

Arttu Kuismin

# **Aurinkoenergian hyödyntäminen maalämpötaloudessa**

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Tekijä: Arttu Kuismin

Työn nimi: Aurinkoenergian hyödyntäminen maalämpötaloudessa

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, onko aurinkoenergiaan investoiminen kannattavaa maalämpötaloudessa. Tutkimuksen kohteena on uudiskohde, joka kuuluu energialuokkaan B. Kiinteistöön kuuluu asuinrakennuksen lisäksi talousrakennus. Kiinteistöllä on tällä hetkellä kaksi käyttäjää ja energian kulutuksesta on pidetty tarkkaa kirjaa kuukausitasolla.

Työssä käydään ensin läpi perustietoja auringosta sekä kiinteistöstä. Tarkasteltaviksi auringon säteilyenergiaa hyödyntäviksi järjestelmävaihtoehdoiksi valikoituivat aurinkopaneelit sekä aurinkokeräimet. Työssä mitoitetaan kiinteistölle kummallakin järjestelmätyypillä kustannustehokas ratkaisu, ja vertaillaan niiden takaisinmaksuaikaa.

Avainsanat: maalämpö, aurinkoenergia, aurinkopaneeli, aurinkokeräin

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Arttu Kuismin

Title of thesis: Exploiting solar energy in a house with a geothermal heating system.

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2018

Number of pages: 40

Number of appendices: 2

---

The purpose of this bachelor's thesis was to examine if it is profitable to invest in solar energy in a house with a geothermal heating system. The object of the study was a new one-family house which belongs to the energy class B. The property also includes an outbuilding. At the moment the property has two users and the consumption of energy has been monitored monthly.

The thesis was started by collecting basic information about the sun and the property. Solar panels and solar collectors were chosen to be examined as the system options that use solar radiation energy. The thesis determined the most cost-efficient solutions for both system types and compared their repayment time.

Keywords: geothermal heat, solar energy, solar panel, solar collector

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN.....	9
2.1 Aurinkoenergia.....	9
2.2 Passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen.....	9
2.3 Aurinkopaneelit.....	10
2.4 Aurinkokeräimet.....	11
2.5 Maalämpö.....	14
3 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN MITOITUS.....	16
3.1 Kiinteistö.....	16
3.2 Kiinteistön lämmitysmuoto.....	17
3.3 Kiinteistön energiankulutus.....	18
3.4 Asuinrakennus.....	19
3.5 Talousrakennus.....	23
3.6 Aurinkopaneelit.....	24
3.7 Aurinkokeräimet.....	27
4 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN ASENNUS.....	30
4.1 Asennuspaikka.....	31
4.2 Asennuksen työturvallisuus.....	32
4.3 Asennus tutkittavaan kiinteistöön.....	33
5 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS.....	34
5.1 Aurinkopaneelit.....	34
5.2 Aurinkokeräimet.....	35
6 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET.....	38

LIITTEET ..... 40

## **Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo**

Kuvio 1. Tasokeräin .....	12
Kuvio 2. Heat pipe tyhjiöputkikeräimen toiminta .....	13
Kuvio 3. Maalämpöpumpun toiminta.....	15
Kuvio 4. Ote asemapiirroksesta. ....	16
Kuva 5. Kiinteistön maalämpöpumppu.....	17
Kuvio 6. Sähkönkulutuksen jakauma 2017. ....	19
Kuva 7. Asuinrakennuksen rakennetyypit. ....	21
Kuva 8. Talousrakennuksen rakennetyypit. ....	22
Kuvio 9. Verkkoon kytketyn aurinkopaneelijärjestelmän toimintaperiaate.....	24
Kuvio 10. Laskennallinen tuotto. ....	26
Kuvio 11. Aurinkopaneelien tuoton vertailu.....	27
Kuvio 12. Aurinkokeräin olemassa olevaan järjestelmään.....	29
Taulukko 1. Aurinkosähköjärjestelmän kustannukset. ....	34
Taulukko 2. Aurinkolämpöjärjestelmän kustannukset. ....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Absorptiolevy</b>	Aurinkokeräimessä oleva levy, joka vastaanottaa saapuvan aurinkosäteilyn.
<b>Aurinkokeräin</b>	Järjestelmä, joka hyödyntää auringon säteilyenergiaa ja muuttaa sen lämpöenergiaksi lämmönvaihtimen kautta.
<b>Aurinkopaneeli</b>	Järjestelmä, joka muodostaa sähkövarausta auringon säteilyenergiasta.
<b>Elektroni</b>	Alkeishiukkanen, jolla on sähkövaraus.
<b>Heat pipe</b>	Lämpöputki, jonka sisällä oleva neste höyrystyy ja kulkeutuu lämpöputken kylmään päähän, jossa se luovuttaa lämpönsä lämmönvaihtimen kautta kiertonesteeseen.
<b>Invertteri</b>	Vaihtosuuntaaja, joka muuntaa tasavirran vaihtovirraksi.
<b>Komposiittilevy</b>	Levy, joka on valmistettu useasta eri materiaalista.
<b>kWh</b>	Kilowattitunti
<b>Selektiivi</b>	Yleensä kerros lasissa, jonka ansiosta pitkäaaltoinen lämpösäteily heijastuu pois, mutta lyhytaaltoinen pääsee lasin läpi.
<b>Tyhjiöputki</b>	Putki josta ilma on poistettu lähes kokonaan. Tällä saavutetaan parempi hyötysuhde aurinkokeräimessä vuositasolla.
<b>U-arvo</b>	Lämmön läpäisykerroin, joka kuvaa eri rakennusosien lämmöneristyskykyä.
<b>UV-säteily</b>	Elektromagneettinen säteily, jonka aallonpituus on näkyvää valoa lyhyempi (1–100 nm).
<b>Varaaja</b>	Tyypillisesti lämpimän veden varastointisäiliö.

# 1 JOHDANTO

Aurinko on ympäristöystävällinen energianlähde ja sen tuottaman energian vangitsemiseen käytettävät järjestelmät ovat kehittyneet huimasti 2000-luvulta lähtien. Ihmisten kiinnostus aurinkoenergiaa kohtaan on myönteinen ja aurinkoenergian hyödyntäminen on kasvanut laajasti Euroopassa viime vuosien aikana, ja esimerkiksi Saksa on tuottanut jo puolet koko maan energiasta auringosta saatavalla energialla. Tämä on seurausta EU:n energiatarvoitteista, joilla pyritään vähentämään kasvihuonepäästöjä.

Suomessa ollaan vielä tästä paljon jäljessä, mutta kehitys on kasvussa järjestelmien hintojen tullessa alas. Tutkimukset ja tilastot myös osoittavat auringosta saatavan vuotuisen säteilyn määrän olevan Suomessa hyvinkin lähellä Saksasta saatavia lukuja. Yritykset, kunnat tai muut yhteisöt voivat anoa energiatukea ELY-keskuksetta investointi- ja kehittämishankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vaihtoehtoja aurinkoenergian hyödyntämiseksi maalämpöpumpulla lämmitettävään omakotitaloon sekä talousrakennukseen. Tutkimustyö suoritetaan kiinteistöön, joka sijaitsee Seinäjoen kaupungissa Etelä-Pohjanmaalla. Työssä avataan ensin aurinkoenergiaa yleisellä tasolla, minkä jälkeen pyritään löytämään kustannustehokas ratkaisu tuomaan säästöä jo energiatehokkaan talouden sähkönkulutukseen.



## 2 AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

### 2.1 Aurinkoenergia

Aurinko on kaasupallo, jonka ulkokuoren muodostavat pääasiassa vety (75 %) ja helium (23 %). Auringossa muuttuu joka sekunti 654 miljoonaa tonnia vetyä 650 miljoonaksi tonniksi heliumia. Tästä syntyvä erotus 4 tonnia muuttuu energiaksi. Auringossa tapahtuvan lämpöydinreaktion eli fuusion seurauksena vapautuu energiaa, jonka on laskettu olevan kokonaisteholtaan  $3,8 * 10^{23}$  kW. Tästä määrästä maapallolle saapuu  $1,7 * 10^{14}$  kW. Tämä vastaa teholtaan noin 20 000 kertaa koko maapallon teollisuuden ja lämmityksen nykyistä tarvetta. Energiämäärä siirtyy maapallolle säteilyn muodossa. Säteilyn pääsyä maapallolle heikentää olennaisesti muun muassa ilmakehä, saasteet ja pöly. (Erat ym. 2008, 9-12.)

Ilmakehän estäessä osaa auringon säteilyä pääsemästä maanpintaan, on siitä osaksi myös hyötyä, sillä se estää myös haitallista UV-säteilyä. Auringon säteilystä johtuva energiamäärä on Keski-Suomessa vuositasolla noin 1000 kWh optimiasennossa olevaa keräineliötä kohti. (Tahkokorpi 2016, 13-14.)

### 2.2 Passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen

Passiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan auringon säteilyenergian kerääntymistä ja lämmön varastoitumista rakennuksen rakenteisiin ilman mitään lisälaitteita. Kaikki rakennukset varastoivat jonkin verran aurinkoenergiaa, mutta se riippuu suuresti muun muassa rakennuksen sijainnista, ikkunoiden pinta-alasta ja suunnasta, rakennusta ympäröivästä kasvustosta ja rakennuksen rakenteista. Oikein sijoitetussa ja asiantuntevasti suunnitellussa rakennuksessa voidaan noin viidesosa kokonaislämmöntarpeesta korvata hyödyntämällä passiivista aurinkoenergiaa. Passiivista aurinkoenergiaa voidaan tehostaa asentamalla erilaisia lämmönsiirtimiä, jotka levittävät lämmintä ilmaa koko rakennuksen alalle. (Erat ym. 2008, 52-69.)

Yleisiä ohjeita passiivisen aurinkoenergian hyödyntämiseen:

- Sijoita rakennus paikkaan, johon aurinko paistaa suurimman osan lämmityskautta ja mahdollisimman suuren osan päivää.
- Sijoita rakennus siten, että se on tuulensuojassa, mutta pystyy hyödyntämään auringon säteilyä.
- Käytä maastoa tuulensuojana.
- Sijoita rakennus maastoon korkealle, älä notkoon.
- Käytä kasvillisuutta tuulensuojana.
- Sijoita rakennukset korttelisuunnittelussa suojaamaan toisiaan tuulelta, mutta ei varjostamaan toisiaan.
- Ikkunoiden sijainti.
- Rakennusmateriaalien valinta. (Erat ym. 2008, 67-68.)

Aurinkoenergian passiivista hyödyntämistä on todistettavasti tehty jo 6000 vuotta sitten Kiinassa, jolloin passiivista aurinkoenergiaa on käytetty kaupunkisuunnittelussa ja kaavoituksessa (Tahkokorpi ym. 2016, 77).

### **2.3 Aurinkopaneelit**

Aurinkosähköpaneelia käytetään suoran sähkön tuottamiseen. Nykyään nähtävät paneelit on kehitetty avaruudessa käytettyihin järjestelmiin, mutta ovat levinneet pian myös maanpäällisiin kohteisiin. Aurinkosähköjärjestelmä on ollut tyypillinen valinta kohteisiin, joissa ei ole ollut mahdollisuutta verkkosähköön, tai vaatimuksena on ollut alhainen huollon tarve. Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi linkkiasemat, asuntovaunut, veneet, väyläloistot ja etenkin vapaa-ajan asunnot. (RT 70-10477, 2-3.)

Aurinkopaneeli koostuu sarjaan kytketyistä kennoista, joita on yleensä paneelissa 36 kappaletta, riippuen paneelin koosta sekä jännitteestä. Kennot koostuvat P-tyyppisestä piimateriaalista ja ohuesta N-tyyppisestä piimateriaalista. Sähkövarausta syntyy auringonsäteilyn lävistäessä N- ja P-tyyppiset materiaalit rajapintaan asti, jolloin muodostuu elektroni-/aukkopareja. Kennoissa käytettävä piimateriaali on yleisimmin tyypiltään kiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Saatavilla on myös höyrystysmenetelmällä valmistettuja ohutkalvorakenteisia kennoja. (RT 70-10477, 2-3.)

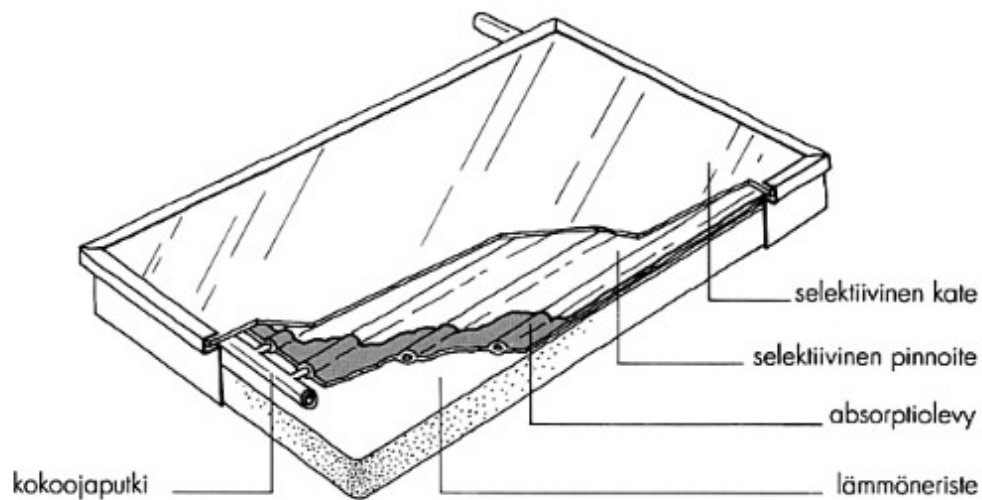
Kun paneeleita on useampi, muodostetaan paneelisto. Paneelien kytkentä toisiinsa tapahtuu joko rinnan tai sarjaan kytkennällä, riippuen siitä halutaanko tuottaa tiettyä jännitettä vai suurempaa tehoa. (RT 70-10477, 2-3.)

Tuotettua sähköä voidaan varastoida akkuihin, jolloin sitä voidaan hyödyntää myöhempää käyttöä varten. Hyvänä esimerkkinä toimivat valaisimet, joita käytetään valoisian ajan ulkopuolella. Akusto on yleinen valinta vapaa-ajan rakennuksissa ja muissa pienemmissä sovelluksissa. Toinen tapa on kiinnittää järjestelmään vaihtosuuntaaja eli invertteri. Invertterillä voidaan aurinkopaneeleiden tuottama tasajännite muuttaa vaihtojännitteeksi. Ylituotettu sähkö myydään yleensä sähköyhtiölle, mutta voidaan tarvittaessa varastoida myös akustoon. (RT 70-10477, 2-3.)

## **2.4 Aurinkokeräimet**

Aurinkokeräimet ottavat talteen lämmön suoraan auringon säteilystä. Aurinkokeräimiä hyödynnetään pääasiassa käyttöveden lämmitykseen. Pientaloissa aurinkolämmitys toimii lisälämmityksenä. Aurinkolämpöjärjestelmiin liittyy oleellisesti lämmönvarastointipaikka. Lämmönvarastointipaikkaan lämpö sijoitetaan myöhempää käyttöä varten, sillä kulutus on harvoin samanaikaista tuotetun lämmön kanssa. Lämmönvarastointipaikkana toimii tyypillisesti lämminvesivaraaja. Aurinkokeräimet ovat nestekiertoisia ja yleisimmät keräintyyppit ovat tasokeräin sekä tyhjiöputkikeräin. Keruunestettä kierrättää järjestelmässä oleva kiertovesipumppu. (RT 50-10482, 2.)

Tasokeräimessä (Kuva 1.) auringonsäteily lämmittää keräimen sisällä olevaa mustaa absorptiolevyä. Absorptiolevyn yhteydessä kiertää nesteputkisto, jonka sisällä kiertävä neste ottaa vastaan lämmön levystä. Absorptiolevy on katettu selektiivisellä materiaalilla, joka voi olla karkaistu lasi tai komposiittilevy. Vesiputkisto voidaan lisäksi eristää tai keräin varustaa lämpöhäviötä estävällä selektiivisellä kalvolla. (RT 50-10482, 2.)

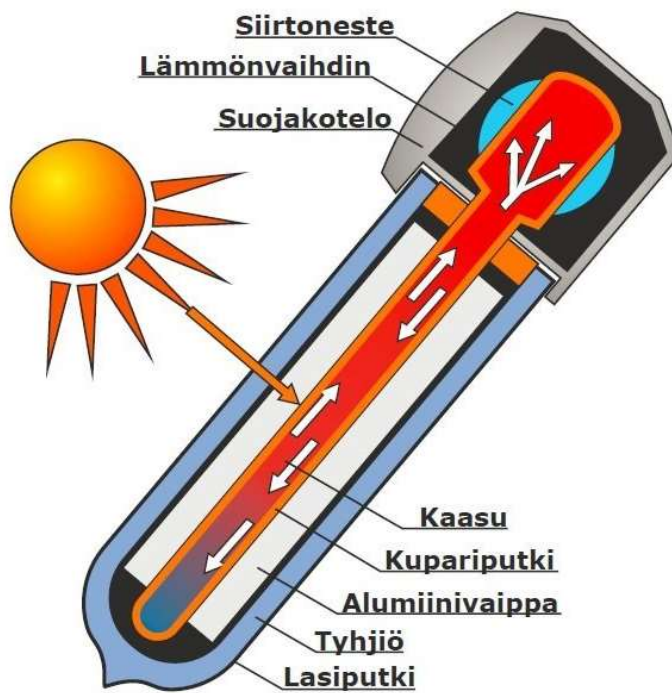


Kuvio 1. Tasokeräin  
(RT 50-10482, 2).

Katetun tasokeräimen lisäksi saatavilla on myös kattamattomia tasokeräimiä. Kattamattomissa tasokeräimissä on alhaisempi tuotto eikä niitä suositellakaan käytettäväksi kohteissa, joissa tarvitaan korkeassa lämpötilassa olevaa lämpöenergiaa. Sopiviksi käyttökohteiksi käyvät esimerkiksi uima-altaat. (Tahkokorpi ym. 2016, 84.)

Tyhjiöputkikeräimissä on käytössä kahta eri toimintatapaa. Heat pipe -menetelmä (Kuva 2.) sekä lämmönsiirtonestemenetelmä. Heat pipe -menetelmällä toimiva keräin perustuu tyhjiöputkiin, joissa oleva neste höyrystyy suhteellisen alhaisessa lämpötilassa ja pystyy kuljettamaan sitomaansa lämpöä lämmönsiirtimeen. Lämmönsiirtonesteellä toimivassa tyhjiöputkikeräimissä lämmönkeruuneste kiertää u-muotoisessa putkessa mustan absorboivan pinnan alla. (Tahkokorpi ym. 2016, 82).

Etuina tasokeräimeen verrattuna ovat tyhjiöputket, jotka toimivat tehokkaana lämmöneristeenä, ja täten ollen estävät jo absorboitunutta lämpöä karkaamasta pois. Tyhjiöputkikeräimillä on myös parempi hyötysuhde kylmempinä kuukausina. (Tahkokorpi ym. 2016, 82.)



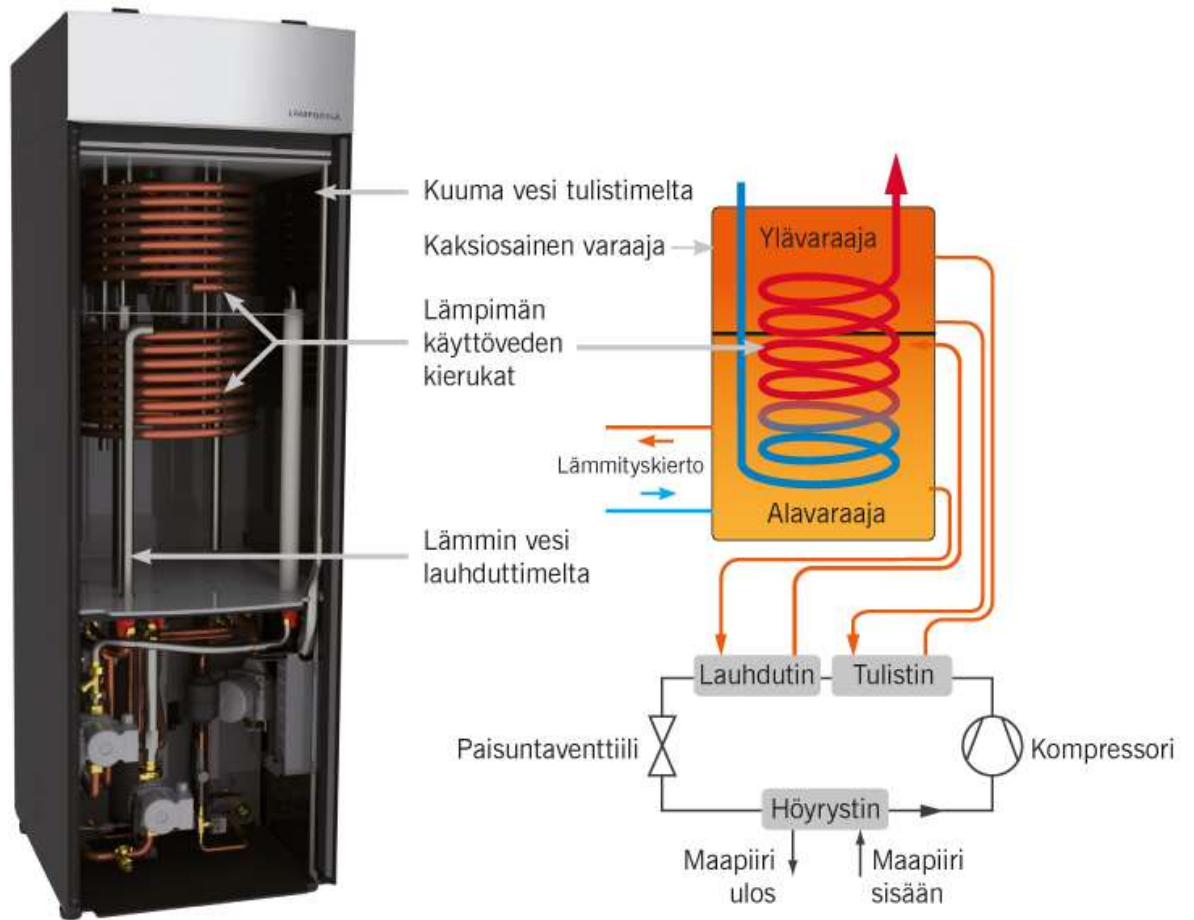
Kuvio 2. Heat pipe tyhjiöputkikeräimen toiminta (Tulituote Oy, [viitattu 9.2.2018]).

## 2.5 Maalämpö

Maalämpö on auringosta maahan, kallioon tai veteen varastoitunutta lämpöä. Absoluuttisen nollapisteen (-273 °C) yläpuolella olevat lämpötilat sisältävät aina lämpöä. Lämpötila on kuitenkin niin alhainen, ettei sitä voida hyödyntää ilman tarkoitukseen sopivaa laitteistoa. (Erat ym. 2008, 104.)

Ilmiö on tiedostettu ja ensimmäisiä käytännön sovellutuksia on tehty Keski-Euroopassa jo 1900-luvun alussa, mutta vasta toisen maailmansodan jälkeen tekniikka on ollut tarpeeksi kehittynyttä varsinaisen järjestelmän rakentamiseen. Suomessa on lämmitetty pientaloja 1970-luvun puolivälistä lähtien. Silloin se ei kuitenkaan noussut kovin suureen suosioon lämmitysmuotona, vaan jäi sähkö- ja öljylämmityksen varjoon. Suosio alkoi kasvaa vasta 2000-luvulle tultaessa ja onkin nykyään vallittu lämmitysmuoto yli puolessa uusista pientaloista. (Motiva Oy, [viitattu 31.1.2018].)

Lämmönlähteenä voi maalämpöjärjestelmässä toimia maahan porattu porakaivo, maapiiri tai lähistöllä oleva vesistö. Maalämpöpumppu kierrättää keruuliuosta lämmönlähteessä kiertovesipumpun avulla ja siirtää tällä tavoin lämpöä viileämmästä lämpimämpään. Lämmönlähteessä kiertävä keruuliuos siirtää maalämpöpumpun höyrystimessä lämpöä lämpöpumpun kylmäaineeseen (Kuva 3.). Lauhduttimessa lämpö siirtyy lämpöpumpun kylmäaineesta lämmönjakojärjestelmään eli lämminvesivaraajaan lämmönvaihtimen avulla. (Maalämpö, [viitattu 15.2.2018].)

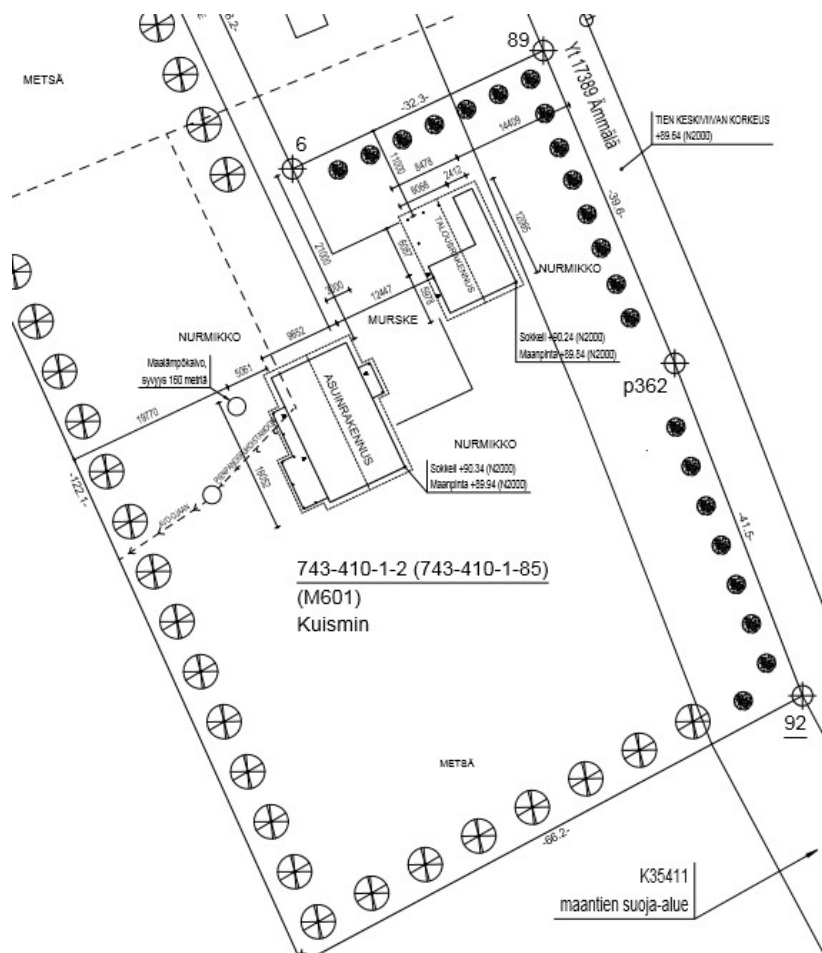


Kuvio 3. Maalämpöpumpun toiminta.  
(Lämpöässä, [viitattu 15.2.2018]).

### 3 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN MITOITUS

#### 3.1 Kiinteistö

Opinnäytetyön kohteena on kiinteistö, johon kuuluu omakotitalon lisäksi talousrakennus (Kuva 4). Kiinteistö sijaitsee haja-asutusalueella Seinäjoen Ämmälänkylässä Papinsaarentiellä. Kiinteistöllä on kaksi käyttäjää. Rakennukset voidaan laskea uudiskohteeksi, sillä kiinteistön rakennustyöt ovat alkaneet huhtikuussa 2016, eivätkä ole vielä täysin valmiita. Kiinteistö sijaitsee maastoltaan peltoaukean reunassa olevan koivuisen metsän päässä ja on kooltaan  $7023 \text{ m}^2$ . Koivikko on noin 20 vuotta vanha.



Kuvio 4. Ote asemapiirroksesta.



### 3.2 Kiinteistön lämmitysmuoto

Asuin- ja talousrakennuksen lämmitys tapahtuu maalämpöpumpulla. Maalämpöpumppu sijaitsee asuinrakennuksen teknisessä tilassa. Kuvassa 5 näkyvä maalämpöpumppu on merkiltään Stiebel Eltron WPC 7, jonka lämpöteho on 7,5 kW. Maalämpöpumpussa on tehonkulutukseltaan 8,8 kW suuruinen sähkövastus sen varalta, jos varaajasta on loppumassa lämmin vesi, eikä maalämpöpumppu kykene tuottamaan tarpeeksi nopeasti lämmintä vettä tilalle. Varaaja on kooltaan 175 litraa. Lämmönlähteenä toimii suoraan kallioon porattu porakaivo, jonka syvyys on 160 metriä.



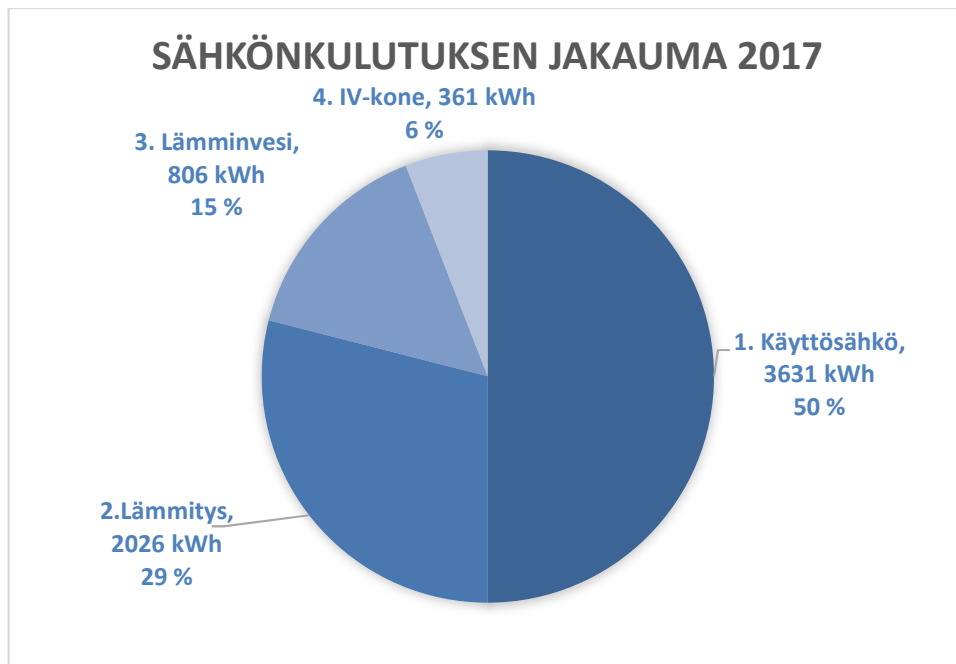
Kuva 5. Kiinteistön maalämpöpumppu.

Asuinrakennuksen teräsbetoni-laatassa kiertää vesikiertoinen lämmitysputkisto, johon vesi johdetaan kahdelta jakotukilta. Putkisto on halkaisijaltaan 16 mm. Lämmityksen säädön hoitavat maalämpöpumpun lämmönsäätimen lisäksi huonekohtaiset termostaatit. Maalämpöpumppu lämmittää myös asuinrakennuksen tarvitseman lämpimän käyttöveden. Asuinrakennuksessa on lisäksi toissijaisena lämmöntuottajana varaava takka. Takka on leivinuunillinen ja sen massa on 1600 kg.

Talousrakennukseen on johdettu lämmitysvesi asuinrakennuksesta lämpökanaalilla 2x25 mm. Lämminvesi jaetaan teräsbetoni-laatassa kiertävään lämmitysputkistoon yhdeltä jakotukilta, jossa on käsisäätöiset sulkimet eri lämmityspiireille. Lattialämmityksen putkisto on halkaisijaltaan 20 mm. Talousrakennuksen lämpimän käyttöveden lämmittää rakennuksessa sijaitseva 10 litran sähkövaraaja. Ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti.

### **3.3 Kiinteistön energiankulutus**

Asuinrakennuksesta on laadittu energiaselvitys rakennuslupaa varten, joka on päivitetty 30.11.2016. Asuinrakennus kuuluu energiatehokkuusluokkaan B. Vuotuisen lasketun ostoenergian määrä on laskettu olevan 11048 kWh. Kiinteistön energiankulutusta on seurattu kuukausittain päivittämällä Excel-taulukkoon tietoja sähkönkulutuksesta sekä kulutuslukemia maalämpöpumpusta ja ilmanvaihtokoneesta. Seuranta on aloitettu 1.1.2017. Kokonaissähkön kulutus on ollut vuonna 2017 6824 kWh (Kuvio 6). Talousrakennuksen lämmitys on otettu käyttöön vasta elokuulla 2017, joten voidaan olettaa vuoden 2018 sähkön vuosikulutuksen olevan hieman suurempi, silti kuitenkin paljon alle energiaselvityksen lukeman. Taloudessa on poltettu takassa polttopuuta päivittäin lämmityskauden ajan (marraskuu – maaliskuu), mikä tuo säästöä energiankulutukseen.



Kuvio 6. Sähkönkulutuksen jakauma 2017.

### 3.4 Asuinrakennus

Asuinrakennus on yksikerroksinen puurunkorakenteinen omakotitalo, joka on varustettu kylmällä käyttöuullakolla. Rakennukseen on teetetty rakennuslupakuvat ja se on paikallarakennettu.

Rakennuksen pinta-ala tiedot:

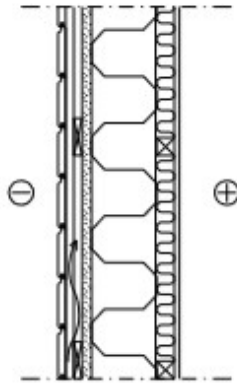
– Huoneistoala	138,5 m <sup>2</sup>
– Kerrosala (250 mm sääntö)	151,0 m <sup>2</sup>
– Kerrosala (ulkomitat)	154,1 m <sup>2</sup>
– Rakennustilavuus	465,0 m <sup>3</sup>
– Rakennuksen ilmatilavuus	395,0 m <sup>3</sup>

Rakennus on perustettu yhtenäisen betonisen perusmuurianturan varaan. Alapohjarakenne on maanvarainen teräsbetonilaatta, jossa eristeenä on 200 mm EPS-polystyreenieristettä. Teräsbetonilaattaan on upotettu vesikiertoisien lämmitysputkiston lisäksi lämpimän käyttöveden putkisto.

Kantavana rakenteena toimii ulkoseinissä rankarunkojärjestelmä, joka on jäykistetty 25 mm tuulensuojalevyllä. Julkisivuverhous on vaakaponttilaudoitus profiililtaan UTV 23x145 mm. Lämpöeristeenä on rakenteessa 225 mm paksuinen PAROC-mieneraalivillakerros (Kuva 7.).

Yläpohjan kantavana järjestelmänä on tehdastekoiset NR-ristikot. Kattokulma on 1:2,5 ja kattotyypinä harjakatto. Katemateriaali on tummanharmaa tiilikuvioinen poimupeltikate. Aluslaudoituksena on 350 mm jaolla asennettu harvalaudoitus profiililla 32x100 mm. Eristekerros on paksuudeltaan 500 mm, joka jakautuu 100 mm palavillan sekä 400 mm puhallusvillan välillä.

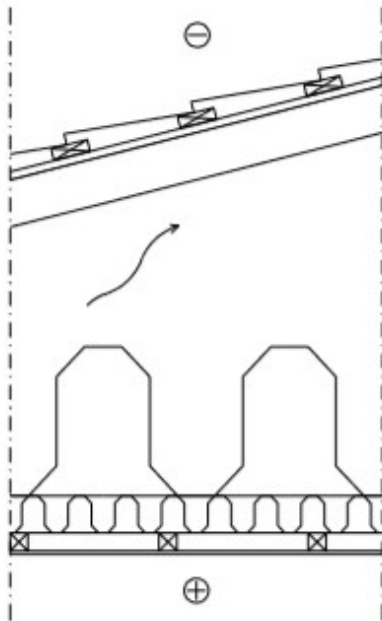
Ilmanvaihto on toteutettu Vallox 110 MV ilmanvaihtokoneella, jonka vuosihyötysuhteen on laskettu olevan 75 %. Jätevedet ohjataan Wawin Labko Biokem EN6 -merkiseen pienpuhdistamoon, josta ne puretaan kiinteistön rajalla olevaan avo-ojaan. Omakotitalon runkotyöt ovat alkaneet toukokuussa 2016 ja käyttöönottokatselmus on pidetty 12.12.2016, jonka jälkeen rakennus on otettu käyttöön.



#### Ulkoseinä

1. Ulkoverhouspaneeli UTV 23x145 mm
2. Tuuletusväli + ristiinkoolaus 22x100 mm k600 mm
3. Huokoinen tuulensuojalevy 25mm
4. Kantava runko 48x173 mm k600 mm + lämmöneriste
5. Höyrinsukumuovi 0,2 mm
6. Vaakakoolaus 48x48 mm k600 mm + lämmöneriste
7. Kipsilevy 13 mm

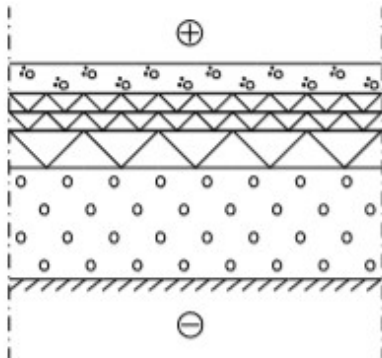
U-arvo 0,164 W/m<sup>2</sup>K



#### Yläpohja

1. Peltikate muotoprofiili
2. Ruodelaudoitus 32x100 mm k350mm
3. Aluskate + tuuletusrimoitus 22x50 mm
4. NR – ristikot k900
5. Lämmöneriste 100 + 400 mm
6. Höyrinsukumuovi 0,2 mm
7. Harvalaudoitus 48x48 mm k400 mm
8. Sisäkattoverhou MDF

U-arvo 0,076 W/m<sup>2</sup>K



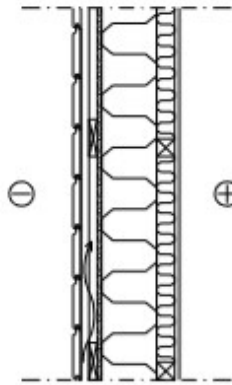
#### Alapohja

1. Lattiapäällyste
2. Teräsbetonilaatta 90 mm
3. EPS eriste 200 mm
4. Kapillaarikatkoepeli 8–16 min. 300 mm
5. Suodatinkangas
6. Alustäyttö 0–65 mm

U-arvo reuna 0,143 W/m<sup>2</sup>K

U-arvo sisä 0,121 W/m<sup>2</sup>K

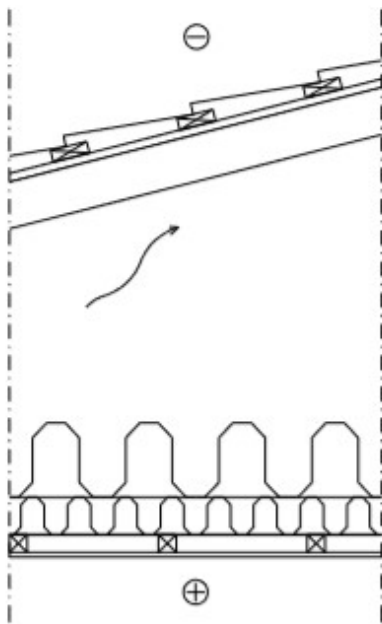
Kuva 7. Asuinrakennuksen rakennetyypit.



#### Ulkoseinä

1. Ulkoverhouspaneeeli UTV 23x145 mm
2. Tuuletusväli + ristiinkoolaus 22x100 mm k600 mm
3. Huokoinen tuulensuojalevy 12mm
4. Kantava runko 48x148 mm k600 mm + lämmöneriste
5. Höyrynsulkumuovi 0,2 mm
6. Vaakakoolaus 48x48 mm k600 mm + lämmöneriste
7. Kipsilevy 13 mm

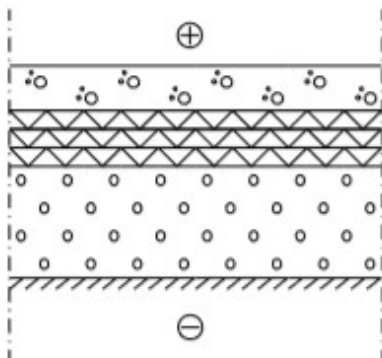
U-arvo 0,230 W/m<sup>2</sup>K



#### Yläpohja

1. Peltikate muotoprofiili
2. Ruodelauditus 32x100 mm k350mm
3. Aluskate + tuuletusrimoitus 22x50 mm
4. NR - ristikot k900
5. Lämmöneriste 100 + 200 mm
6. Höyrynsulkumuovi 0,2 mm
7. Harvalauditus 48x48 mm k400 mm
8. Sisäkattoverhouk 13mm kipsilevy

U-arvo 0,152 W/m<sup>2</sup>K



#### Alapohja

1. Teräsbetoni-laatta 120 mm
2. XPS eriste 150 mm
3. Kapillaarikatko-sepeli 8–16 min. 300 mm
4. Suodatinkangas
5. Alustäyttö 0–65 mm

U-arvo reuna 0,185 W/m<sup>2</sup>K

U-arvo sisä 0,128 W/m<sup>2</sup>K

Kuva 8. Talousrakennuksen rakennetyypit.

### 3.5 Talousrakennus

Talousrakennus on asuinrakennuksen tapaan puurunkorakenteinen paikallarakennettu rakennus. Talousrakennus jakaantuu kolmeen osaan: autokatokseen, varastoon sekä autotalliin. Näistä kolmesta varasto ja autotalli ovat lämpöisiä. Jäykistys on toteutettu osittaisella vinolaudoituksella ulkopuolen koolaustuloituksen yhteydessä, sillä 12 mm huokoinen tuulensuojalevy ei täytä vaatimuksia rakennuksen jäykistävänä levynä. Rakennetyypit ovat käytännössä samanlaisia asuinrakennuksen kanssa, joskin eristepaksuudet ovat pienemmät (Kuva 8.).

Talousrakennuksen pinta-ala tiedot:

– Huoneistoala	56,2 m <sup>2</sup>
– Kerrosala (250 mm sääntö)	65,0 m <sup>2</sup>
– Kerrosala (Ulkomitat)	65,8 m <sup>2</sup>
– Rakennusala	102,0 m <sup>2</sup>
– Rakennustilavuus	225,8 m <sup>3</sup>
– Rakennuksen ilmatilavuus	157,4 m <sup>3</sup>

Talousrakennuksen pohja- ja perustustyöt on tehty asuinrakennuksen kanssa samaan aikaan, mutta itse rakennustyöt on aloitettu rungon pystytyksellä maaliskuussa 2017. Tällä hetkellä rakennus on sisältä valmis ja pihapuolelta on tekemättä maalaustöitä sekä piililaudoituksia. Ilmanvaihto on painovoimainen ja öljynerotuskaivon purku on suoraan avo-ojaan.

### 3.6 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelijärjestelmä tuottaa sähköenergiaa ja joskus tuotto saattaa olla yli oman kulutuksen. Aurinkopaneelien mitoituksessa on taustalla yleensä omistajan motiivi. Järjestelmä voidaan mitoittaa niin, että se juuri ja juuri kattaa kiinteistön tarpeita. Toinen tapa on mitoittaa järjestelmä hieman ylisuureksi, jolloin ylimääräinen energia voidaan varastoida akustoihin tai myydä energiayhtiölle järjestelmästä riippuen. Akusto on yleisesti käytössä pienemmissä aurinkosähköä hyödyntävissä järjestelmissä kuten asuntovaunuissa sekä vapaa-ajan asunnoissa. Tällöin käytetään tyypillisesti tasavirtaa, jolloin jännite on 12 tai 24 voltia. (Erat ym. 2008, 124 – 129.)



Kuvio 9. Verkkoon kytketyn aurinkopaneelijärjestelmän toimintaperiaate. (Vattenfall Oy, [viitattu 7.2.2018]).

Vaihtosuuntaajaa eli invertteriä käytettäessä voidaan tasavirta muuttaa 230 voltin vaihtovirtaan. Tällöin järjestelmä saadaan liitettyä suoraan talouden sähköverkkoon (Kuva 10). Tämä on suosittu vaihtoehto omakotitalouksissa, sillä järjestelmän koko on jo niin suuri, että akuston investointikustannukset eivät ole kannattavat. Akuston elinkaari ei myöskään ole niin pitkä kuin itse paneeleilla, jolloin ne joutuisi vaihtamaan tarvittaessa varauskyvyn heikennettyä. (Erat ym. 2008, 124 – 129.)



Tutkittavan kiinteistön järjestelmä tulisi olemaan invertterillä varustettu, jolloin mahdollinen ylijäämäenergia myytäisiin sähköyhtiölle. Kiinteistö kuuluu Seinäjoen energia Oy:n sähkönjakeluverkkoon. Yhtiö maksaa pientuotannon ylijäämäsähköstä pörssisähkön tuntihinnan (c/kWh), josta vähennetään marginaali 0,2 c/kWh (alv 0%). Edellytykset sopimuksen syntymiselle:

- Tuotantolaitoksesi on liitetty pienjänniteverkkoon hyväksytysti.
- Sinulla on kanssamme voimassa oleva sähkönmyyntisopimus. Tällä sopimuksella ostat meiltä sähköä silloin, kun kulutuksesi on suurempaa kuin oma tuotantosi.
- Kohteessasi on tuntipohjainen energianmittaus ja jakeluverkonhaltijan toimittaa Seinäjoen Energialle verkkoon siirretyn sähkön määrä tuntitasolla.
- Olet nettokuluttaja, eli meiltä ostamasi sähkön määrä vuositasolla on suurempi kuin meille myymäsi sähkön määrä.
- Tuotantolaitteistosi nimellisteho on alle 100 kVA. (Seinäjoen energia, [viitattu 3.2.2018].)

Pörssisähkön keskiarvohinta on tällä hetkellä noin 3,433 c/kWh (Nord pool AS, [viitattu 3.2.2018]). Kun tästä vähennetään Seinäjoen energian ilmoittama marginaali 0,2 c/kWh (alv 0%), tulee energian ostohinnaksi 3.185 c/kWh (alv 24%).

Tarkasteltavaksi aurinkopaneeliksi valikoitui 270W 24 voltiset aurinkopaneelit. Valintaan päädyttiin hintavertailun kautta ja tarkasteltavat paneelit olivat tehoon nähden suhteellisen edulliset. Paneelien tekniset tiedot ovat:

- 24 V
- 270 W
- Monikiteinen
- Latausvirta 8,49 A (24V) Pmax
- Avoimenpiirin jännite: 38,10 V
- Paneelissa MC-liittimet
- Mitat: 995 x 1650 x 35 mm
- Paino: 19,5 kg
- Rakenteellinen valmistustakuu 10 v
- 80 % tehotakuu 25 v (Lumise Oy, [viitattu 4.2.2018].)

Paneelien lukumäärä rajataan 11 kappaleeseen, jolloin järjestelmän yhteenlaskettu teho olisi 2,97 kW. Järjestelmän tuoton arvioinnissa käytettiin Euroopan komission ylläpitämää aurinkosähkölaskuria (kuva 11).

<b>Fixed system: inclination=18°, orientation=45°</b>				
<b>Month</b>	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	0.69	21.5	0.31	9.71
Feb	2.91	81.5	1.22	34.1
Mar	5.44	169	2.32	71.8
Apr	9.38	281	4.15	125
May	11.60	359	5.31	165
Jun	12.00	359	5.63	169
Jul	11.20	347	5.35	166
Aug	8.33	258	3.90	121
Sep	5.29	159	2.37	71.1
Oct	2.54	78.6	1.11	34.3
Nov	0.86	25.9	0.38	11.5
Dec	0.33	10.1	0.15	4.79
<b>Yearly average</b>	<b>5.89</b>	<b>179</b>	<b>2.69</b>	<b>81.9</b>
<b>Total for year</b>		<b>2150</b>		<b>982</b>

$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)

$E_m$ : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

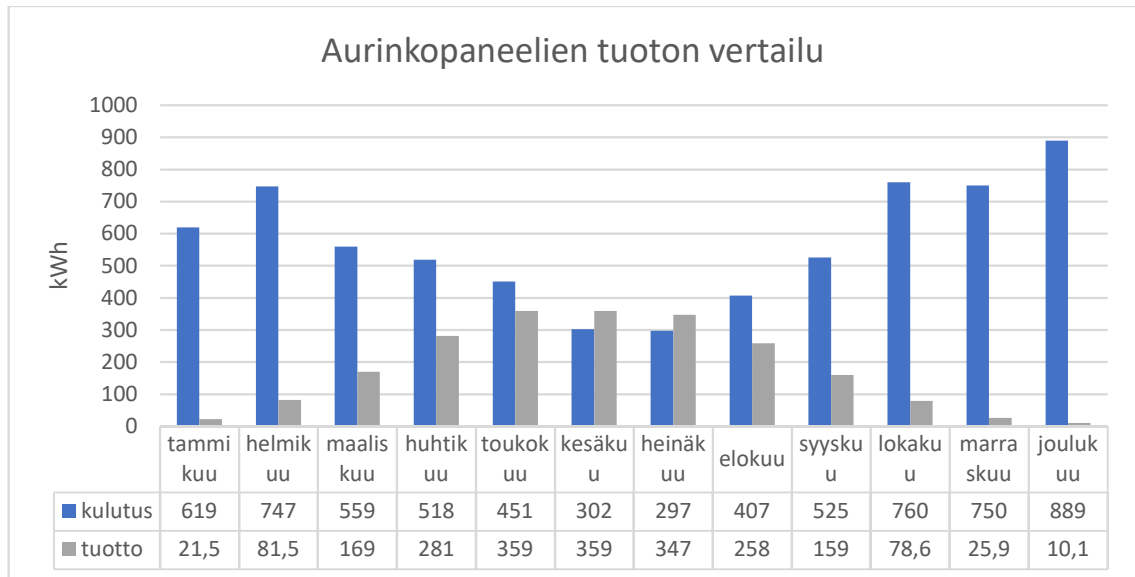
$H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Kuvio 10. Laskennallinen tuotto.

(Photovoltaic Geographical Information System, [viitattu 4.2.2018]).

Kun saatuja tuloksia verrataan kiinteistön sähkön kulutukseen kuukausitasolla, voidaan havaita, että ylituottoa on ainoastaan kesä- ja heinäkuussa verrattuna talveen, jolloin järjestelmän tuotto on varsin heikkoa. Kokonaistasolla ylituottoa tulisi laskelmien pohjalta 107 kWh (Kuva 12). Ylituottoa ei kannata olla liikaa, sillä jos sitä ei voida varastoida akustoihin, maksaa energiayhtiö siitä loppupeleissä hyvin vähän kiinteistön omistajalle.



Kuvio 11. Aurinkopaneelien tuoton vertailu.

### 3.7 Aurinkokeräimet

Tutkittavan kiinteistön tarkasteltavaksi aurinkokeräimeksi valittiin heat pipe -tyhjiöputkikeräin, joka perustuu U-pipe tyyppisen lämmönsiirtonesteputken toimintaan. Tyhjiöputkikeräimellä saavutetaan talvisaikaan parempi hyötysuhde kuin tasokeräimellä muun muassa tyhjiön lämmöneristävyuden vuoksi. Tämä on merkittävä etu, sillä talvisaikaan lämpimän veden tarve on huomattavasti suurempi, eikä kesäaikaan keräintyypeillä ole suuria eroja. (Tahkokorpi ym. 2016, 84)

Kun lähdetään arvioimaan keräinten määrää, tulisi ensimmäisenä selvittää kiinteistön omistajan motiivi. Paras lopputulos saavutetaan, kun otetaan huomioon nykyinen lämmitysjärjestelmä sekä asukkaiden lämpimän veden tarve. Mitoituksessa tulisi huomioida myös lämpimän veden tarve eri vuoden aikoina. Nelihenkisen omakotitalouden summittainen lämpimän veden tarve on 200-300 l/vrk. Aurinkokeräimien tarvittavan pinta-alan voi karkeasti arvioida olevan 1,25 m<sup>2</sup>/hlö. (Tahkokorpi ym. 2016, 114.)

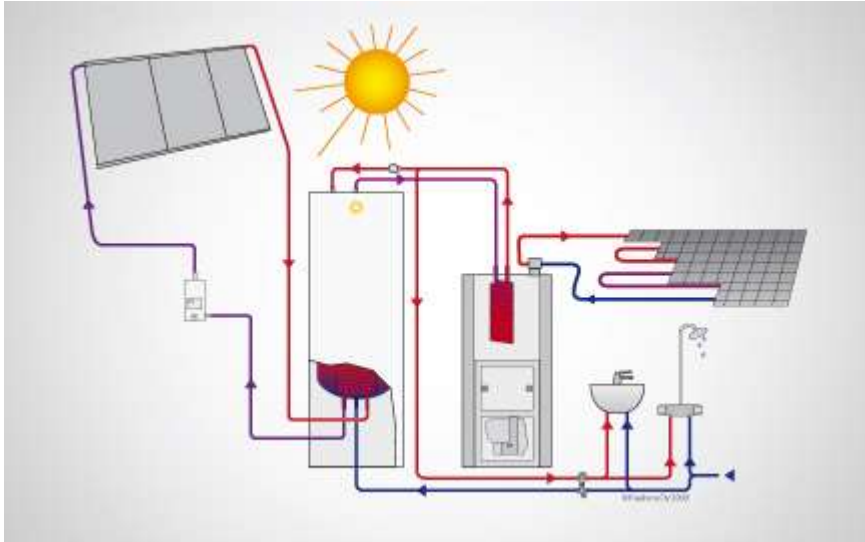
Kiinteistön lämpimän veden tuottaa tällä hetkellä maalämpöpumppu. Aurinkokeräimillä on kohteen tapauksessa tarkoitus toimia tukevana lämpimän veden tuottajana. Kohteen tutkittavaksi keräimeksi valittiin 2 kappaletta tyhjiöputkikeräimiä, jotka tulevat aurinkolämpöpaketin mukana. Keräimien apertuuripinta-ala on yhteensä  $3,76 \text{ m}^2$ . Paneelien tekniset tiedot ovat:

- Putkia 36 kpl
- Apertuuripinta-ala  $3,76 \text{ m}^2$
- Yhden tyhjiöputken mitta 58 x 1800 mm
- Liitännät G  $\frac{3}{4}$  ” uros. (Kone-glans Oy, [viitattu 11.2.2018].)

Aurinkokeräimien tuottoa arvioidessa täytyy ottaa huomioon, että valmistajien antamat tuotot ovat yleensä laboratoriotestattuja, jolloin tuotto on mitattu mahdollisimman ihanteellisissa olosuhteissa. Tuottoa voi olla vaikea arvioida, sillä aurinkokeräimen hyötysuhde on sitä parempi, mitä matalammassa lämpötilassa järjestelmää käyttää. Yksi merkittävä muuttuja on itse aurinkokeräin. Keräimiä on rakenteeltaan erilaisia ja lämpöhäviötä esiintyy aina. Joskin nykyään käytettävät selektiivipinnat eivät päästä lämpösäteilyä niin paljon ulos, jolloin lämpöhäviöt pienenevät. Tavallisen aurinkolämpöjärjestelmän tuoton on arvioitu olevan  $300\text{--}400 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa käyttövedelle. (Solpros 2006, 5.)

Keräimet ovat U-pipe tyyppisiä tyhjiöputkikeräimiä, joilla hyötysuhde on korkea. Tuoton voidaan arvioida olevan  $400 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa. Tällöin olisi koko järjestelmän tuotto vuodessa  $1504 \text{ kWh}$ .

Aurinkokeräimiltä lämmennyt neste johdetaan lämmönvarastointipaikkaan. Maalämpöpumpussa on itsessään 175 litran varaaja, mutta se on liian pieni mitoitettavalle järjestelmälle eikä siitä löytynyt sopivaa liitospaikkaa aurinkokeräimille. Järjestelmään tulisi liittää siis uusi hybridivaraaja, jossa olisi liitospaikat sekä maalämpöpumpulle että aurinkokeräimille (Kuva 13). Aurinkokeräinpaketin mukana toimitetaan hybridivaraaja, jonka koko on 300 litraa. Tämän lisäksi järjestelmässä tulee olla paisunta-astia, jolla ylläpidetään nesteverkoston paine oikeanlaisena.



Kuvio 12. Aurinkokeräin olemassa olevaan järjestelmään. (Hanakat Oy, [viitattu 10.2.2018]).

Järjestelmä tarvitsee toimiakseen ohjausyksikköä, joka ohjaa kiertovesipumpun toimintaa. Ohjaus voi perustua esimerkiksi lämpötilaeroon, virtausmuutokseen tai ajastettuun toimintoon. Ohjausyksikkö säätelee virtausnopeutta ja hakee tämän kautta optimaalisen virtauksen aurinkokeräimille, jotta saadaan talteen mahdollisimman paljon auringon tuottamasta lämmöstä. Toiminta perustuu siihen, että virtausta vähennetään aina kun auringon säteily vähenee.

## 4 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN ASENNUS

Järjestelmän asentamisessa on oltava huolellinen, sillä tuulikuormat voivat olla suuria. Lisäksi keräinosiin voi kerrostua suuriakin määriä lunta. Kiinnitys kattopintaan täytyy olla tukeva ja kattorakenteita tulee vahvistaa tarvittaessa aluslaudoituksen alapuolelta. Jos keräinosilla on riski kerätä huomattavia määriä lunta jyrkällä kattolapella, tulisi keräinosien yläpuolelle asentaa lisäksi lumiesteet.

Aurinkopaneelit tuottavat sähköä ja sähköasennuksiin on asentajilla oltava sähköasentajan pätevyudet, jos järjestelmä kytketään tuottamaan 230 V vaihtojännitettä. Esimerkiksi vapaa-ajan asuntoihin tavallinen sähkönkäyttäjä saa asentaa aurinkosähköjärjestelmän, jos järjestelmä kytketään tuottamaan enintään 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä. Käyttäjän tulee kuitenkin perehtyä töitä koskeviin turvallisuusvaatimuksiin sekä oppaisiin. (TUKES 2015, 68.)

Aurinkokeräinten putkituksia tekevällä henkilöllä tulee olla riittävä osaaminen ja kokemus putkitöistä. Asennuksen haasteellisuudesta riippuen työlle voidaan tarvita KVV-työnjohtaja. Aurinkokeräinjärjestelmä tulisi koepaineistaa asennuksen valmistuttua, jotta mahdolliset vuotopaikat havaittaisiin.

Aurinkoenergiaa hyödyntäville järjestelmille on laadittu asentajille sertifikaatteja sekä kursseja, joilla saadaan tarvittavat pätevyudet. Aurinkoenergiajärjestelmää hankkivan kiinteistön omistajan tulee valita valtuutettu asentaja, sillä esimerkiksi vakuutusyhtiöt eivät korvaa vahinkoa, jos todetaan, että vahinko on johtunut viallisesti asennetusta järjestelmästä, joka on asennettu ilman riittävää ammattitaitoa. Kun valitaan osaava asentaja, varmistutaan myös siitä, että järjestelmä toimii tehokkaasti ja on pitkäikäinen.

## 4.1 Asennuspaikka

Järjestelmän asennuspaikan tulisi olla sijainniltaan sellainen, että auringon säteillä olisi suora yhteys säteilystä absorboiviin pintoihin mahdollisimman suuren osan päivästä. Asennuspaikkaa valitessa tulisi huomioida muun muassa puut ja lipputangot, sillä pienetkin varjot laskevat merkittävästi järjestelmän tuottoa. Yleisin asennuspaikka on rakennuksen katolla, mutta paneeliston voi asentaa myös maahan tai rakennuksen seinälle. Maastoon asennettaessa tulee huomioida, että paneelit eivät häiritse pihan muuta käyttöä. (Kettunen, [viitattu 1.2.2018].)

Auringon säteitä hyödyntävän järjestelmän suuntaus vaikuttaa merkittävästi sähköntuotantoon. Suunnan tulisi olla etelään ja tuotto pienenee eteläsuuntauksesta poikettaessa aurinkopaneelijärjestelmällä seuraavasti:

- Kaakko: Järjestelmän tuotto on noin 7 % pienempi kuin etelään suunnattaessa.
- Lounas: Järjestelmän tuotto on noin 7 % pienempi kuin etelään suunnattaessa.
- Itä: Järjestelmän tuotto on noin 25 % pienempi kuin etelään suunnattaessa.
- Länsi: Järjestelmän tuotto on noin 25 % pienempi kuin suoraan etelään suunnattaessa.
- Koillinen, luode, pohjoinen: Järjestelmää ei kannata suunnata näihin ilmansuuntiin heikon tuoton vuoksi. (Kettunen, [viitattu 1.2.2018].)

Järjestelmän asennuskulma on hyvin ratkaisevassa roolissa auringosta saatavalle energialle. Paras kallistuskulma olisi aina sama kuin leveysaste, joskin Suomessa kannattavin asennuskulma on kuitenkin vaakatasoon nähden 30°-90° vuodenajan mukaan. Loivempi asennuskulma on paras kesäaikaan, kun taas jyrkkä 75°-90° toimii paremmin talviaikaan, jolloin energiantarvekin on suurempaa. Kun halutaan maksimoida vuotuinen tuotto, on paras asennuskulma noin 45°. (Erat ym. 2008, 153.)

Lakimuutoksen ansiosta rakennus- tai toimenpidelupaa ei välttämättä tarvitse hakea. Kriteereinä ovat, että järjestelmä ei aiheuta kaupunkikuvallista tai maisemallista haittaa, ja että järjestelmä ei vaikuta naapurikiinteistöihin negatiivisella tavalla. (Happonen 2017.)

## 4.2 Asennuksen työturvallisuus

Kattopinnat voivat olla jyrkkiä ja työturvallisuus tulee ottaa aina huomioon jo ennen töiden aloittamista. Ensisijaisesti työturvallisuudesta vastaa työn tilaaja, jos vastuuta ei siirretä eteenpäin. Asennuksessa tulisi huomioida muun muassa seuraavat asiat:

- Katolta putoaminen on estettävä. Ensisijaisesti on asennettava putoamissuojaus, mutta jos putoamissuojia ei voida asentaa, tulee käytössä olla turvavaljaat. Paras tapa on, jos pystytään asentamaan putoamissuojaus ja käytetään silti turvavaljaita. Lisäksi työhön osallistuvilla tulee olla henkilökohtainen suojarustus.
- Tikkaita voi käyttää vain väliaikaiseen nousuun eikä niitä täten ollen saa käyttää työskentelyyn.
- Katolla tulisi olla sijoituspaikka asentajien työkaluille.
- Jos kattolape on jyrkkä, on katolle rakennettava kulkutiet niin pystysuunnassa kuin vaakasuunnassakin. Jos katolla on jo valmiina kulkusiltoja tai lumiesteitä, on näitä hyvä hyödyntää.
- Järjestelmien keräinosat painavat paljon. Asennukseen tulisi varata nosturi, jolla keräinelementit saataisiin katolle turvallisesti. Nostotyöt kannattaa suunnitella etukäteen, jolloin maksimoidaan nosturin työteho ja tällä tavoin saadaan nosturin käyttötunnit minimoitua, mikä vaikuttaa suoraan kustannuksiin. Nosturille täytyy olla kantava maaperä.
- Keliolosuhteet tulee ottaa huomioon. Asennusta ei tulisi suorittaa tuulisella tai sateisella kelillä. Pakkasella katemateriaali voi olla myös äärimmäisen liukas. Kuumalla kelillä ei järjestelmän asennusta saisi tehdä huopakatolle mahdollisen katemateriaalin rikkoontumisen vuoksi.
- Ennen työn aloittamista käydään mahdolliset riskit läpi asentajien kanssa.



Kun edellä mainitut kohdat otetaan huomioon ja varmistetaan turvalliset asennusolosuhteet, voidaan edesauttaa työn sujuvuutta mikä on suoraan suhteessa työn laatuun. Jos työn tilaaja on tietämätön rakennustöistä ja siihen liittyvistä säädöksistä, tulisi työhön nimetä työnjohtaja jolle vastuu työturvallisuuden järjestämisestä ja toteuttamisesta siirrettäisiin.

### 4.3 Asennus tutkittavaan kiinteistöön

Opinnäytetyön kohteena olevan asuinrakennuksen kattomuoto on harjakatto ilman murrettua harjaa. Katon toinen lape osoittaa lounaaseen, eli se sopisi suunnaltaan järjestelmän asennuspaikaksi melko hyvin. Lape on pinta-alaltaan noin  $170 \text{ m}^2$ , joten se soveltuisi pinta-alaltaankin mainiosti asennuspaikaksi. Kiinteistöä rajaa oja lounaisrajalla. Ojan vieressä kasvaa rivi isoja koivuja jotka häiritsevät hiukan säteilyä ja ne tulisi kaataa pois. Kattokulma on asuinrakennuksessa  $18^\circ$ , mikä on hieman loiva kevät- ja syystuotolle. Keräinjärjestelmä on mahdollista asentaa yhteen riviin katolle pitkän lappeen ansiosta. Tällöin paneelit olisi helppo asentaa myös hieman vinoon. Järjestelmän tuotto on kuitenkin laskettu kattokulman mukaan.

Tässä tapauksessa asennus kattoon olisi yksinkertainen, sillä kohteessa on peltikatto ja ruodelaudoitus on profiililtaan sellainen, mihin saa tukevasti paneelit kiinni. Putkitus voidaan tehdä katemateriaalin läpi, mutta tällöin tiivistämiseen täytyy kiinnittää erityistä huomiota.

Aurinkopaneelit voitaisiin asentaa katon lappeen toiseen pätyyn, jolloin putkitukset voitaisiin vetää päätyräystään yli ja päätyseinästä läpi. Näin tehtäessä ei peltikatteeseen tulisi ylimääräisiä reikiä ja varmistuttaisiin katteen vesipitävyydestä myös pitkällä aikavälillä. Aurinkokeräimillä putkitus olisi tehtävä katteesta läpi, jolloin saadaan suora putkitus vesiputkille, ja täten vältetään ylimääräisiltä liitoksilta putkituksissa. Tällöin myös putkien eristäminen helpottuu.

Järjestelmän tekniikan sijoituspaikka olisi asuinrakennuksen tekninen tila, jossa sijaitsee maalämpöpumppu, sähkökeskus, ilmanvaihtokone ja käyttöveden jakotukki. Tekninen tila on kooltaan  $2,6 \text{ m}^2$ , ja on osaksi varastokäytössä.

## 5 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS

Järjestelmään sijoittamisessa voidaan käyttää verotuksessa kotitalousvähennystä, joka korvaa 50 % yritykseltä ostetusta työstä omavastuun ollessa 100 euroa. Kotitalousvähennys on kuitenkin maksimissaan 2400 euroa vuodessa. (Verohallinto 2017.)

Kohteen tapauksessa ei kotitalousvähennystä voi käyttää, sillä asennustyöt voidaan tehdä itse.

### 5.1 Aurinkopaneelit

Järjestelmän hankintakustannukset on arvioitu olevan 4129 euroa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Aurinkosähköjärjestelmän kustannukset.

Tuote	Hinta
Aurinkopaneelit 11 kpl	<b>2189 €</b>
Invertteri	<b>1390 €</b>
Asennuskiskot (C – kisko) + tarvikkeet	<b>250 €</b>
Sähkötarvikkeet	<b>250 €</b>
Sähkömittari	<b>50 €</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>4129 €</b>

Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan aikaa, jolloin järjestelmä on tuottanut niin paljon energiaa, että sen oma investointihinta on saatu katettua pois. Järjestelmän arvioitu vuotuinen tuotto ilman ylimenevää osuutta (107 kWh) on 2043 kWh. Tämä tuottaisi euroissa kiinteistölle 212,70 euroa. Ylimenevästä osuudesta kiinteistö saisi energia-yhtiöltä 3,70 euroa vuodessa. Vuotuinen hyöty olisi tällöin 216,40 euroa. Kun jaetaan investointihinta vuotuisella hyödyllä, saadaan takaisinmaksuajaksi noin 19 vuotta nykyisellä energianhinnalla.

## 5.2 Aurinkokeräimet

Järjestelmän hankintakustannukset on arvioitu olevan 2797 euroa (Taulukko 2). Arvioitu vuotuinen tuotto järjestelmällä on 1504 kWh. Tämä tuo kiinteistölle 156,60 euron vuotuisen säästön. Kun jaetaan investointihinta vuotuisella hyödyllä, saadaan takaisinmaksuajaksi noin 17,8 vuotta nykyisellä energianhinnalla.

Taulukko 2. Aurinkolämpöjärjestelmän kustannukset.

Tuote	Hinta
Aurinkolämpöpaketti sis. 2kpl keräintä, 300 l varaajan, kiertovesipumpun, sää- dinyksikön ja paisunta-astian	<b>2082 €</b>
Asennustarvikkeet	<b>100 €</b>
Putkitarvikkeet	<b>490 €</b>
Lämmönsiirtoneste	<b>65 €</b>
Putkieriste	<b>60 €</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>2797 €</b>

## 6 YHTEENVETO

Aurinkopaneeleita tarvitaan suhteessa enemmän kuin aurinkokeräimiä, sillä niiden tuotto neliometriä kohden on pienempi. Järjestelmää ei kannata mitoittaa ylisuuraksi, sillä ylituotetusta sähköstä maksetaan hyvin vähän. Tämä on aurinkopaneelien mitoittamisen kannalta huono asia energiatehokkaalle taloudelle, sillä kesäaikana kuukausittainen energian kulutus on hyvin alhainen ja täten paneelimäärä jää pienehköksi. Suurempi paneelimäärä toisi enemmän tuottoa, jolla saataisiin suhteellisen kalliin invertterin takaisinmaksua pienennettyä. Järjestelmä on helppo asentaa ja se on varmatoiminen, jolloin huoltokustannukset jäävät pieneksi. Järjestelmän heikoin osa on invertteri.

Aurinkokeräimillä on parempi tuotto neliometriä kohden kuin aurinkopaneeleilla. Ne ovat myöskin halvempia. Suuren kustannuserän tutkittavaan kohteeseen toi se, että maalämpöpumppuun ei voinut kytkeä aurinkolämpöjärjestelmää, vaan tarvittaisiin uusi erillinen varaaja. Varaajan saisi kuitenkin kohtuullisen edullisesti, jos sen ottaisi samaan pakettiin muun järjestelmän kanssa. Järjestelmä olisi kuitenkin vielä kannattavampi, jos aurinkokeräimet voisi kytkeä suoraan maalämpöpumppuun tai olemassa olevaan varaajaan jollain muulla asunnon lämmitysmuodolla. Järjestelmän tuotto hankintahintaan nähden on parempi kuin aurinkopaneeleilla, mutta huoltoalttius on suurempi. Tämä johtuu siitä, että järjestelmässä kiertää neste. Järjestelmässä heikoimmat osat ovat kiertovesipumppu, ohjainyksikkö ja tietenkin putkiliitokset, joiden tiiveyttä pitää säännöllisesti seurata.

Kohteen tapauksessa valitsisin järjestelmäksi aurinkopaneelit, vaikka niillä on pidempi takaisinmaksuaika kuin aurinkokeräimillä. Tämä siitä syystä, että selvittäisiin yksinkertaisemmalla tekniikalla kuin aurinkokeräimillä. Aurinkokeräimet olisivat parempi vaihtoehto tässä tapauksessa, jos ne voitaisiin liittää suoraan maalämpöpumppuun tai olemassa olevaan varaajaan.

Takaisinmaksuaika oli kummallakin järjestelmällä alle 20 vuotta. Tämä on pitkäkö aika, mutta jos sitä verrataan rakennusten arvioituun käyttöikään, joka on 50 vuotta, on investointi hyvinkin kannattavaa. Kun asennus voidaan tehdä itse, saadaan järjestelmän takaisinmaksuaikaa lyhennettyä. Vaikkakin hyöty pienenee, kun asenuksesta voitaisiin saada kotitalousvähennys. Täytyy aina myös muistaa se, että energian hinta tulee todennäköisesti vuosien saatossa nousemaan, jolloin takaisinmaksuaika lyhenisi. Tätä en kuitenkaan ottanut huomioon, sillä vastaavasti huolto- töitä tulee varmasti jossain kohtaa ja energian hinnassa on muuttujia, muun muassa Olkiluoto 3 -ydinvoimalan mahdollinen valmistuminen 2019, jolloin energianhinnan on oletettu laskevan. Markkinoilla on myös halvempia malleja aurinkopaneeleista ja -keräimistä, joilla voitaisiin takaisinmaksuaikaa lyhentää investointihinnan ollessa pienempi. Mielestäni olisi kuitenkin syytä pitäytyä laadukkaassa ja luotettavasti toimivassa tekniikassa, vaikkakin se vähän kalliimpaa olisi.

Jos aurinkoenergiaa hyödyntävä järjestelmä löytyy kiinteistöstä, on se ehdottomasti myyntivaltti kiinteistöä myydessä. Myös kiinteistön arvo nousee sijoitettaessa järjestelmään.

Opinnäytetyö on mielestäni onnistunut ja aurinkoenergian hyödyntäminen havaittiin taloudellisesti järkeväksi. Mielestäni aurinkoenergian hyödyntäminen on kannattavaa aina. Uskon myös tulevaisuudessa aurinkoenergian käytön lisääntyvän. Kiinteistöllä löydettiin kannattava järjestelmä laskelmien kautta. Haasteiksi osoittautui tutkittavaksi valittava aurinkokeräinjärjestelmä. Mallistoa oli laajalti ja hintahaarukka oli laaja. Edullista lämminvesivaraajaa ei myöskään tahtonut löytyä. Lopuksi kuitenkin löysin keräinpaketin, johon kuului myös varaaja. Näin investointihinta saatiin järkevälle tasolle.

## LÄHTEET

- Erat, B., Erkkilä, V., Löfgren, T., Nyman, C., Peltola, S. & Suokivi, H. 2008. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. Aurinkoteknillinen Yhdistys ry.
- Happonen, K. 2017. Uusi laki tuli voimaan: Nyt aurinkopaneelien käyttö on helppompaa, lupaa ei välttämättä enää tarvita. [Verkkolehtiartikkeli]. Aamulehti. [Viitattu 11.2.2017]. Saatavana: <https://www.aamulehti.fi/kotimaa/nyt-aurinkopaneelien-kaytto-on-yksinkertaisempaa-lupaa-ei-valttamatta-ena-tarvita-200166591/>
- Hanakat Oy. Aurinkolämmitys – uusiutuvaa energiaa. [Verkkosivu]. [Viitattu: 10.2.2018]. Saatavana: <http://hanakat.fi/tuotteet/l%C3%A4mmitys/aurinkol%C3%A4mmitys>
- Kettunen, T. Aurinkosähköä kotiin. [Verkkojulkaisu]. HSY. [Viitattu 1.2.2018]. Saatavana: <http://ilmastoinfo.fi/aurinkosahkoakotiin/miten/huomioitavaa/>
- Kone-glans Oy. Aurinkokeräimet. Glans energy aurinkokeräinpaketti. [Verkkosivu]. [Viitattu: 11.2.2018]. Saatavana: <https://www.kone-glans.fi/aurinkokeraimet/glans-energy-aurinkokerainpaketti/>
- Lumise Oy. Brightest performance. Aurinkopaneelit. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.2.2018]. Saatavana: <https://www.erikoistekniikka.fi/aurinkoenergia/tuote/aurinkopaneeli-270w-24v/7014010310/>
- Lämpöässä. Suomen lämpöpumpputekniikka Oy. VSI-Maalämpöpumput. [Verkkosivu]. Lapua. [Viitattu 15.2.2018]. Saatavana: <https://www.lampoassa.fi/tuotteet/maalampopumppu-vsi/>
- Maalämpö. Tietoa energiatehokkaasta asumisesta. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.2.2018]. Saatavana: <http://www.maalampo.fi/>
- Motiva Oy. Lämpöä omasta maasta. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 31.1.2018]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/files/7965/Lampo\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7965/Lampo_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf)
- Nord pool AS. Nordpoolgroup. Day – ahead prices. [Verkkosivu]. Lysaker. Norway. [Viitattu 3.2.2018]. Saatavana: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/Dayahead/Area-Prices/FI/Hourly/?view=table>
- Photovoltaic Geographical Information System. Performance of Grid-connected PV. JRC. CM SAF. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.2.2018]. Saatavana: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

RT 50-10482. 1992. Aurinkolämmitys. Helsinki: Rakennustieto.

RT 70-10477. 1992. Aurinkosähkö. Helsinki: Rakennustieto.

Seinäjoen energia Oy. Pientuotannon osto. [Verkkosivu]. Seinäjoki. [Viitattu 3.2.2018]. Saatavana: [http://www.seinajoenenergia.fi/Pientuotannon\\_osto](http://www.seinajoenenergia.fi/Pientuotannon_osto)

Solpros. 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet. Mitoitus ja käyttö. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 10.2.2018] Saatavana: <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>

Tahkokorpi, M., Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A. & Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into

TUKES. 2015. Kodin sähköturvallisuusopas. [Verkkojulkaisu]. 11/2015. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. [Viitattu: 21.2.2018]. Saatavana: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/esitteet\\_ja\\_oppaat/Kodin\\_sahkoturvallisuus\\_web.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/Kodin_sahkoturvallisuus_web.pdf)

Tulituote Oy. Tuotteet. Tyhjiöputkikeräimet. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.2.2018]. Saatavana: [http://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/aurinkokeraimet/heatpipe\\_tyhjioputkikeraimet/](http://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/aurinkokeraimet/heatpipe_tyhjioputkikeraimet/)

Vattenfall Oy. Usein kysyttyä aurinkopaneeleista. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.2.2018]. Saatavana: <https://www.vattenfall.fi/asiakaspalvelu/usein-kysytyja-kysymyksia/usein-kysytyja-aurinkopaneeleista/>

Verohallinto. 2017. Tulot ja vähennykset. Kotitalousvähennys. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.2.2018]. Saatavana: <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/>

## **LIITTEET**

Liite 1. Maalämmön energiankulutus.

Liite 2. Ote kulutusseurannasta.



## LIITE 1. Maalämmön energiankulutus.

	Lämmitys				Lämminvesi				Yhteensä				Cop	Osuus Energiasta %
	Kulutus [kwh]		Tuotto [kwh]		Kulutus [kwh]		Tuotto [kwh]		Kulutus [kwh]		Tuotto [kwh]			
Maalämpö Lähtö	861		4839		73		180		934		5019			
Tammikuu	1073	212	5972	1133	132	59	320	140	1205	271	6292	1273	4,697417	43,780291
Helmikuu	1275	202	7056	1084	192	60	464	144	1467	262	7520	1228	4,687023	35,073628
Maaliskuu	1442	167	7982	926	259	67	621	157	1701	234	8603	1083	4,628205	41,860465
Huhtikuu	1586	144	8778	796	326	67	779	158	1912	211	9557	954	4,521327	40,733591
Toukokuu	1684	98	9313	535	403	77	973	194	2087	175	10286	729	4,165714	38,802661
Kesäkuu	1721	37	9501	188	467	64	1136	163	2188	101	10637	351	3,475248	33,443709
Heinäkuu	1750	29	9656	155	525	58	1285	149	2275	87	10941	304	3,494253	29,292929
Elokuu	1822	72	10050	394	591	66	1422	137	2413	138	11472	531	3,847826	33,906634
Syyskuu	1986	164	10986	936	663	72	1624	202	2649	236	12610	1138	4,822034	44,952381
Lokakuu	2259	273	12519	1533	739	76	1816	192	2998	349	14335	1725	4,942693	45,921053
Marraskuu	2555	296	14119	1600	808	69	1973	157	3363	365	16092	1757	4,813699	48,666667
Joulukuu	2923	368	15976	1857	879	71	2149	176	3802	439	18125	2033	4,630979	49,381327
		2062		11137		806		1969		2868		13106	4,569735	42,028136

## LIITE 2. Ote kulutusseurannasta.

	Vedenkulutus		Sähkönkulutus		IV-Kone	Osuus	
	[m3]		[kwh]		[kwh]	Energiasta	
Lähtö	14,715		7727		0	%	
Tammikuu	19,4	4,685	8346	619		35	
Helmikuu	23,846	4,446	9093	747		35	
Maaliskuu	28,366	4,52	9652	559	34,9	34,9	6,2432916
Huhtikuu	33,011	4,645	10170	518	65,2	30,3	5,8494208
Toukokuu	39,13	6,119	10621	451	95,1	29,9	6,6297118
Kesäkuu	44,19	5,06	10923	302	121,9	26,8	8,8741722
Heinäkuu	48,95	4,76	11220	297	147,2	25,3	8,5185185
Elokuu	54,477	5,527	11627	407	173,4	26,2	6,4373464
Syyskuu	59,2	4,723	12152	525	200	26,6	5,0666667
Lokakuu	64,81	5,61	12912	760	231	31	4,0789474
Marraskuu	70,2	5,39	13662	750	259	28	3,7333333
Joulukuu	75,92	5,72	14551	889	291,5	32,5	3,655793
Yht.		61,205		6824		361,5	