

OMAKOTITALON ENERGIAREMONTIN KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI

Ahokumpu Aleksi

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Alexi Ahokumpu	Vuosi	2020
Ohjaaja(t)	Petri Kuisma		
Toimeksiantaja	Kiinteistön omistaja		
Työn nimi	Omakotitalon energiaremontin kannattavuuden arviointi		
Sivu- ja liitesivumäärä	30 + 4		

Opinnäytetyön tarkoitus oli arvioida omakotitalon jo toteutetun energiaremontin kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. Talo on 1970-luvulla rakennettu ja myöhemmin kahdesti laajennettu ns. puolitoistakerroksinen omakotitalo. Vanha lämmitysjärjestelmä oli öljylämmitys, josta siirryttiin ilma-vesilämpöpumppuun ja hankittiin varaava takkaleivinuuni. Laskelmien lähtötietoina toimivat kiinteistön toteutuneet energiankulutus tiedot vuosilta 2015-2020. Energiaremontti oli toteutettu vuonna 2018. Energiaremontin takaisinmaksuajaksi saatiin 10,5 vuotta.

Työssä arvioitiin myös mahdollisuutta ja kannattavuutta laajentaa lämmitysjärjestelmää tukemaan myös aurinkoenergiaa. Tältä osin vertailtiin aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmiä. Aurinkosähköjärjestelmä osoittautui kannattavamaksi 11-14 vuoden takaisinmaksuajalla riippuen ostosähkön hinnan kehityksestä. Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika on noin laitteiston arvioidun elinkaaren kesto.

Työssä tutustuttiin myös yleisellä tasolla ja toimintaperiaatteiltaan kiinteistön vanhaan, nykyiseen ja mahdollisesti tulevaan energiantuotantomenetelmään ja lämmönjakotapaan. Käsiteltävänä olivat öljylämmitys, ilma-vesilämpöpumppu, aurinkoenergia ja vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä.

Avainsanat

aurinkoenergia, lämmitysjärjestelmä, takaisinmaksuaika

Degree Programme in Civil
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Aleksi Ahokumpu	Year	2020
Supervisor	Petri Kuisma		
Commissioned by	Owner of a detached house		
Subject of thesis	Feasibility of Energy Renovation of a Detached House		
Number of pages	30 + 4		

The purpose of this thesis was to evaluate and calculate the payback period for a energy renovation of a comissioners detached house. The house was built in the 1970's and it had been extended twice. The old heating system was oil heating and it had been replaced with a air to water heat pump and a heat storing fireplace. The calculations were based on the real energy consumption of the house. The energy renovation was done in 2018. The payback time of the energy renovation is 10,5 years.

The possibility to extend the system to use a solar energy was analysed. In this regard, a solar thermal and photovoltaic systems were compared. The photovoltaic system was proved to be more profitable with a payback period of 11 to 14 years depending on a development of the price of a purchased electricity. The payback period for a solar thermal system is approximately the estimated life of the system.

The thesis also introduced the old, current and possibly the future energy production method and a heat distribution method of the house at a general level and with its operating principles. The oil heating, air to water heat pump, solar energy and the water circulation heating system were discussed.

Key words

solar energy, heating system, payback period

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 KOHTEEN ESITTELY	8
2.1 Lähtötiedot	8
2.2 Energiaremontti	8
3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	9
3.1 Öljylämmitys	9
3.1.1 Yleistä	9
3.1.2 Toimintaperiaate.....	9
3.2 UVLP	10
3.2.1 Yleistä	10
3.2.2 Toimintaperiaate.....	11
3.3 Vesikiertoinen lämmönjakotapa	13
3.4 Aurinkoenergia.....	14
3.4.1 Yleistä	14
3.4.2 Aurinkosähkö	14
3.4.3 Aurinkolämpö	15
4 LÄHTÖTIEDOT.....	18
4.1 Sähkönkulutus	18
4.2 Öljynkulutus	18
4.3 Puu	19
5 YHTEENVETO	20
5.1 Takaisinmaksuaika	20
5.2 UVLP Hyötysuhde	21
6 JÄRJESTELMÄN LAAJENNUS.....	23
6.1 Aurinkosähkö	23
6.2 Aurinkolämpö.....	26
7 POHDINTA.....	28
LÄHTEET.....	30
LIITTEET	31

ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyöni toimeksiantajaa Ilkkaa lähtötiedoista ja mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta. Kiitokset myös opiskelukavereille mielenkiintoisista projekteista ja keskusteluista opintojen varrelta. Lopuksi haluan kiittää vaimoani Sannaa ja lapsiani joustavuudesta ja tukemisesta opinnoissani.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

UVLP	ilma-vesilämpöpumppu
p-m ³	pinokuutiometri
Invertteri	vaihtosuuntaaja
kWh	kilowattitunti

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheeksi valitsin jo toteutetun lämmitysjärjestelmän muutoksen arvioinnin kulutustietojen perusteella 1970-luvulla rakennettuun omakotitaloon. Kohteessa vanha öljylämmitys järjestelmä on korvattu ilma-vesilämpöpumpulla. Lisäksi taloon on rakennettu varaava takkaleivinuuni. Opinnäytetyössä arvioidaan hankkeen kannattavuutta ja lasketaan takaisinmaksuaika sekä arvioidaan, olisiko järjestelmää kannattavaa täydentää vielä tulevaisuudessa hyödyntäen aurinkoenergiaa.

Työn tilaajana toimii kiinteistön omistaja. Hän on remontoinut ja laajentanut taloa perheen muuttuneisiin tarpeisiin sopivaksi. Opinnäytetyön aihe valikoitui henkilökohtaisesta mielenkiinnostani eri lämmitysjärjestelmiä ja omakotitalojen energiaratkaisuja kohtaan.

2 KOHTEEN ESITTELY

2.1 Lähtötiedot

Tutkittava kohde on vuonna 1977 rakennettu ns. puolitoistakerroksinen omakotitalo Haukiputaalla, Oulun läänissä. Taloa on laajennettu kaksi kertaa. Vuonna 1999 tehdyssä n. 20 m²:n laajennuksessa taloon rakennettiin tekninen tila, uusittiin öljylämmityskattila sekä rakennettiin sauna. Vuonna 2008 tehdyssä n. 60 m²:n laajennuksessa rakennettiin keittiö sekä makuuhuone. Alkuperäisessä osassa on vesikiertoinen patterilämmitys ja laajennetuissa osissa vesikiertoinen lattialämmitys. Alkuperäinen lämmitysmuoto oli öljylämmitys. Talossa on painovoimainen ilmanvaihto. Taloon on 2000-luvun alkupuolella asennettu ilmalämpöpumppu alakertaan lämmitystä varten sekä myöhemmin yläkertaan viilennystä varten. Nämä ilmalämpöpumput ovat olleet toiminnassa koko vertailu jakson ajan, joten niitä ei huomioida laskelmissa. Talossa on tarkasteltavana ajanjaksona vuosina 2015-2020 asunut 11 henkilöä.

2.2 Energiaremontti

Kiinteistössä oli vuonna 1999 hankittu Jämän vaihtopesäkattila sekä 1100 litran vesivaraaja. Öljysäiliönä oli piharakennukseen sijoitettu säiliö. Vaihtopesäkattilassa oli mahdollista käyttää polttoaineena puuta sekä öljyä. Järjestelmässä oli ensimmäiset vuodet käytetty polttoaineena puuta mutta 2000 luvun alkupuolella siirrytty öljyyn, jonka jälkeen puuta oli käytetty enää hyvin harvoin polttoaineena.

Vuonna 2018 taloon tehtiin energiaremontti, jossa vanha öljylämmitysjärjestelmä korvattiin Viessmann 222-S AWBT-M-E-AC NEW ilma-vesilämpöpumpulla. Järjestelmän rinnalle jätettiin vanha hyvässä kunnossa oleva 1100 litran lämminvesivaraaja. Ilma-vesilämpöpumpun hankintahinta asennettuna oli 13 450 €. Taloon muurattiin Tiilerin Amanda varaava takkaleivinuuni, jossa Härmä Air teräspiippu. Takan hankintahinta paikalleen muurattuna oli 9210,4 €. Verotuksessa huomioitu kotitalousvähennys työn osuudesta koko energiaremontin osalta oli 2821,2 €. Kokonaisinvestointi oli 19839,2 €.

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

3.1 Öljylämmitys

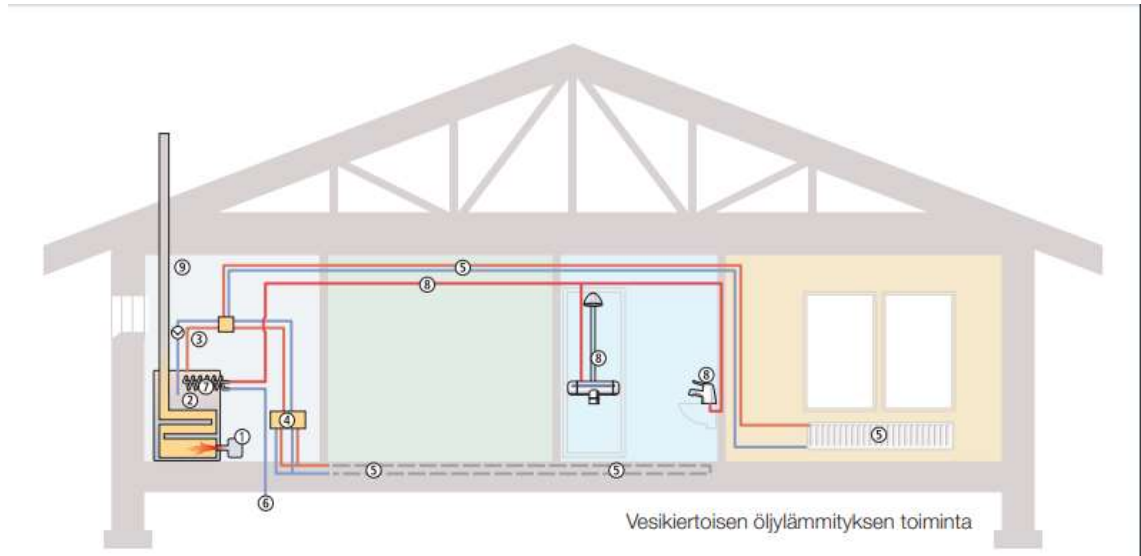
3.1.1 Yleistä

Suomessa on n. 175 000 omakotitaloa, jossa ensisijaisena lämmitysmuotona toimii öljylämmitys (Tilastokeskus 2018). Öljylämmitys on toimintavarma ja helppo lämmitysjärjestelmä. Öljylämmitys on yleinen lämmitysmuoto 1970-luvulla rakennetuissa taloissa.

Vanhojen öljylämmitysjärjestelmien tullessa käyttöikänsä loppuun, ne usein korvataan käyttökustannuksiltaan edullisimmilla ja ympäristöystävällisimmillä lämmitysjärjestelmillä. Pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelman tavoite on, että fossiilisen öljyn käytöstä lämmityksessä luovutaan asteittain 2030-luvun alkuun mennessä. Valtion ja kuntien kiinteistöjen öljylämmityksestä luovutaan vuoteen 2024 mennessä ja kannustetaan öljylämmitteisiä kiinteistöjä siirtymään muihin lämmitysmuotoihin 2020-luvun aikana erillisellä toimenpideohjelmalla. (Valtioneuvosto 2019.)

3.1.2 Toimintaperiaate

Öljylämmityksessä öljysäiliöstä johdettu öljy poltetaan kattilan tulipesässä, jolloin kattilassa oleva vesi lämpenee. Palamisen palokaasut johdetaan savuhormin kautta talon katolta ulos ja lämmin vesi pumpataan vesikiertoiseen patteri tai lattialämmitysjärjestelmään. Käyttövesi lämmitetään kattilassa olevalla lämminvesikierukalla (Kuvio 1).

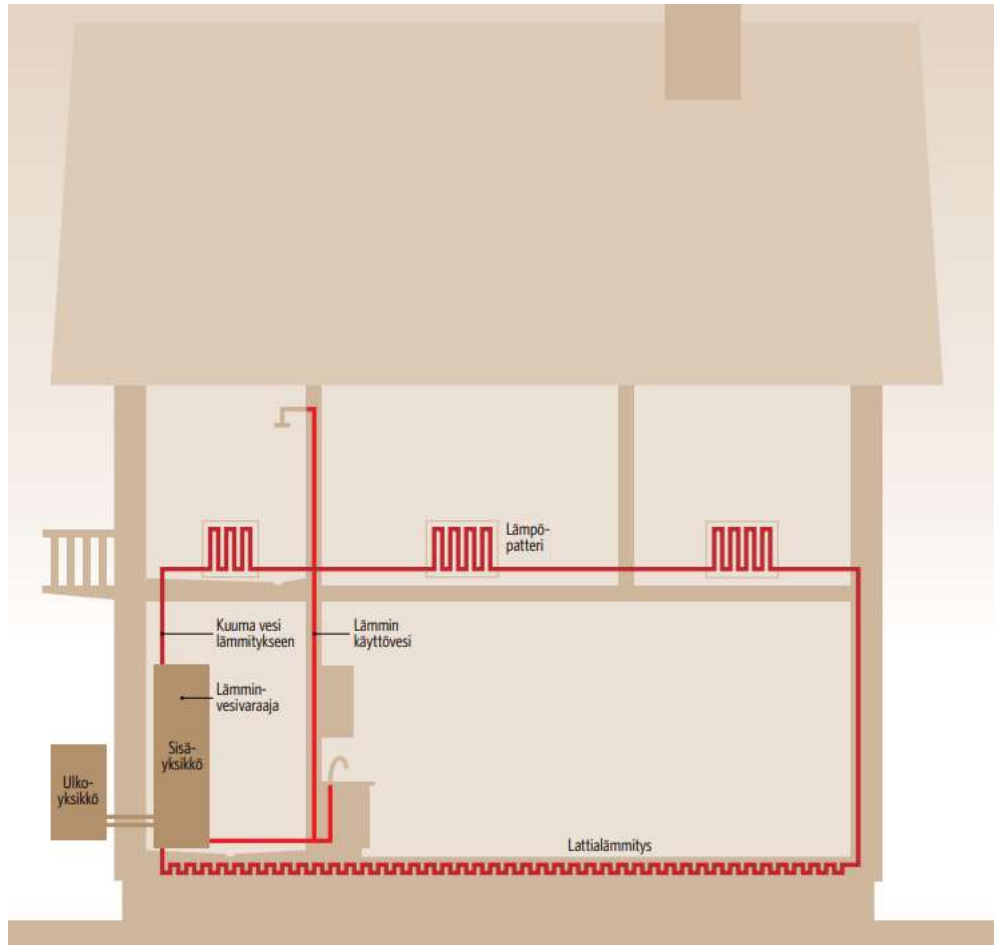


Kuvio 1. Vesikiertoisen öljylämmityksen toiminta (Omataloyhtiö 2010)

3.2 UVLP

3.2.1 Yleistä

Ilma-vesilämpöpumppu on yleinen lämmitysjärjestelmä energiaremontti kohteissa, joissa on vesikiertoinen lämmönjakotapa. Se on helppo asentaa vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle, eikä tarvitse isoa erillistä tilaa laitteistoa varten. Sisäyksikkö on yleensä noin jääkaapin kokoinen. Ilma-vesilämpöpumppu toimii päälämmitysjärjestelmänä sekä tuottaa lämpimän käyttöveden (Kuvio 2). On huomioitavaa, että ulkoilman lämpötilan laskiessa laitteiston hyötysuhde laskee. Tällöin laite käyttää sisäänrakennettuja sähkövastuksia. Kovalla pakkasella laitteiston tukena olisi hyvä olla tukilämmitysmuoto, jolla vähennettäisiin sähkövastuksien käyttöä ja ostosähkön määrää. Tukilämmitysmuotona voi toimia esimerkiksi varaava takka tai aurinkoenergia.

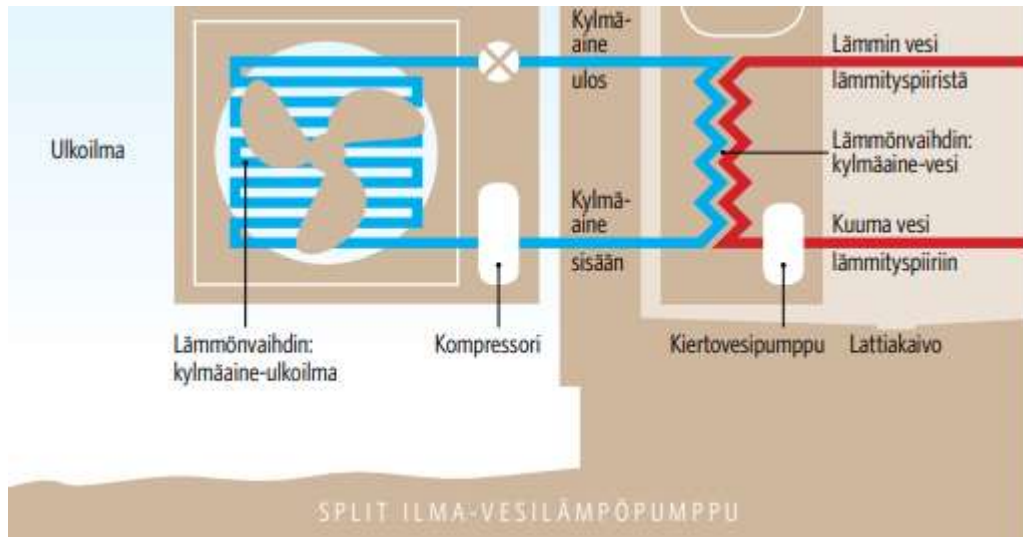


Kuvio 2. Ilma-vesilämpöpumppu järjestelmä (Motiva 2011)

3.2.2 Toimintaperiaate

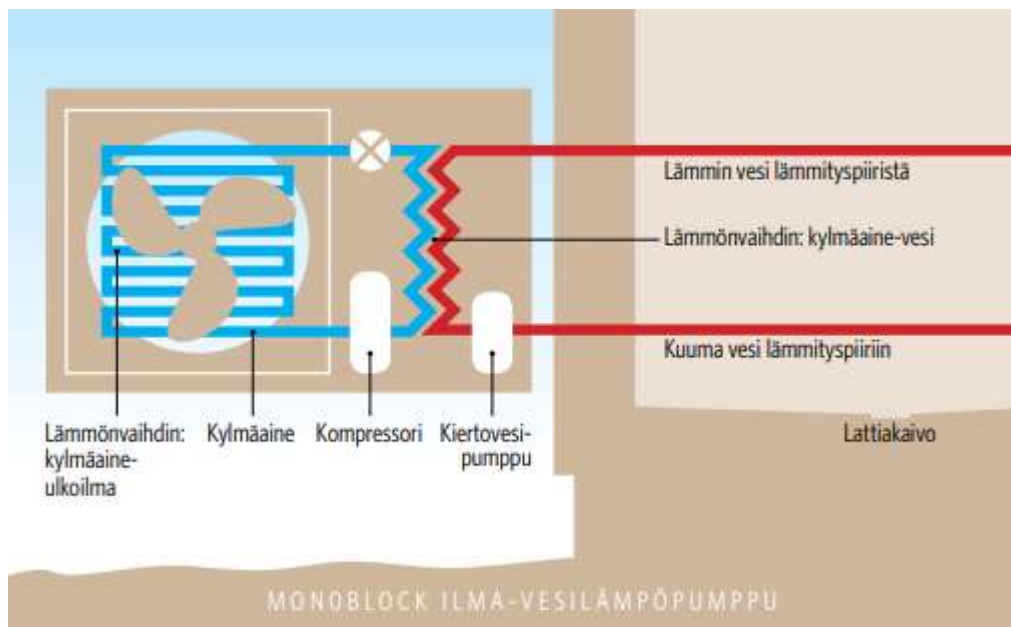
Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate on yksinkertainen ja tuttu muistakin lämpöpumpuista. Ulkoyksikössä puhallin puhaltaa höyrystimeen ulkoilmaa, jonka lämpö saa höyrystimen kylmäaineen lämpenemään ja muuttumaan kaasuksi, joka sitoo lämpöenergiaa itseensä. Kompressori puristaa kaasun vielä korkeampaan paineeseen ja saa kaasun lämpenemään entisestään. Tästä syntynyt kaasu johdetaan lauhtuttimeen, josta se siirtyy talon lämmitysjärjestelmään. Lämpönsä luovuttanut kaasu muuttuu takaisin nesteeksi ja jatkaa prosessissa uuden kierroksen. (Tomallen Senera 2020.)

Markkinoille olevista ilma-vesilämpöpumpuista suurin osa on joko split tai monoblock tyyppisiä laitteita. Split laitteessa lämpöpumpun ulko- ja sisäyksikön välillä kiertää kylmäaine (Kuvio 3).



Kuvio 3. Split ilma-vesilämpöpumppu (Motiva 2011)

Monoblock laitteistossa kaikki tekniikka sijaitsee ulkoyksikössä ja sisällä sijaitsevan varaajan ja ulkoyksikön välillä kiertää vain vesi (Kuvio 4). Molempia laitteita on saatavilla vaihtosuuntaajalla eli invertterillä varustettuina. Invertteri säättää kompressorin kierroslukua ja tuottaa rakennukseen sopivan määrän energiaa. (Motiva 2011.)



Kuvio 4. Monoblock ilma-vesilämpöpumppu (Motiva 2011)

3.3 Vesikiertoinen lämmönjakotapa

Vesikiertoinen lämmönjakotapa on hyvin yleinen ja monipuolinen. Se soveltuu lähes kaikkiin lämmöntuottojärjestelmiin ja näin ollen on hyvä lähtökohta, kun lähdetään suunnittelemaan energiaremonttia ja lämmitysjärjestelmän vaihtamista. Vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä on käytännössä kaksi lämmönjakotapaa, vesikiertoinen lattialämmitys ja vesikiertoinen patterilämmitys.

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä alapohjan betonivaluun tai puurakenteisen ala- tai välipohjaan sijoitetuissa muovisissa lattialämmitysputkissa (Kuvio 5) kiertää n. 24-40°C asteinen vesi.



Kuvio 5. Vesikiertoinen lattialämmitys järjestelmä.

Lattialämmitysputkistot on jaettu huonekohtaisiin piireihin, joita ohjataan huonekohtaisilla termostaateilla. Vesikiertoinen lattialämmitys on miellyttävä käyttää koska lämpö jakaantuu tasaisesti koko lämmitettävän alan lattiaan. Vesikiertoisessa lattialämmityksessä menoveden lämpötila on kohtuullisen alhainen ja näin ollen sopii hyvin ilma-vesilämpöpumppujärjestelmään, pitäen pumpun hyötysuhteen hyvänä, koska pumpun ei tarvitse tuottaa kovinkaan lämmintä vettä lattialämmitys järjestelmään.

Vesikiertoisessa patterijärjestelmässä vesi kiertää lämmitysputkijärjestelmässä lämmittäen huonekohtaisia ulkoseinille ikkunoiden alle sijoitettuja lämmityspattereita. Patterijärjestelmässä menoveden lämpötila täytyy olla korkeampi kuin vesikiertoisessa lattialämmitysjärjestelmässä ja näin ollen lähtökohtaisesti lämpöpumppujärjestelmissä sillä ei päästä aivan yhtä hyvään hyötysuhteeseen kuin vesikiertoisessa lattialämmityksessä.

3.4 Aurinkoenergia

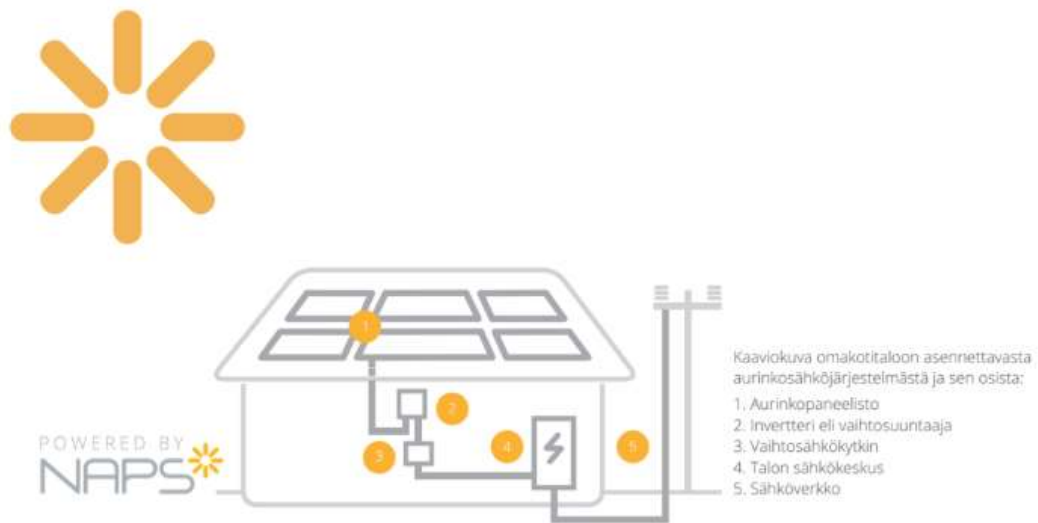
3.4.1 Yleistä

Aurinkoenergia on auringon säteilyn hyödyntämistä sähkö- tai lämpöenergiana. Auringon säteily voi olla auringosta suoraan tulevaa säteilyä tai hajasäteilyä. Hajasäteilyllä tarkoitetaan muusta kuin suoraan auringosta tulevaa säteilyä, esimerkiksi ilmakehän ja pilvien heijastamaa sekä maasta heijastuvaa säteilyä. (Motiva 2019a.)

Aurinkoenergia on täysin uusiutuvaa energiaa ja sen päästöt syntyvät ainoastaan valmistuksessa, kuljetuksessa ja kierrätyksessä.

3.4.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmä sisältää yksinkertaisimmillaan aurinkopaneelit sekä vaihtosuuntaajan eli invertterin (Kuvio 6). Aurinkopaneeleilla tuotetaan auringonsäteilystä tasajännitettä, minkä invertteri muuttaa sähköverkkoon liitetyn kiinteistön käyttämäksi 230 voltin vaihtojännitteeksi. Paneelit asennetaan yleensä katolle mahdollisimman varjottomaan paikkaan katon lappeen suuntaisesti. (NAPS 2018.)



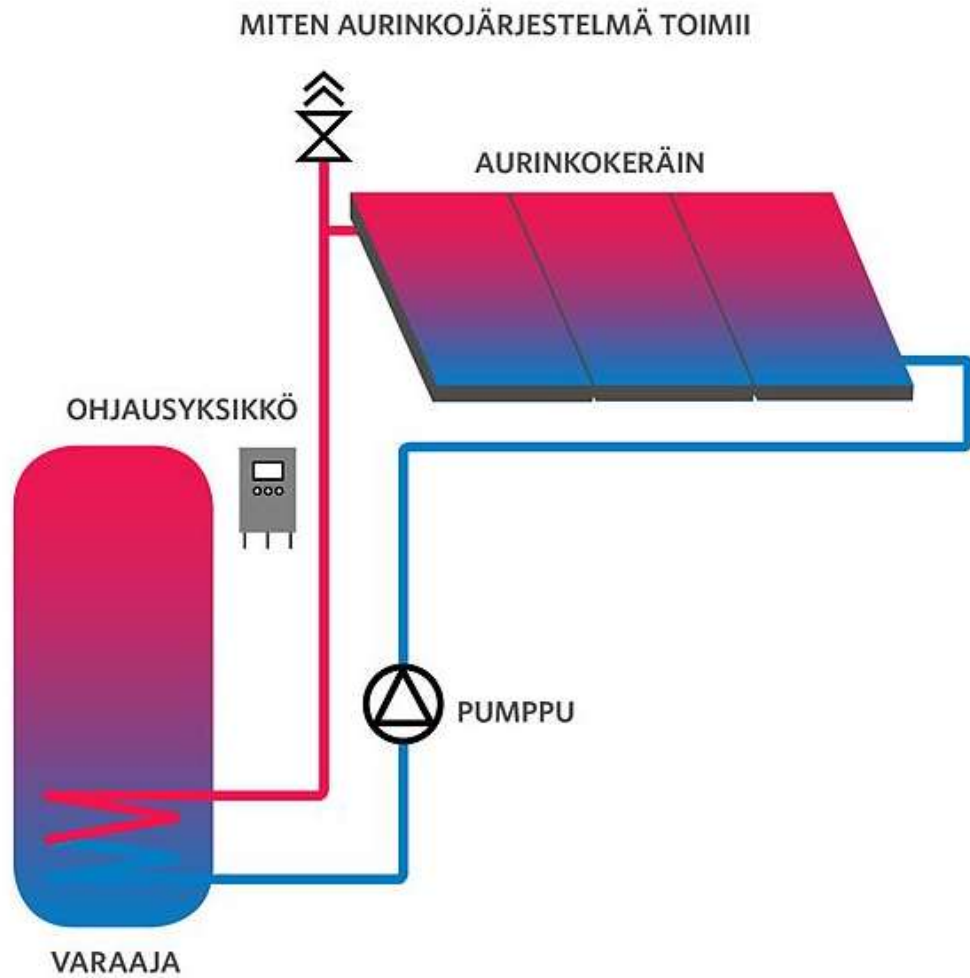
Kuvio 6. Aurinkosähköjärjestelmä (NAPS 2018)

Aurinkosähköjärjestelmä on järkevä mitoittaa juuri kyseenomaiseen kiinteistöön ja asumiskäyttötymiseen sopivaksi. Sähköä kannattaa tuottaa juuri omaan tarpeeseen, mutta ylimääräisen sähkön voi tarvittaessa myydä takaisin sähköyhtiölle. Sähkön myynnin kannattavuus riippuu siitä, minkälaisen hinnan sähköyhtiö on valmis siitä maksamaan.

Kiinteistön sähkönkulutusta kannattaa ohjata aurinkoiseen aikaan ja välttää kulu- tusta ilta- ja yöaikaan, kun aurinko ei paista. Näin saadaan hyödynnettyä aurin- koenergian tuottama sähkö tehokkaasti omassa kiinteistössä. (Motiva 2019b.)

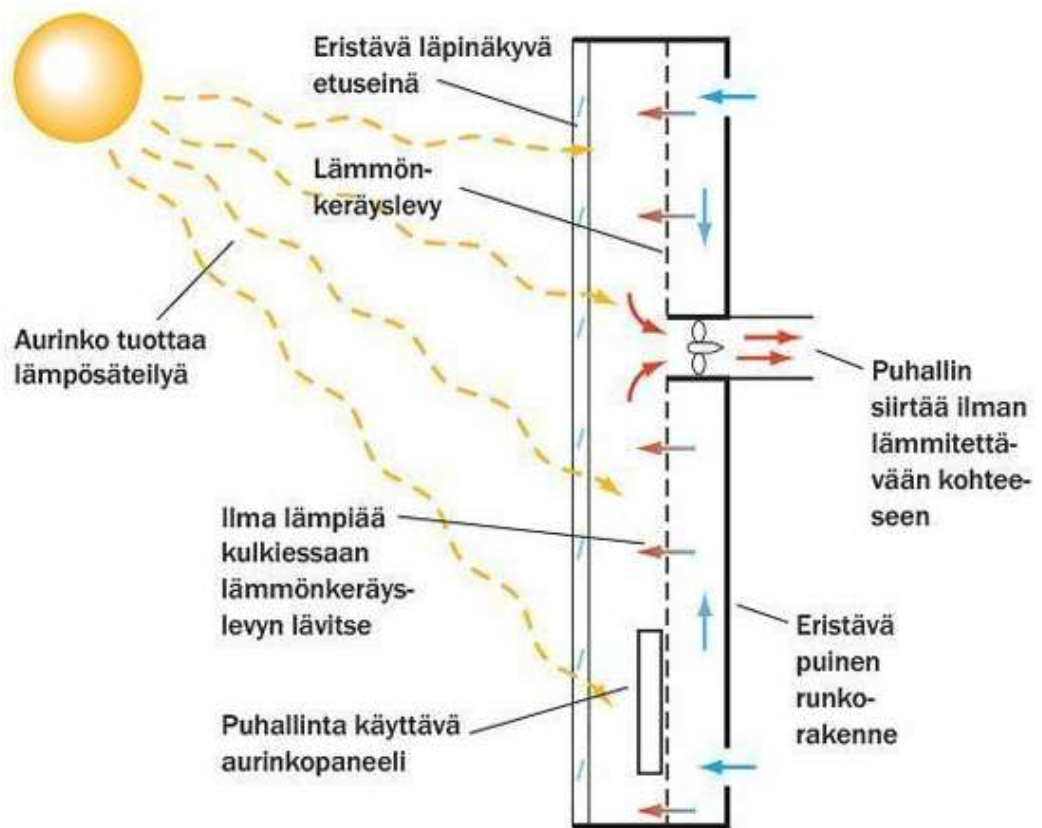
3.4.3 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu yleensä aurinkokeräimistä, vesivaraajasta, lämmönsiirtoputkistosta sekä putkistoon liitetyistä pumppuyksiköstä ja ohjaus- kesuksesta (Kuvio 7). Keräimien tehtävä on muuttaa auringon säteily lämmöksi. Keräimet keräävät aurinkoenergian, josta se siirretään lämmönsiirtonesteen avulla lämmönsiirtoputkistoa pitkin vesivaraajaan, johon energia varastoidaan. Aurinkoenergia tarvitsee varaston, johon energiaa varastoidaan, sillä auringon- säteilyn määrä vaihtelee paljon ja kulutus tapahtuu harvoin juuri samaan aikaan kun aurinko paistaa. Ohjausyksikkö kerää tietoa mitta-antureilta ja ohjaa pump- pua kierrättämään nestettä järjestelmässä. (Motiva 2019c.)



Kuvio 7. Aurinkojärjestelmän toiminta (Motiva 2019c)

Aurinkokeräimen lämmönsiirtoaineena voi toimia myös ilma. Ilmakiertoisilla keräimillä tuotetaan suoraan lämmitettävään tilaan puhallettavaa lämmintä ilmaa (Kuvio 8). Aurinkokeräimet ovat yksinkertaisempia ja turvallisempia mutta tehottomampia kuin nestekeräimet. (Motiva 2019d.)



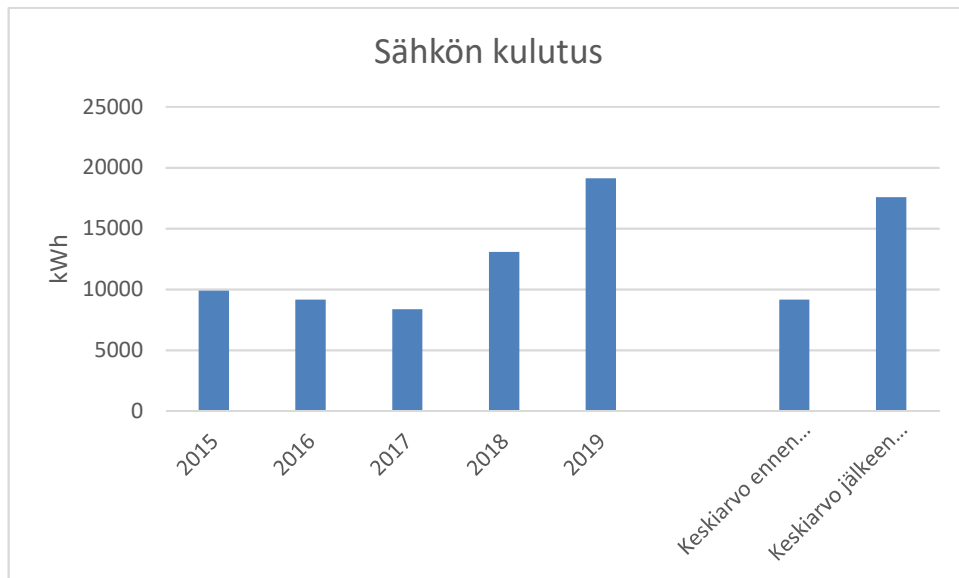
Kuvio 8. Ilmakeräimen toimintaperiaate (Motiva 2019d)

4 LÄHTÖTIEDOT

4.1 Sähkönkulutus

Arvioitavan kohteen sähkönkulutustiedot olivat saatavilla vuoden 2015 tammi-kuusta, 2020 vuoden helmikuuhun saakka. Energiaremontti tehtiin vuoden 2018 keväällä. Käytössä olevista sähkönkulutustiedoista laskettiin vuosikulutuksien keskiarvo. Vertailukelpoinen sähkönkulutus oli ennen energiaremonttia 9152 kWh vuodessa ja energiaremontin jälkeen 17566,5 kWh vuodessa (Taulukko 1). Sähkönkulutus on siis noussut energiaremontin myötä 8414,5 kWh. Sähkön vertailu hintana käytettiin toimeksiantajan sähkösopimuksen tämän hetkistä todellista kokonaishintaa 0,137€ / kWh.

Taulukko 1. Sähkönkulutus

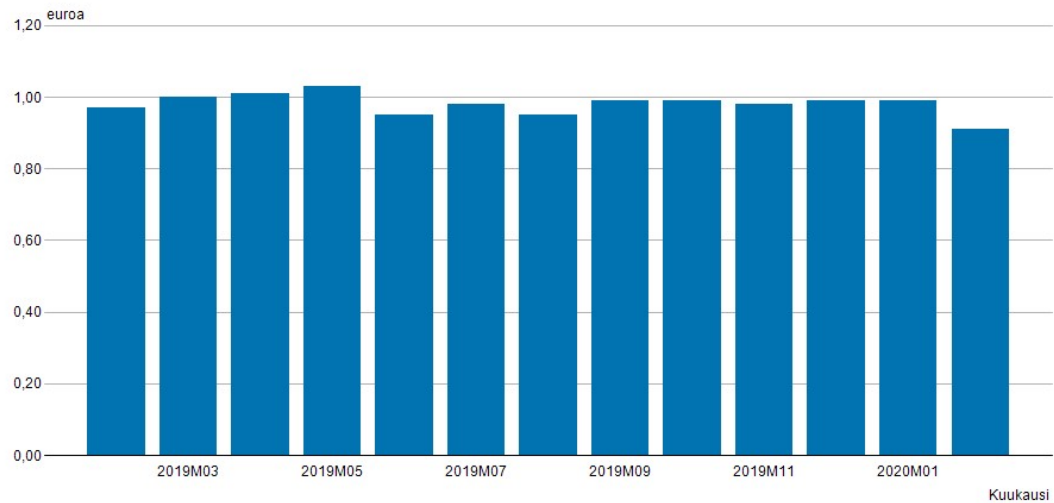


4.2 Öljynkulutus

Öljynkulutuksen lähtötiedot olivat osittain puutteelliset ja perustuivat osittain muistinvaraisuuteen. Kulutus oli ollut arvioiden mukaan n. 2800-3500 litraa vuodessa. Vertailukelpoisena öljynkulutuksena pidettiin keskiarvoa 3150 litraa vuodessa. Öljyn hintana käytettiin viimeisen 13 kuukauden kuluttajahinnan keskiarvoa 1 €/litra (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kuluttajahintaindeksi, kevyt polttoöljy (Tilastokeskus 2020)

Poltonesteiden keskihintoja muuttujina Kuukausi. Kevyt polttoöljy, 1 l, Keskihinta.



Lähde: Kuluttajahintaindeksi, Tilastokeskus

4.3 Puu

Varaavassa takassa on poltettu kuivaa koivu puuta talviuukausina, keskittäen poltto pakkasjaksoihin. Puu on ostettu rankoina ja tehty polttopuiksi itse. Puusta on maksettu 34 €/p-m³. Kulutus on ollut n. 3 p-m³ vuodessa. Kuivan koivun energiasisältö on 1700 kWh/p-m³ (Taulukko 3). Takan hyötysuhde päälliitoksella on 84 % (Tiileri 2020). Laskennalliseksi energiantuotoksi saadaan 4284 kWh vuodessa.

Taulukko 3. Kuivan polttopuun energiasisältö (Halkoliiteri 2020)

Taulukko. Kuivan polttopuun (kosteus 20 %) lämpöarvo, irt- ja pinokuutiometripaino ja energiasisältö puulajeittain.

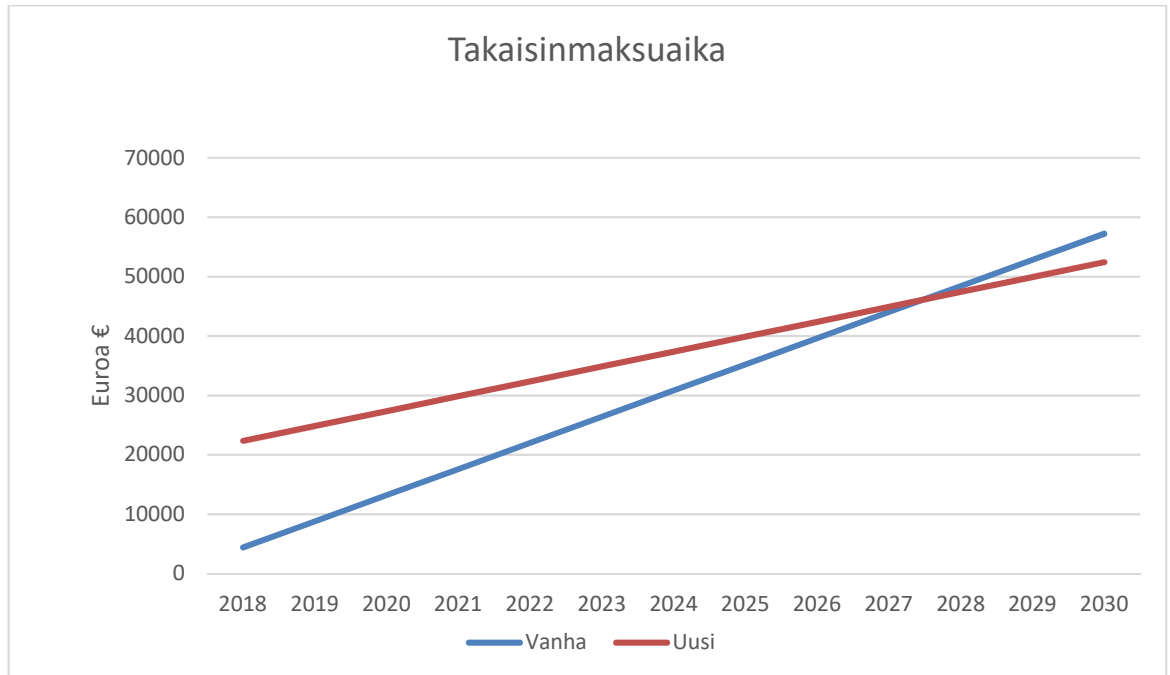
Puulaji	Lämpöarvo kWh/kg	Paino kg/p-m ³	Paino kg/i-m ³	Energiasisältö kWh/p-m ³	Energiasisältö kWh/i-m ³
Koivu	4,15	410	243	1700	1010
Mänty	4,15	328	195	1360	810
Kuusi	4,10	322	193	1320	790
Leppä	4,05	304	183	1230	740
Haapa	4,00	333	198	1330	790

5 YHTEENVETO

5.1 Takaisinmaksuaika

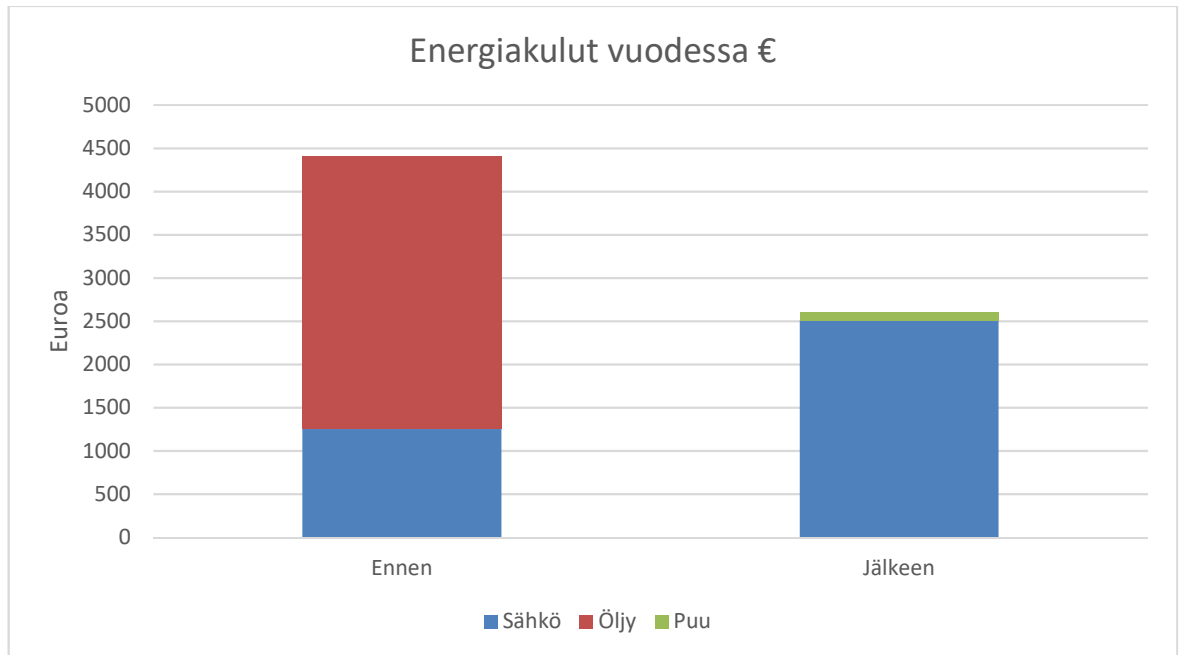
Takaisinmaksuaika laskettiin toteutuneiden energiankulutuksien mukaan. Takaisinmaksuajan laskelmissa ei otettu huomioon sähkön tai öljyn hinnan kehitystä. Tämän hetkisillä todellisilla energiahinnoilla laskettu vertailukelpoinen vuosittainen, energiankustannukset ovat olleet ennen remonttia 4403,8€ ja remontin jälkeen 2508,6 €. Säästö on 1895,2 € vuodessa. Energiaremontin kokonaisinvestoinnin hinta on ollut 19839,2 €. Energiaremontin takaisinmaksuaika on 10,5 vuotta (Taulukko 4).

Taulukko 4. Takaisinmaksuajan kuvaaja.



Ennen energiaremonttia öljynkulutus oli hallitseva osa energiakuluja (Taulukko 5).

Taulukko 5. Energiakustannukset vuodessa.



5.2 UVLP Hyötysuhde

Ilma-vesilämpöpumpun tarkan hyötysuhteen määrittämiseen tarvittaisiin erilliset mittauslaitteistot ja mittausdataa käytetystä sähköenergian määrästä ja järjestelmän tuottaman lämpöenergian määrästä. Karkea arvio ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhteesta toimii kuitenkin pohjana, kun arvioidaan laitteiston täydentämistä aurinkoenergiaa hyödyntäväksi.

Ennen energiaremonttia öljynkulutus oli n. 3150 litraa vuodessa. Kevyen polttoöljyn energiasisältö on n. 10kWh/l. Vanhan öljylämmitysjärjestelmän hyötysuhteen arvioiminen on hankalaa, mutta suuren kulutuksen ja järjestelmän iän vuoksi se arvioitiin olevan n. 70 %. Ostetun öljyn tuottama energia on ollut näin ollen

22050 kWh vuodessa. Tämän öljyn tuottaman energiamäärän on korvannut energiaremontin myötä varaavan takan tuottama 4284 kWh, sekä kasvanut sähkönkulutus 8414,5 kWh.

Laskennallinen ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde saatiin vähentämällä öljylämmityksen tuottamasta energiamäärästä puulla tuotettu energiamäärä ja jakamalla tämä energiaremontin myötä lisääntyneen sähkönkulutuksen määrällä.

$$(22050 \text{ kWh} - 4284 \text{ kWh}) / 8414,5 \text{ kWh} = 2,1$$

Tämä tarkoittaa käytännössä, että yhdellä ostetulla kilowattitunnilla energiaa laiteisto tuottaa 2,1 kilowattituntia energiaa.

6 JÄRJESTELMÄN LAAJENNUS

Työn tilaaja oli myös kiinnostunut selvittämään mahdollisuuksia laajentaa järjestelmää aurinkoenergiaa hyödyntäväksi. Aurinkoenergia järjestelmän hankkiminen täytyisi olla selkeästi taloudellisesti kannattava ja jo olemassa olevaa järjestelmää tukeva. Järjestelmän laajentaminen ei ollut työntilajalle akuutti asia ja tarkoitus oli kartoittaa karkeasti minkälaiset mahdollisuudet ja edellytykset laajentamiselle on tulevaisuudessa. Järjestelmien hankintakustannuksien lähteenä käytettiin internettiä ja omaa kokemuspohjaa. Hinnoittelu pyrittiin arvioimaan mieluummin yläkanttiin kuin alakanttiin.

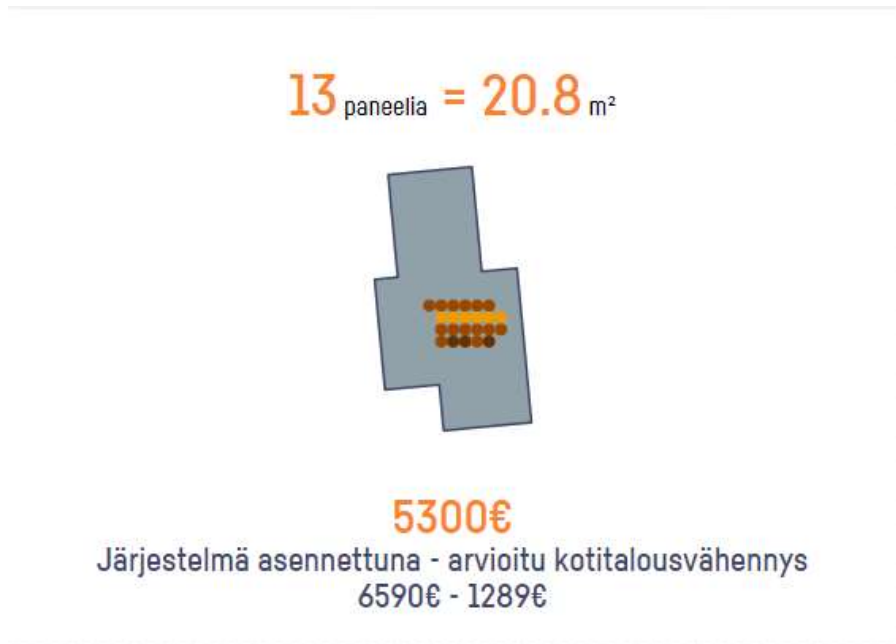
6.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähkö järjestelmää varten katolla on 25 m² aurinkoenergian tuotantoon sopivaa kattopinta-alaa (Kuvio 9).



Kuvio 9. Aurinkoenergia järjestelmälle soveltuva katto pinta-ala. (Sun Energia 2018)

Paneelialaltaan 20,8 m² ja teholtaan 3.8 kW aurinkosähkö järjestelmän hinta on 6590 € ja järjestelmän asennuksen kotitalousvähennyksen arvona käytettiin 1289 €. Järjestelmälle hankinta hinta on n. 5300 € (Kuvio10).

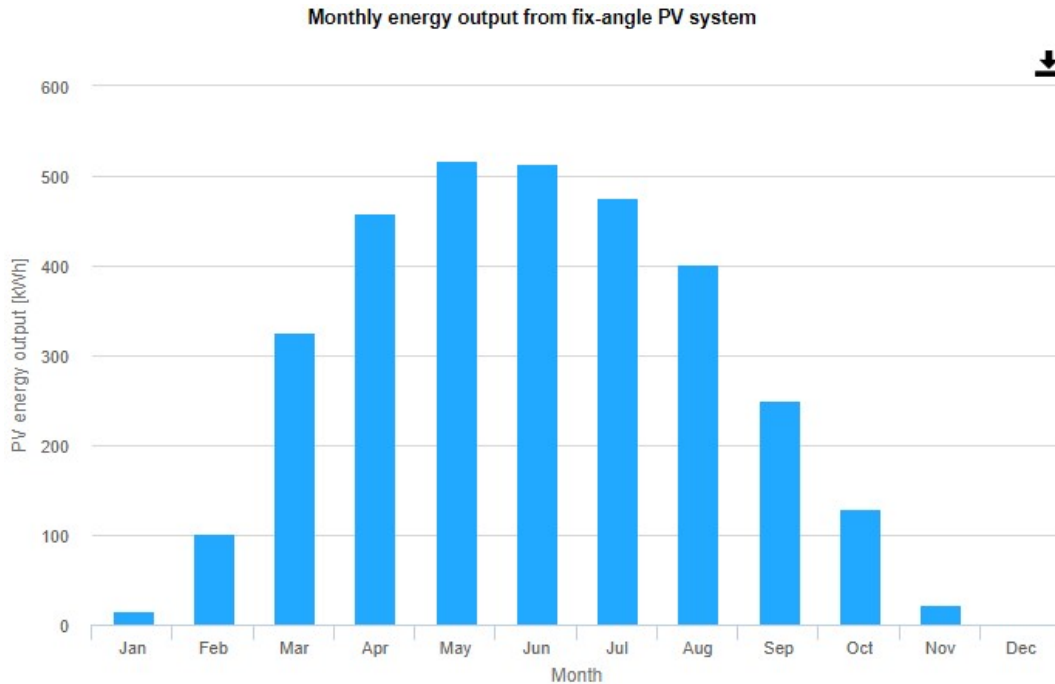


Kuvio 10. Aurinkojärjestelmän hinta (Sun Energia 2018)

Järjestelmän kannattavuutta arvioitiin Aalto-Yliopiston FinSolar hankkeen kannattavuuslaskurilla (Finsolar 2015). Aurinkoenergian vuosituotantoennuste arvioitiin PVGIS-laskurilla. (European Commission 2019).

Järjestelmän potentiaalinen vuosituotto olisi 3626 kWh (Taulukko 6). Arvioitiin että järjestelmä pystyisi tuottamaan maksimissaan n. 40 % kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta. Tämä arvo voi olla korkeampikin, jos kiinteistön sähkönkulutusta ohjataan aurinkoiseen aikaan vuorokaudesta. Järjestelmän tuottamaa aurinkosähköä saataisiin käytettyä talon omaan sähkönkulutukseen 2658 kWh ja sähköyhtiölle myytävää sähköä jäisi 968 kWh, josta sähköyhtiö maksaisi myyntihinnan verran. Sähkönhinnan pysyessä nykyisellään, takaisinmaksuaika järjestelmälle olisi n. 14 vuotta (Liite 1). 2 % vuosittaisella sähkönhinnan kehityksellä takaisinmaksuaika olisi n. 11 vuotta (Liite 2).

Taulukko 6. Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotantoennuste kuukausittain (European Commission 2019)



Aurinkosähköjärjestelmässä energiantuotanto keskittyy juuri aikaan, jolloin sähköenergiaa tarvitaan vähiten. Järjestelmällä voisi tuottaa kaiken käyttösähkön kuten, ilmalämpöpumpulla viilentämisen ja kodinkoneiden kuluttaman sähkön. Aurinkosähköjärjestelmän käyttö suoraan lämpimän käyttöveden tuottamiseen voi olla ongelmallinen kannattavuuden näkökulmasta, koska lämmin kesäaika antaa parhaimmat olosuhteet ilma-vesilämpöpumpulle tuottaa hyvällä hyötysuhteella lämmintä käyttövettä. On huomioitava kuitenkin, että ilma-vesilämpöpumppu on kuluva laite, jossa on toimintaikänsä nähden rajallinen määrä käynnistyskertoja. Näin ollen, kun päälämmitysjärjestelmää tukevalla laitteistolla säästetään päälämmitysjärjestelmän laitteen käynnistys kertoja, niin pitenee myös laitteiston käyttöikä. Toisaalta jos aurinkosähköllä tuotetaan sähköä ilma-vesilämpöpumpun toimintaa varten, kokonaisuutena ostosähkön määrä vähenee ja järjestelmät toimisivat toisiaan tukien, eikä päällekkäisinä toisiinsa nähden.

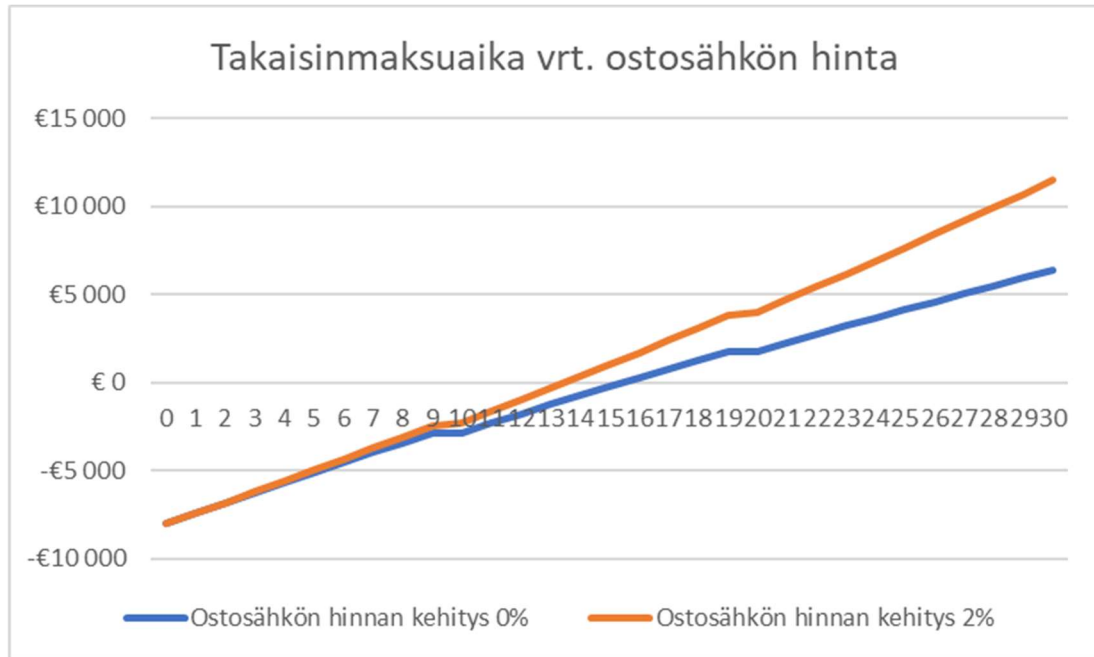
6.2 Aurinkolämpö

Olemassa olevassa ilma-vesilämpöpumpussa tai vanhassa varaajassa ei ole suoraan käyttövalmiutta aurinkolämmön hyödyntämiseen. Aurinkolämpöjärjestelmän yhteydessä korvattaisiin vanha varaaja uudella hybridivaraajalla, joka mahdollistaa useamman lämmönlähteen liittämiseen samaan lämminvesivaraajaan. Aurinkolämpö järjestelmänä käytettiin n. 10 m² tasokeräin järjestelmää sekä siihen liitettävää 750 litran hybridivaraajaa. Hinta asennuksineen kotitalousvähenys huomioituna on 8000 €.

Kannattavuutta arvioitiin Finsolarin aurinkolämmön kannattavuus ja mitoituskurilla (Finsolar 2015). Aurinkolämpöjärjestelmällä olisi tarkoitus tuottaa energiaa pääsääntöisesti kiinteistön lämpimän käyttöveden tarpeeseen. Käytännössä oleellinen asia kannattavuuden näkökulmasta on minkä energian tuottomenetelmän aurinkolämpöjärjestelmä korvaa. Vertailussa käytettiin vertailuhintana kiinteistön ostosähkön hintaa 0,137 €/kWh ja ilma-vesilämpöpumpun laskennallisen hyötysuhteen 2,1 tuottamaa ostosähkön hintaa 0,0652 €/kWh.

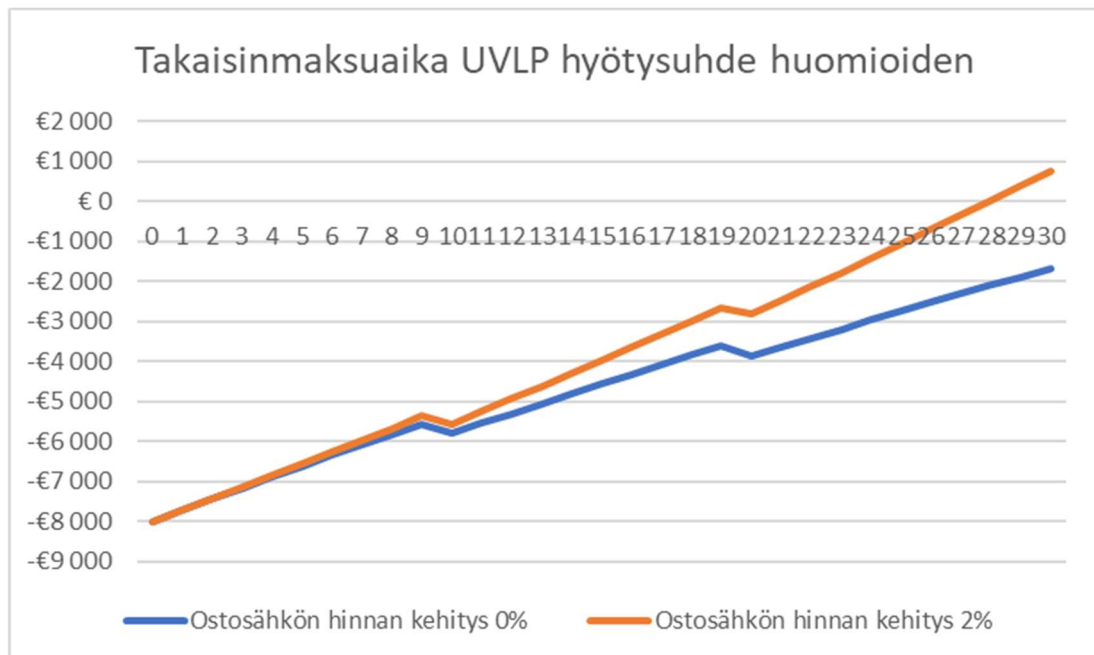
Ostosähkön hinnalla vertailussa järjestelmän takaisinmaksuaika olisi nykyisellä sähköhinnalla n. 15 vuotta (Liite 3) ja 2 % sähköhinnankehityksellä n. 13 vuotta (Liite 4). Takaisinmaksuaika esitettyä taulukossa 7.

Taulukko 7. Takaisinmaksu aika ostosähkön hinnalla



Verrattuna ilma-vesilämpöpumpun laskennalliseen hyötysuhteeseen järjestelmä ei maksaisi itseään takaisin oletetun 30 vuoden elinkaaren aikana sähkönhinnan pysyessä nykyisellään (Liite 5). Sähkönhinnan kehityksen ollessa 2 % takaisinmaksu aika olisi 27 vuotta (Liite 6). Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika vesi-ilmalämpöpumpun hyötysuhde huomioiden kuvattuna taulukossa 8.

Taulukko 8. Takaisinmaksu aika UVLP hyötysuhde huomioiden.



7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea jo tehdyn energiaremontin takaisinmaksu-aika. Laskelmat perustuivat toteutuneisiin kulutustietoihin, jotka eivät olleet täydellisiä, mutta riittävän tarkkoja laskelmien luotettavuudelle. Työssä käsiteltiin juuri tämän kiinteistön energiaremontin arvioimista, mutta kohde edustaa ajalleen tyypillistä rakennuskantaa rakenteiltaan sekä energiaratkaisuiltaan. Tuloksia voidaan siis hyödyntää vastaavanlaista energiaremonttia suunnitellessa.

Lähtötietoja tarkastellessa öljylämmityksen aikainen suuri öljynkulutus oli hallitseva osa kiinteistön energia kulutusta. Öljylämmitys laitteiston toiminta ja hyötysuhde oli jo kiinteistön omistajan kokemuspohjalta hyvin arveluttava ja energiaremontin myötä pudonneet energiakustannukset tukivat tätä olettamusta.

Energiaremontin laskennallinen takaisinmaksu aika on 10,5 vuotta, joka vastaa pitkälti remontille asetettuja tavoitteita. Laskelmissa käytettiin vertailuhintoina kiinteistön todellisia kustannuksia ja esimerkiksi sähkön hinnan osalta huomiona oli korkeahko sähkönhinta, jota kiinteistön omistaja voisi kilpailuttamalla saada alaspäin ja näin ollen lyhentää takaisinmaksuaikaa.

Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin edellytyksiä ja kannattavuutta laajentaa järjestelmää hyödyntämään aurinkoenergiaa. Kuten energiaremontin kannattavuutta, niin myös aurinkoenergia laitteistoja tarkasteltiin takaisinmaksuajan kannalta. Lisäksi aurinkolämpöjärjestelmiä tarkasteltiin kahden eri vertailuhinnan kautta. Aurinkoenergiaa pystytään hyödyntämään eniten juuri silloin, kun kulutusta on vähiten ja ilma-vesilämpöpumpun oletettu potentiaali parhaimmillaan.

Aurinkolämpöjärjestelmä monipuolistaisi kiinteistön energiantuotantojärjestelmää ja järjestelmä käyttäisi kulloinkin parasta energiantuotantotapaa. Silloin kun järjestelmä käyttäisi aurinkolämpöä, niin säästyisi ilma-vesilämpöpumpun laitteiston käynnistyskertoja ja näin ollen pidentäisi tämän käyttöikä. Hankinnalle saatiin takaisinmaksuajaksi 15 vuotta, kun vertailuhintana käytettiin kiinteistön ostosähkönhintaa ja 13 vuotta, kun vuosittainen sähkönhinnan kehitys arvioitiin ole-

van 2 %. Käytännössä kuitenkin silloin kun laitteisto tuottaisi energiaa lämminvesivaraajaan se korvaisi prosessissa ilma-vesilämpöpumpun. Tällöin aurinkolämpöjärjestelmän oletettu käyttöikä 30 vuotta ei riittäisi takaisinmaksuajaksi. 2 % sähkönhinnan kehityksellä takaisinmaksuajaksi muodostuu 27 vuotta.

Aurinkosähkölaitteisto tuottaisi ilma-vesilämpöpumpun käyttämän sähkönenergian ja näin ollen vähentäisi ostettavan sähköenergian määrää. Laitteiston takaisinmaksuaika nykyisellä sähkönhinnalla olisi n. 14 vuotta ja vuosittaisella 2 % sähkönhinnan kehityksellä 11 vuotta.

Näiden laskelmien perusteella aurinkosähköjärjestelmä olisi parempi valinta, kun lämmitysjärjestelmää halutaan päivittää aurinkoenergiaa hyödyntäväksi. Tällöin ilma-vesilämpöpumpun potentiaali saadaan paremmin hyödynnettyä. Laskelmat perustuivat tämän hetkisiin, helposti internetistä saatavilla oleviin lähtötietoihin. Ennen järjestelmän hankkimista on syytä kilpailuttaa järjestelmien hinnat, sekä sähköyhtiölle myytävän sähkön hinta ja mitoittaa järjestelmän koko vastaamaan tarvetta.

LÄHTEET

European Commission 2019. PVGIS Calculator. Viitattu 26.3.2020
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Finsolar 2015. Kannattavuuslaskurit Viitattu 2.4.2020 <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

Halkoliiteri 2020. Polttopuun ominaisuudet Viitattu 10.4.2020 <http://www.halkoliiteri.com/?id=587>

Motiva 2011. Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. Viitattu 13.3.2020
https://www.motiva.fi/files/4765/Hanki_hallitusti_ilma-vesilampopumppu.pdf

Motiva 2019a. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Viitattu 15.3.2020
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva 2019b. Sähköverkkoon kytketty omakotitalo – vaihtosähkö. Viitattu 22.3.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/jarjestelman_kannattavuus/sahkoverkkoon_kytetty_omakotitalo_vaihtosahko

Motiva 2019c. Aurinkolämpöjärjestelmät. Viitattu 22.3.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat

Motiva 2019d. Ilmakeräimet. Viitattu 9.4.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/ilmakeraimet

NAPS 2018. Älykäs aurinkosähköjärjestelmä. Viitattu 9.4.2020
<https://napssolar.com/fi/aurinkosahko/alykas-aurinkosahkojarjestelma>

Omataloyhtiö 2010. Öljylämmittäjän palveluopas. Viitattu 13.3.2020
<https://www.omataloyhtio.fi/pdf/%D6PK/Palveluopas2010.pdf>

Tiileri 2020. Viitattu 18.3.2020 <https://tiileri.fi/tuote/amanda-360/>

Tilastokeskus 2018. Asuinrakennusten päälämmönlähteiden kehitys 2010-luvulla. Viitattu 9.5.2020 https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_kat_001_fi.html

Tilastokeskus 2020. Viitattu 18.3.2020 http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__hin__khi__kk/statfin_khi_pxt_11xx.px/chart/chartViewColumn/

Tomallen Senera. Ilma-vesilämpöpumppu. Viitattu 13.3.2020 <https://www.tomallensenera.fi/ilma-vesilampopumppu>

Valtioneuvosto 2019. Hallitusohjelma. Viitattu 11.3.2020 <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

LIITTEET

- Liite 1. FinSolar, <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>
- Liite 2. FinSolar, <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>
- Liite 3. FinSolar, <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>
- Liite 4. FinSolar, <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>
- Liite 5. FinSolar, <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>
- Liite 6. FinSolar, <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

Liite 1.

Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:										
Järjestelmä n elinikä vuosina	Oman sähkötuo- tuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitökustannuk- set €	Kassavirta €/v	Investoin- nin sisäisiä korkokant- oja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykya- rvo ja (NPV) valitulla	Takaisinmaks- u-aika valitulla investoinnin	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämäsäh- kön hinta	Aurinkosäh- kön tuotanto kWh/v
0	0,0 €	-5 298,4 €	-5 298,4 €		-5 298 €			0,14 €		
1	410,7 €	0,0 €	410,7 €	-92,2%	-4 888 €	-4 888 €	1	0,14 €	0,05 €	3626
2	408,6 €	0,0 €	408,6 €	-68,1%	-4 479 €	-4 479 €	1	0,14 €	0,05 €	3608
3	406,6 €	0,0 €	406,6 €	-48,4%	-4 073 €	-4 073 €	1	0,14 €	0,05 €	3590
4	404,5 €	0,0 €	404,5 €	-34,8%	-3 668 €	-3 668 €	1	0,14 €	0,05 €	3572
5	402,5 €	0,0 €	402,5 €	-25,3%	-3 265 €	-3 265 €	1	0,14 €	0,05 €	3554
6	400,5 €	0,0 €	400,5 €	-18,6%	-2 865 €	-2 865 €	1	0,14 €	0,05 €	3536
7	398,5 €	0,0 €	398,5 €	-13,6%	-2 467 €	-2 467 €	1	0,14 €	0,05 €	3519
8	396,5 €	0,0 €	396,5 €	-9,9%	-2 070 €	-2 070 €	1	0,14 €	0,05 €	3501
9	394,5 €	0,0 €	394,5 €	-7,0%	-1 675 €	-1 675 €	1	0,14 €	0,05 €	3484
10	392,5 €	0,0 €	392,5 €	-4,8%	-1 283 €	-1 283 €	1	0,14 €	0,05 €	3466
11	390,6 €	0,0 €	390,6 €	-3,0%	-892 €	-892 €	1	0,14 €	0,05 €	3449
12	388,6 €	0,0 €	388,6 €	-1,5%	-504 €	-504 €	1	0,14 €	0,05 €	3432
13	386,7 €	0,0 €	386,7 €	-0,3%	-117 €	-117 €	1	0,14 €	0,05 €	3414
14	384,8 €	0,0 €	384,8 €	0,7%	268 €	268 €	0	0,14 €	0,05 €	3397
15	382,8 €	-659,0 €	-276,2 €	0,0%	-8 €		1	0,14 €	0,05 €	3380
16	380,9 €	0,0 €	380,9 €	0,9%	372 €	372 €	0	0,14 €	0,05 €	3363
17	379,0 €	0,0 €	379,0 €	1,7%	751 €	751 €	0	0,14 €	0,05 €	3347
18	377,1 €	0,0 €	377,1 €	2,3%	1 129 €	1 129 €	0	0,14 €	0,05 €	3330
19	375,2 €	0,0 €	375,2 €	2,8%	1 504 €	1 504 €	0	0,14 €	0,05 €	3313
20	373,4 €	0,0 €	373,4 €	3,3%	1 877 €	1 877 €	0	0,14 €	0,05 €	3297
21	371,5 €	0,0 €	371,5 €	3,7%	2 249 €	2 249 €	0	0,14 €	0,05 €	3280
22	369,6 €	0,0 €	369,6 €	4,0%	2 618 €	2 618 €	0	0,14 €	0,05 €	3264
23	367,8 €	0,0 €	367,8 €	4,3%	2 986 €	2 986 €	0	0,14 €	0,05 €	3248
24	365,9 €	0,0 €	365,9 €	4,6%	3 352 €	3 352 €	0	0,14 €	0,05 €	3231
25	364,1 €	0,0 €	364,1 €	4,8%	3 716 €	3 716 €	0	0,14 €	0,05 €	3215
26	362,3 €	0,0 €	362,3 €	5,0%	4 078 €	4 078 €	0	0,14 €	0,05 €	3199
27	360,5 €	0,0 €	360,5 €	5,2%	4 439 €	4 439 €	0	0,14 €	0,05 €	3183
28	358,7 €	0,0 €	358,7 €	5,4%	4 798 €	4 798 €	0	0,14 €	0,05 €	3167
29	356,9 €	0,0 €	356,9 €	5,5%	5 154 €	5 154 €	0	0,14 €	0,05 €	3151
30	355,1 €	0,0 €	355,1 €	5,6%	5 510 €	5 510 €	0	0,14 €	0,05 €	3136
YHTEENSÄ	11 466,9 €	-5 957,4 €	5 509,5 €				14			101253

Liite 2.

Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:										
Järjestelmä n elinikä vuosina	Oman sähkötuo- tuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitökustannuk- set €	Kassavirta €/v	Investoin- nin sisäisiä korkokant- oja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykya- rvo ja (NPV) valitulla	Takaisinmaks- u-aika valitulla investoinnin	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämäsäh- kön hinta	Aurinkosäh- kön tuotanto kWh/v
0	0,0 €	-5 298,4 €	-5 298,4 €		-5 298 €			0,14 €		
1	410,7 €	0,0 €	410,7 €	-92,2%	-4 888 €	-4 888 €	1	0,14 €	0,05 €	3626
2	416,8 €	0,0 €	416,8 €	-67,8%	-4 471 €	-4 471 €	1	0,14 €	0,05 €	3608
3	423,0 €	0,0 €	423,0 €	-47,8%	-4 048 €	-4 048 €	1	0,14 €	0,05 €	3590
4	429,3 €	0,0 €	429,3 €	-33,9%	-3 619 €	-3 619 €	1	0,15 €	0,05 €	3572
5	435,7 €	0,0 €	435,7 €	-24,3%	-3 183 €	-3 183 €	1	0,15 €	0,05 €	3554
6	442,2 €	0,0 €	442,2 €	-17,4%	-2 741 €	-2 741 €	1	0,15 €	0,05 €	3536
7	448,8 €	0,0 €	448,8 €	-12,3%	-2 292 €	-2 292 €	1	0,15 €	0,05 €	3519
8	455,5 €	0,0 €	455,5 €	-8,5%	-1 837 €	-1 837 €	1	0,16 €	0,06 €	3501
9	462,2 €	0,0 €	462,2 €	-5,5%	-1 374 €	-1 374 €	1	0,16 €	0,06 €	3484
10	469,1 €	0,0 €	469,1 €	-3,2%	-905 €	-905 €	1	0,16 €	0,06 €	3466
11	476,1 €	0,0 €	476,1 €	-1,3%	-429 €	-429 €	1	0,17 €	0,06 €	3449
12	483,2 €	0,0 €	483,2 €	0,2%	54 €	54 €	0	0,17 €	0,06 €	3432
13	490,4 €	0,0 €	490,4 €	1,4%	545 €	545 €	0	0,17 €	0,06 €	3414
14	497,7 €	0,0 €	497,7 €	2,4%	1 042 €	1 042 €	0	0,18 €	0,06 €	3397
15	505,1 €	-659,0 €	-153,9 €	2,1%	888 €	888 €	0	0,18 €	0,06 €	3380
16	512,7 €	0,0 €	512,7 €	3,0%	1 401 €	1 401 €	0	0,18 €	0,06 €	3363
17	520,3 €	0,0 €	520,3 €	3,7%	1 921 €	1 921 €	0	0,19 €	0,07 €	3347
18	528,1 €	0,0 €	528,1 €	4,4%	2 449 €	2 449 €	0	0,19 €	0,07 €	3330
19	535,9 €	0,0 €	535,9 €	4,9%	2 985 €	2 985 €	0	0,20 €	0,07 €	3313
20	543,9 €	0,0 €	543,9 €	5,3%	3 529 €	3 529 €	0	0,20 €	0,07 €	3297
21	552,0 €	0,0 €	552,0 €	5,7%	4 081 €	4 081 €	0	0,20 €	0,07 €	3280
22	560,2 €	0,0 €	560,2 €	6,1%	4 641 €	4 641 €	0	0,21 €	0,07 €	3264
23	568,6 €	0,0 €	568,6 €	6,4%	5 210 €	5 210 €	0	0,21 €	0,07 €	3248
24	577,1 €	0,0 €	577,1 €	6,6%	5 787 €	5 787 €	0	0,22 €	0,08 €	3231
25	585,7 €	0,0 €	585,7 €	6,9%	6 373 €	6 373 €	0	0,22 €	0,08 €	3215
26	594,4 €	0,0 €	594,4 €	7,1%	6 967 €	6 967 €	0	0,22 €	0,08 €	3199
27	603,2 €	0,0 €	603,2 €	7,2%	7 570 €	7 570 €	0	0,23 €	0,08 €	3183
28	612,2 €	0,0 €	612,2 €	7,4%	8 183 €	8 183 €	0	0,23 €	0,08 €	3167
29	621,3 €	0,0 €	621,3 €	7,5%	8 804 €	8 804 €	0	0,24 €	0,08 €	3151
30	630,6 €	0,0 €	630,6 €	7,7%	9 435 €	9 435 €	0	0,24 €	0,09 €	3136
YHTEENSÄ	15 391,9 €	-5 957,4 €	9 434,5 €				11			101253

Liite 3.

Aurinkolämmön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana										
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman lämmöntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitokustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksu-aika (sis. laskentakorko)	Vaihtoehtoisen lämmön hinta €/MWh	Myyntiin menevän ylijäämlämmön hinta €/MWh	Hyödynnettävissä oleva energian tuotanto kWh (käyttö+myynti)	
0	0	-	8 000 €	8 000 €	-€8 000	-€8 000	137,00			
1	592	€ - ,00	592 €	592 €	-€7 408	-€7 408	1	137,00	0,00	4317,84
2	586	€ - ,00	586 €	586 €	-€6 823	-€6 823	1	137,00	0,00	4274,66
3	580	€ - ,00	580 €	580 €	-€6 243	-€6 243	1	137,00	0,00	4231,91
4	574	€ - ,00	574 €	574 €	-€5 669	-€5 669	1	137,00	0,00	4189,60
5	568	€ - ,00	568 €	568 €	-€5 101	-€5 101	1	137,00	0,00	4147,70
6	563	€ - ,00	563 €	563 €	-€4 538	-€4 538	1	137,00	0,00	4106,22
7	557	€ - ,00	557 €	557 €	-€3 981	-€3 981	1	137,00	0,00	4065,16
8	551	€ - ,00	551 €	551 €	-€3 430	-€3 430	1	137,00	0,00	4024,51
9	546	€ - ,00	546 €	546 €	-€2 884	-€2 884	1	137,00	0,00	3984,26
10	540	€ - 500,00	40 €	40 €	-€2 844	-€2 844	1	137,00	0,00	3944,42
11	535	€ - ,00	535 €	535 €	-€2 309	-€2 309	1	137,00	0,00	3904,98
12	530	€ - ,00	530 €	530 €	-€1 779	-€1 779	1	137,00	0,00	3865,93
13	524	€ - ,00	524 €	524 €	-€1 255	-€1 255	1	137,00	0,00	3827,27
14	519	€ - ,00	519 €	519 €	-€736	-€736	1	137,00	0,00	3789,00
15	514	€ - ,00	514 €	514 €	-€222	-€222	1	137,00	0,00	3751,11
16	509	€ - ,00	509 €	509 €	€287	€287	0	137,00	0,00	3713,59
17	504	€ - ,00	504 €	504 €	€791	€791	0	137,00	0,00	3676,46
18	499	€ - ,00	499 €	499 €	€1 289	€1 289	0	137,00	0,00	3639,69
19	494	€ - ,00	494 €	494 €	€1 783	€1 783	0	137,00	0,00	3603,30
20	489	€ - 500,00	11 €	11 €	€1 772	€1 772	0	137,00	0,00	3567,26
21	484	€ - ,00	484 €	484 €	€2 255	€2 255	0	137,00	0,00	3531,59
22	479	€ - ,00	479 €	479 €	€2 734	€2 734	0	137,00	0,00	3496,28
23	474	€ - ,00	474 €	474 €	€3 209	€3 209	0	137,00	0,00	3461,31
24	469	€ - ,00	469 €	469 €	€3 678	€3 678	0	137,00	0,00	3426,70
25	465	€ - ,00	465 €	465 €	€4 143	€4 143	0	137,00	0,00	3392,43
26	460	€ - ,00	460 €	460 €	€4 603	€4 603	0	137,00	0,00	3358,51
27	456	€ - ,00	456 €	456 €	€5 058	€5 058	0	137,00	0,00	3324,92
28	451	€ - ,00	451 €	451 €	€5 509	€5 509	0	137,00	0,00	3291,67
29	446	€ - ,00	446 €	446 €	€5 956	€5 956	0	137,00	0,00	3258,76
30	442	€ - ,00	442 €	442 €	€6 398	€6 398	0	137,00	0,00	3226,17
	15 398 €	€ - 9 000 €	6 398 €				15	€137,00	€0,00	112 393

Liite 4.

Aurinkolämmön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana										
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman lämmöntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitokustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksu-aika (sis. laskentakorko)	Vaihtoehtoisen lämmön hinta €/MWh	Myyntiin menevän ylijäämlämmön hinta €/MWh	Hyödynnettävissä oleva energian tuotanto kWh (käyttö+myynti)	
0	0	-	8 000 €	8 000 €	-€8 000	-€8 000	137,00			
1	592	€ - ,00	592 €	592 €	-€7 408	-€7 408	1	137,00	0,00	4317,84
2	597	€ - ,00	597 €	597 €	-€6 811	-€6 811	1	139,74	0,00	4274,66
3	603	€ - ,00	603 €	603 €	-€6 208	-€6 208	1	142,53	0,00	4231,91
4	609	€ - ,00	609 €	609 €	-€5 599	-€5 599	1	145,39	0,00	4189,60
5	615	€ - ,00	615 €	615 €	-€4 984	-€4 984	1	148,29	0,00	4147,70
6	621	€ - ,00	621 €	621 €	-€4 363	-€4 363	1	151,26	0,00	4106,22
7	627	€ - ,00	627 €	627 €	-€3 735	-€3 735	1	154,28	0,00	4065,16
8	633	€ - ,00	633 €	633 €	-€3 102	-€3 102	1	157,37	0,00	4024,51
9	640	€ - ,00	640 €	640 €	-€2 463	-€2 463	1	160,52	0,00	3984,26
10	646	€ - 500,00	146 €	146 €	-€2 317	-€2 317	1	163,73	0,00	3944,42
11	652	€ - ,00	652 €	652 €	-€1 665	-€1 665	1	167,00	0,00	3904,98
12	659	€ - ,00	659 €	659 €	-€1 006	-€1 006	1	170,34	0,00	3865,93
13	665	€ - ,00	665 €	665 €	-€341	-€341	1	173,75	0,00	3827,27
14	672	€ - ,00	672 €	672 €	€330	€330	0	177,22	0,00	3789,00
15	678	€ - ,00	678 €	678 €	€1 008	€1 008	0	180,77	0,00	3751,11
16	685	€ - ,00	685 €	685 €	€1 693	€1 693	0	184,38	0,00	3713,59
17	691	€ - ,00	691 €	691 €	€2 385	€2 385	0	188,07	0,00	3676,46
18	698	€ - ,00	698 €	698 €	€3 083	€3 083	0	191,83	0,00	3639,69
19	705	€ - ,00	705 €	705 €	€3 788	€3 788	0	195,67	0,00	3603,30
20	712	€ - 500,00	212 €	212 €	€4 000	€4 000	0	199,58	0,00	3567,26
21	719	€ - ,00	719 €	719 €	€4 719	€4 719	0	203,57	0,00	3531,59
22	726	€ - ,00	726 €	726 €	€5 445	€5 445	0	207,65	0,00	3496,28
23	733	€ - ,00	733 €	733 €	€6 178	€6 178	0	211,80	0,00	3461,31
24	740	€ - ,00	740 €	740 €	€6 918	€6 918	0	216,04	0,00	3426,70
25	748	€ - ,00	748 €	748 €	€7 666	€7 666	0	220,36	0,00	3392,43
26	755	€ - ,00	755 €	755 €	€8 421	€8 421	0	224,76	0,00	3358,51
27	762	€ - ,00	762 €	762 €	€9 183	€9 183	0	229,26	0,00	3324,92
28	770	€ - ,00	770 €	770 €	€9 953	€9 953	0	233,84	0,00	3291,67
29	777	€ - ,00	777 €	777 €	€10 730	€10 730	0	238,52	0,00	3258,76
30	785	€ - ,00	785 €	785 €	€11 515	€11 515	0	243,29	0,00	3226,17
	20 515 €	€ - 9 000 €	11 515 €				13	€183,70	€0,00	112 393

Liite 5.

Aurinkolämmön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana									
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman lämmöntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitokustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksu-aika [sis. laskentakorko]	Vaihtoehtoisen lämmön hinta €/MWh	Myyntiin menevän ylijäämlämmön hinta €/MWh	Hyödynnettävissä oleva energian tuotanto kWh (käyttö+myynti)
0	0	- 8 000 €	- 8 000 €	-€8 000	-€8 000		65,30		
1	€ 282	€ - ,00	282 €	-€7 718	-€7 718	1	65,30	0,00	4317,84
2	€ 279	€ - ,00	279 €	-€7 439	-€7 439	1	65,30	0,00	4274,66
3	€ 276	€ - ,00	276 €	-€7 163	-€7 163	1	65,30	0,00	4231,91
4	€ 274	€ - ,00	274 €	-€6 889	-€6 889	1	65,30	0,00	4189,60
5	€ 271	€ - ,00	271 €	-€6 618	-€6 618	1	65,30	0,00	4147,70
6	€ 268	€ - ,00	268 €	-€6 350	-€6 350	1	65,30	0,00	4106,22
7	€ 265	€ - ,00	265 €	-€6 085	-€6 085	1	65,30	0,00	4065,16
8	€ 263	€ - ,00	263 €	-€5 822	-€5 822	1	65,30	0,00	4024,51
9	€ 260	€ - ,00	260 €	-€5 562	-€5 562	1	65,30	0,00	3984,26
10	€ 258	€ 500,00	- 242 €	-€5 804	-€5 804	1	65,30	0,00	3944,42
11	€ 255	€ - ,00	255 €	-€5 549	-€5 549	1	65,30	0,00	3904,98
12	€ 252	€ - ,00	252 €	-€5 297	-€5 297	1	65,30	0,00	3865,93
13	€ 250	€ - ,00	250 €	-€5 047	-€5 047	1	65,30	0,00	3827,27
14	€ 247	€ - ,00	247 €	-€4 799	-€4 799	1	65,30	0,00	3789,00
15	€ 245	€ - ,00	245 €	-€4 554	-€4 554	1	65,30	0,00	3751,11
16	€ 242	€ - ,00	242 €	-€4 312	-€4 312	1	65,30	0,00	3713,59
17	€ 240	€ - ,00	240 €	-€4 072	-€4 072	1	65,30	0,00	3676,46
18	€ 238	€ - ,00	238 €	-€3 834	-€3 834	1	65,30	0,00	3639,69
19	€ 235	€ - ,00	235 €	-€3 599	-€3 599	1	65,30	0,00	3603,30
20	€ 233	€ 500,00	- 267 €	-€3 866	-€3 866	1	65,30	0,00	3567,26
21	€ 231	€ - ,00	231 €	-€3 635	-€3 635	1	65,30	0,00	3531,59
22	€ 228	€ - ,00	228 €	-€3 407	-€3 407	1	65,30	0,00	3496,28
23	€ 226	€ - ,00	226 €	-€3 181	-€3 181	1	65,30	0,00	3461,31
24	€ 224	€ - ,00	224 €	-€2 957	-€2 957	1	65,30	0,00	3426,70
25	€ 222	€ - ,00	222 €	-€2 736	-€2 736	1	65,30	0,00	3392,43
26	€ 219	€ - ,00	219 €	-€2 516	-€2 516	1	65,30	0,00	3358,51
27	€ 217	€ - ,00	217 €	-€2 299	-€2 299	1	65,30	0,00	3324,92
28	€ 215	€ - ,00	215 €	-€2 084	-€2 084	1	65,30	0,00	3291,67
29	€ 213	€ - ,00	213 €	-€1 871	-€1 871	1	65,30	0,00	3258,76
30	€ 211	€ - ,00	211 €	-€1 661	-€1 661	1	65,30	0,00	3226,17
	7 339 €	- 9 000 €	-1 661 €			30	€65,30	€0,00	112 393

Liite 6.

Aurinkolämmön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana									
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman lämmöntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitokustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksu-aika [sis. laskentakorko]	Vaihtoehtoisen lämmön hinta €/MWh	Myyntiin menevän ylijäämlämmön hinta €/MWh	Hyödynnettävissä oleva energian tuotanto kWh (käyttö+myynti)
0	0	- 8 000 €	- 8 000 €	-€8 000	-€8 000		65,30		
1	€ 282	€ - ,00	282 €	-€7 718	-€7 718	1	65,30	0,00	4317,84
2	€ 285	€ - ,00	285 €	-€7 433	-€7 433	1	66,61	0,00	4274,66
3	€ 288	€ - ,00	288 €	-€7 146	-€7 146	1	67,94	0,00	4231,91
4	€ 290	€ - ,00	290 €	-€6 855	-€6 855	1	69,30	0,00	4189,60
5	€ 293	€ - ,00	293 €	-€6 562	-€6 562	1	70,68	0,00	4147,70
6	€ 296	€ - ,00	296 €	-€6 266	-€6 266	1	72,10	0,00	4106,22
7	€ 299	€ - ,00	299 €	-€5 967	-€5 967	1	73,54	0,00	4065,16
8	€ 302	€ - ,00	302 €	-€5 665	-€5 665	1	75,01	0,00	4024,51
9	€ 305	€ - ,00	305 €	-€5 361	-€5 361	1	76,51	0,00	3984,26
10	€ 308	€ 500,00	- 192 €	-€5 553	-€5 553	1	78,04	0,00	3944,42
11	€ 311	€ - ,00	311 €	-€5 242	-€5 242	1	79,60	0,00	3904,98
12	€ 314	€ - ,00	314 €	-€4 928	-€4 928	1	81,19	0,00	3865,93
13	€ 317	€ - ,00	317 €	-€4 611	-€4 611	1	82,82	0,00	3827,27
14	€ 320	€ - ,00	320 €	-€4 291	-€4 291	1	84,47	0,00	3789,00
15	€ 323	€ - ,00	323 €	-€3 968	-€3 968	1	86,16	0,00	3751,11
16	€ 326	€ - ,00	326 €	-€3 641	-€3 641	1	87,89	0,00	3713,59
17	€ 330	€ - ,00	330 €	-€3 312	-€3 312	1	89,64	0,00	3676,46
18	€ 333	€ - ,00	333 €	-€2 979	-€2 979	1	91,44	0,00	3639,69
19	€ 336	€ - ,00	336 €	-€2 643	-€2 643	1	93,26	0,00	3603,30
20	€ 339	€ 500,00	- 161 €	-€2 804	-€2 804	1	95,13	0,00	3567,26
21	€ 343	€ - ,00	343 €	-€2 461	-€2 461	1	97,03	0,00	3531,59
22	€ 346	€ - ,00	346 €	-€2 115	-€2 115	1	98,97	0,00	3496,28
23	€ 349	€ - ,00	349 €	-€1 766	-€1 766	1	100,95	0,00	3461,31
24	€ 353	€ - ,00	353 €	-€1 413	-€1 413	1	102,97	0,00	3426,70
25	€ 356	€ - ,00	356 €	-€1 056	-€1 056	1	105,03	0,00	3392,43
26	€ 360	€ - ,00	360 €	-€697	-€697	1	107,13	0,00	3358,51
27	€ 363	€ - ,00	363 €	-€333	-€333	1	109,27	0,00	3324,92
28	€ 367	€ - ,00	367 €	€34	€34	0	111,46	0,00	3291,67
29	€ 370	€ - ,00	370 €	€404	€404	0	113,69	0,00	3258,76
30	€ 374	€ - ,00	374 €	€778	€778	0	115,96	0,00	3226,17
	9 778 €	- 9 000 €	778 €			27	€87,56	€0,00	112 393