus	Osateho	
Pumpun teho	8	kW
Käyttöaika	3549	h
Pumpun tuottama energia	25628	kWh
Lämpöenergian tarve	26000	kWh
Pumpun vaatima energia	6807	kWh
Osuus kokonaislämpöenergiasta	99 %	

Kaivon mitoituksen teki Niben ohjelmisto, joka antoi syvyydeksi 181 metriä. Kaivon riittävyys kuitenkin riippuu maalajista, jota ei tiedetä. Vaikka saatava energia laskisi 100 kWh metriltä olisi kaivo energiantarpeeseen riittävä.

TAULUKKO 3. Kaivon mitoitus ja riittävyys.

$Q_{\text{tarve}}$ (2/3 tarpeesta)	17333	kWh
$Q_{\text{max}}$ (106 kWh/m)	19186	kWh
$Q_{\text{min}}$ (100 kWh/m)	18100	kWh
Energian otto (Nibe)	106	kWh/m
Tehon otto (Nibe)	30	W/m
Aktiivinen porausyvyys (Nibe)	181	m

Maalämpöpumpun ja varaajan hinta saatiin taloon.com-sivustolta ja porauksen hinta innoair.fi:stä. Järjestelmän takaisinmaksuaika on reilut 7 vuotta. Sähkön hintana on käytetty 10 senttiä kilowattitunnilta.

TAULUKKO 4. Maalämpöpumpun investointilaskelma.

Pumpun hinta	5 499	€
Varaajan hinta	1 859	€
Poraus	33	€/m
Kaivon poraus	5 973	€
Investoinnin hinta	13 331	€
Sähkön hinta	10	snt/kWh
Tuotto - kulutus	1 882	€
Takaisinmaksuaika	7,1	Vuotta

## 7.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuotanto 10 400 kWp:n järjestelmällä tuottaisi tämän hetken kulutuksella yli 800€:n säästöt vuotuisen sähkölaskuun. Järjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin noin 19 vuotta, joka on sellaisenaan pitkä. Energiansäästö saavutettaisiin itse tuotetulla sähköllä, jolloin ostettavan sähkön määrä pienenesi.

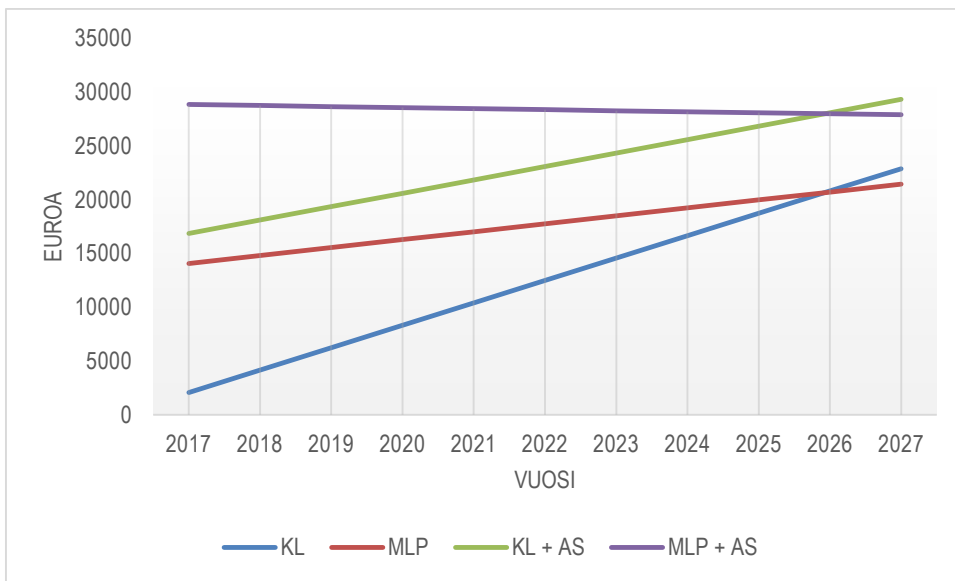
TAULUKKO 5. Aurinkosähköjärjestelmän investointilaskelma.

Järjestelmän hinta	15 600	€
Sähköhinta	0,1	€/ kWh
Energiansäästö	833	€/ vuosi
Takaisinmaksuaika	18,73	Vuotta

## 7.3 Järjestelmävaihtoehtojen vertailu

Kuviossa 22 on vertailtu nykyisen järjestelmän ja vaihtoehtojärjestelmä kustannuksia kymmenen vuoden aikatahtimella. Kustannukset kaukolämpöön on laskettu kiinteistön kaukolämmön

kulutuksen avulla, olettaen kaukolämmön hinnan olevan 0,08 € per kilowattitunti. Uusiin järjestelmiin on otettu huomioon investointikustannukset maalämpöpumpusta, lämminvesivaraajasta, energiakaivon porauksesta sekä aurinkojärjestelmän investoinnista. Varaajaa ei ole mitoitettu vaan hinnan suunnan löytämiseksi on käytetty Niben ohjelman ehdottamaa NIBE VPB 300 RST lämminvesivaraajaa. Sähkön hintana on käytetty 0,10 €/a per kilowattitunti. Toimeksiantajan ollessa LVI-liike voidaan mahdollisesti jotkin asennukset ja poraukset tehdä itse, jolloin teoriassa voitaisiin säästää kustannuksissa. Laskelmissa on otettu huomioon ainoastaan laitteistojen investointikulut.



KUVIO 21. Nykyisen- sekä vaihtoehtojärjestelmien kustannusvertailu.

Ylläolevasta kuvioista nähdään, että pelkän kaukolämmön käyttäminen pitkällä tähtäimellä tulee kalliiksi. Kun kaukolämpöön yhdistetään aurinkosähkö, nousevat kustannukset investoinneista johtuen suuriksi eikä merkittävää vuosisäästöä saada. Maalämpöjärjestelmän tapauksessa käyrä saavuttaa kaukolämmön noin yhdeksässä vuodessa. Maalämpö yhteistyössä aurinkosähkön kanssa saavuttaa laskevan käyrän, joka saavuttaa aurinkosähköllä yhdistetyn kaukolämmön 9 vuodessa ja kaukolämmön 12 vuodessa. Laskevan käyrän aikaansaa aurinkosähkön maalämmön kulutusta suurempi vuosituotto. Laskelmassa ei ole huomioitu sähkön- tai kaukolämmön hinnanvaihteluita.

#### 7.4 Säästötoimenpiteet

Laskelmien perusteella konkreettiset parannusehdotukset liittyvät kiinteistön sähkönkulutukseen. Korkean sähkönkäytön voidaan arvioida johtuvan osittain ilmalämpöpumpun käytöstä

ympäri vuoden. Mikäli ilmalämpöpumpun käyttöä rajoitettaisiin kesäajan jäädytykseen, voisivat säästöt nousta varovaisesti arvioiden jopa 1 800 kilowattituntiin vuotuisesti. Vuositasolla eroa laskennallisessa ja todetussa sähkönkulutuksessa on kuitenkin yli 10 000 kWh. Ilmalämpöpumpun energiankäyttö kesäisin voitaisiin kattaa aurinkosähköjärjestelmän kesäajan huipputuotoilla.

IV-koneen vaihtaminen energiatehokkaampaan vaihtoehtoon olisi myös kustannustehokas vaihtoehto vähentää energiakustannuksia pitkällä tähtäimellä. Ilmanvaihdon lämmityskustannukset pienenisivät SFP-luvun pienentämisellä ja talteenoton hyötysuhteen nostamisella 60 prosentista 77 prosenttiin yli puolella. Energiansäästöjä ilmanvaihdon lämmityksessä saataisiin siis yli 4000 kilowattituntia vuotuisella tasolla.

Myös tilan sisälämpötilaa laskemalla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä. Pelkästään sisälämpötilan yhden asteen laskemisella voitaisiin saavuttaa 2 000 kWh:n säästöt laskennalliseen kulutukseen.

Myös valaistuksella on suuri merkitys kiinteistön sähkönkulutuksessa. Standardin mukaisessa laskennassa käytetään toimiston valaistustehona 12 W/m<sup>2</sup> ja liiketilan valaistustehona 19 W/m<sup>2</sup>. Kiinteistön liiketilan koon ollessa 150,5 m<sup>2</sup> saavutettaisiin 12 W/m<sup>2</sup> kuluttavaan ledivalaistukseen vaihtamalla merkittäviä säästöjä. Valaistuksen vaihdon kustannusten on arvioitu olevan 10 €/m<sup>2</sup>. Varovasti arvioimalla pelkästään vaihtamalla liiketilan valaistus ledeihin voitaisiin säästöä saavuttaa 3 000 kWh. Valaistuksella on kuitenkin suora vaikutus kiinteistön lämpökuormiin, joten lämmityskustannukset voivat suhteessa nousta.

Rakennuksen energiantarpeen laskennassa käytettiin suhteellisen suurta ilmanvuotolukua 4 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>). Toisin sanoen rakennuksen tiiveyttä parantamalla voitaisiin saavuttaa säästöjä lämmityksessä. Ilmanvuotoluvun laskemisella neljästä kolmeen saavutettaisiin jo 1000 kilowatin säästöt rakennuksen lämmityksessä laskennallisesti. Joitain säästöjä voitaisiin saavuttaa myös kylmäsiltojen tiivistämisellä, mutta näitä kohteita ei tarkasteltu tässä työssä sen tarkemmin.

Lämmitysjärjestelmän vaihtoa kiinteistöön ei voida perustella yksinkertaisesti, sillä kaukolämpö on toimivuudeltaan varma ja vihreä vaihtoehto. Maalämmön ja aurinkosähkön hyödyntämisellä saavutetaan kuitenkin pitkällä aikavälillä kustannusetuja, mikäli kaukolämmön hinta jatkaa nousuaan. Investointia tarkasteltaessa tulisi kuitenkin miettiä myös sähkönhinnan kehittymistä.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Esitettyihin kohteisiin valikoituivat tutkimuksen pohjalta tehdyt havainnot kustannustehokkaimmista toimenpiteistä pientaloissa, toimistoissa ja liiketiloissa. Taulukossa 6 on esitetty toimenpiteistä koituvat säästöt. Investoinneista saadaan yhteensä 33 600 € ja säästöistä yhteensä 3210 €. Näistä laskettu takaisin aika on vähän yli kymmenen vuotta. Maalämpöjärjestelmän investointi voidaan perustella rahallisesti, jos se on ainoa peruste, jolla vaihto tehdään. Tämä kuitenkin ei ole työn tekijän suositus, vaan kannatan kaukolämmön jatkamisella sen yleisen toimivuuden ja vihreyden takia. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksu saavutetaan alle kahdessakymmenessä vuodessa. Paneelien teho kuitenkin alkaa jo heikkenemään sinne asti päästessä, joten mikäli investoinnin suuruus hirvittää, voi toimeksiantaja odotella tehokkaampien ja edullisempien paneelien tuloa markkinoille.

TAULUKKO 6. Toimenpiteistä koituvat säästöt.

Toimenpide	Investointi	Säästö vuodessa
Sisälämpötilan laskeminen asteella	0 €	200 €
Ilmalämpöpumpun käyttö ainoastaan kesäisin	0 €	180 €
Ilmanvaihtokoneen uusiminen (SFP 1,4 ja LTO $\eta$ 77 %)	1900-3000 €	400 €
Liiketilän valaistus led-käyttöiseksi (12 W/m <sup>2</sup> , 10 €/m <sup>2</sup> )	1500 €	300 €
Aurinkosähköjärjestelmä	15 600 €	830 €
Maalämpöjärjestelmä (säästöt vrt. KL)	13 500 €	1 300 €

Voidaan todeta, että energiansäästöjä saavutetaan pelkästään laitteiden säätämällä toiminnalle tarpeelliseksi. Keinot ja teknologia säästöihin on olemassa; vain käyttäjiltä ja hallinnoijilta vaaditaan valveutuneisuutta tavoitteiden saavuttamiseksi. Pelkästään sisäilman lämpötilan säätäminen alemmas ja ilmalämpöpumpun käyttö kesäaikaan tuottaisivat selvää rahallista säästöä yritykselle.



## 9 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehostaa kiinteistön energiankäyttöä sekä tarkastella nykyistä energiajärjestelmää. Toimeksiantajan puutteellisten resurssien vuoksi saatavat tiedot jäivät kohteesta suhteellisen vähäisiksi ja sen takia energiasimulaatio jätettiin kohteesta kokonaan toteuttamatta.

Tehdyllä tutkimuksella saavutettiin toimeksiantajalle konkreettisia toimenpide-ehdotuksia, joilla saavutetaan selvää säästöä. Myös pienillä investoinneilla vähennetään laitteiden huoltoa ja parannetaan energiatehokkuutta.

Aurinkosähkön laskennassa olisi voitu hyödyntää tuntitason tarkastelua tuotannon tarkkuuden parantamiseksi. Aurinkosähkön laskenta standardien mukaan on kuitenkin käytännöllinen keino yksinkertaiseen laskentaan.

Myös valaistuksen tarkastelussa olisi voitu käyttää mallinnusohjelmistoa, jotta tarkkuus olisi nykystandardien mukainen. Tämä käytäntö on ilmeisesti mahdollinen vain uudisrakennusten tapauksessa.

Maalämmön mitoitukseen käytetty ohjelmisto oli helppokäyttöinen ja sen käyttöön saatu tuki nopeaa ja asiantuntevaa. Mitoitukseen saatiin energiankäyttöön ja investointiin suuntaa antava tulos, josta on hyötyä toimeksiantajalle, mikäli halua on toteuttaa isoja investointeja kiinteistöön.

Kokonaisuutena energiakatselmuksen tekemisestä voidaan sanoa, että lähtökohtaisesti mittaukset antavat paljon lisäarvoa työntekemiseen ja ovat jopa välttämättömiä joidenkin tietojen saamiseen. Myös energiamittaukset laitteiden käytöstä antavat lisäarvoa ja helpottavat tarkastelua myös käyttäjän näkökulmasta.

## LÄHTEET

Energiatehokas koti 2016. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. Viitattu 19.4.2016. [http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo\\_ ja\\_maalampopumput/ilmalampopumppu\\_tukilammityslahteenä](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo_ ja_maalampopumput/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä).

Energiateollisuus. 2016a. Kaukolämmitys. Viitattu 19.4.2016. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>.

Energiateollisuus 2016b. Kaukolämpö ja kaukojäähdytys. Viitattu 19.4.2016. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys>.

Energiateollisuus 2016c. Kaukolämmön toimintaperiaate. Viitattu 19.4.2016. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>.

Energiateollisuus 2016d. Kaukolämmön hinta. Viitattu 19.4.2016. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammon-hinta>.

Energiateollisuus 2016e. Diaesitys kaukolämmön hinnan kehityksestä. Viitattu 19.4.2016. [http://energia.fi/sites/default/files/liite2\\_kl-hinta\\_010116.pptx](http://energia.fi/sites/default/files/liite2_kl-hinta_010116.pptx).

FinnWind 2016a. Aurinko E10.4, paneeliteho 10.4 kWp, SMA 3~. Viitattu 24.4.2016. <http://www.verkkokauppa.finnwind.fi/tuotteet.html?id=1/93>.

FinnWind 2016b. Usein kysyttyä aurinkopaneeleista, aurinkopaneelien asennuksesta jne.. Viitattu 24.4.2016. <http://www.finnwind.fi/aurinkovoima/#aurinkopaneelin-kayttoika>.

FInZEB 2015a. Lähes nollaenergiarakennusten käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla. Taustaraportti 4 Energiaa säästävät tekniset ratkaisut. Viitattu 23.4.2016. [http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/03/FInZEB-Taustaraportti\\_4\\_Energiaa-saastavat-toimenpiteet.pdf](http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/03/FInZEB-Taustaraportti_4_Energiaa-saastavat-toimenpiteet.pdf).

FInZEB 2015b. Lähes nollaenergiarakennusten käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla. Taustaraportti 6 Aurinkosähkötarkastelut. Viitattu 23.4.2016 [http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/03/FInZEB-Taustaraportti-\\_6\\_Aurinkosahkotarkastelut.pdf](http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/03/FInZEB-Taustaraportti-_6_Aurinkosahkotarkastelut.pdf).

Harsia, Pirkko & Kallioharju Kari 2015. Valaistuksen laadullisten tekijöiden ja energianlaskennan määrittäminen FInZEB hankkeelle. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87613/FInZEBvalaistusselvitys.pdf?sequence=1>

Juvonen, Janne & Lapinlampi Toivo. Ympäristöopas 2013. Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO\\_2013.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4).

Motiva 2016. Aurinkosähköjärjestelmien hinta. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelmien\\_hinta](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta).

Motiva 2015a. Tukilämmitysjärjestelmät. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/tukilammitysjarjestelmat](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat).

Motiva 2015b. Lämpöä ilmassa – lämmitysjärjestelmät, ilmalämpöpumput. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/files/211/Lampoa\\_ilmassa\\_Lammitysjarjestelmat\\_ilmalampopumppu.pdf](http://www.motiva.fi/files/211/Lampoa_ilmassa_Lammitysjarjestelmat_ilmalampopumppu.pdf).

Motiva 2015c. Maalämpöpumppu, MLP. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu\\_mlp](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp).

Motiva 2015d. Lämmöntuotto, kaukolämpö. Viitattu 23.4.2016. [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen\\_tutustuminen/lammontuotto\\_kaukolampo](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammontuotto_kaukolampo).

Motiva 2015e. Toimistorakennuksen energiakatselmus. Viitattu 23.4.2016. [http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmuksat/atselmuksissa\\_havaitut\\_saastomahdollisuudet/toimistorakennukset](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksat/atselmuksissa_havaitut_saastomahdollisuudet/toimistorakennukset).

Motiva 2014a. Auringosta lämpöä ja sähköä. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa\\_\(2014\).pdf](http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_(2014).pdf).

Motiva 2014b. Auringosta sähköä. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa).

Motiva 2014c. Aurinkosähkön yhdistäminen muihin energiajärjestelmiin. Viitattu 19.4.2016. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkon\\_yhdistaminen\\_muihin\\_energiajarjestelmiin](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkon_yhdistaminen_muihin_energiajarjestelmiin).

Nilan 2016. COP vs SCOP – hyötysuhteiden erot. Viitattu 19.4.2016. <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>.

Oulaisten LVI. 2016. Yritys. Viitattu 7.3.2016. <http://oulaistenlvi.fi/fi/yritys>.

Oulun ammattikorkeakoulu. 2014. Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyön ohje. Viitattu 2.6.2014, <https://oiva.oamk.fi/utills/opendoc.php?aWRfZG9rdW1lbnR0aT0xNDMwNzY0Njky>.

Ref Group. 2016. Energiansäästö ja lämpökertoimet. Viitattu 19.4.2016. <http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto>.

Tilastokeskus 2016. Liitekuvio 14. Energian loppukäyttö sektoreittain 2015. Viitattu 23.4.2016. [http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2015/04/ehk\\_2015\\_04\\_2016-03-23\\_kuv\\_014\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2015/04/ehk_2015_04_2016-03-23_kuv_014_fi.html).

Tilastokeskus 2015. Asumisen energiankulutus edellisvuoden tasolla vuonna 2014. Viitattu 23.4.2016. [http://www.stat.fi/til/asen/2014/asen\\_2014\\_2015-11-20\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asen/2014/asen_2014_2015-11-20_tie_001_fi.html).

Sarvelainen, H., Saxell, M., Sinkko, A., Suikkanen, M. & Tuliniemi, E. 2014. Energiatohokkuuden kehittäminen energiakatselmuksilla. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja Sarja B. Tutkimuksia ja raportteja nro 131. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86377/B-sarjan\\_raportti\\_131.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86377/B-sarjan_raportti_131.pdf?sequence=1).

TIP-Vent. Towards improved performances of mechanical ventilation systems. 2002. Viitattu 23.4.2016. [http://www.inive.org/Documents/Tip-Vent\\_Source\\_Book.pdf](http://www.inive.org/Documents/Tip-Vent_Source_Book.pdf).