

Juuso Nurmio

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA
TOTEUTUS

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2019

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Nurmio, Juuso
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2019
Sivumäärä: 30
Liitteitä:0

Asiasanat: Aurinkosähköjärjestelmä, aurinkopaneeli, invertteri

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa sähköverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä omakotitaloon. Työn tavoitteena oli mitoittaa järjestelmän koko sopivaksi tilaajan kohteeseen ja sen käyttötarkoituksiin. Mitoituksella haluttiin saavuttaa mahdollisimman kustannustehokas järjestelmä. Työssä laadittiin myös tarvittavat dokumentit järjestelmälle.

Työssä haluttiin myös vertailla, kuinka paljon kustannuksissa voidaan säästää, kun järjestelmän asentaa itse verrattuna valmiiksi asennettuun järjestelmään. Työssä käytiin myös läpi, mitä eri komponentteja järjestelmä vaatii ja mikä niiden tehtävä järjestelmässä on.

Työssä käytiin myös läpi, kuinka aurinkoenergia syntyy ja miten sillä voidaan tuottaa sähköä. Järjestelmän asennusvaiheet käytiin läpi kohta kohdalta ja avattiin myös järjestelmään kuuluvia standardeja ja niiden sisältöä.

DESIGNING AND IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Nurmio, Juuso

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and automation engineering

September 2019

Number of pages: 30

Appendices:0

Keywords: Photovoltaic system, solar panel, inverter

The purpose of this thesis was to design and build a photovoltaic system connected to an electric grid. The goal of the thesis was to measure the system size to fit the customer's needs. The aim was to achieve the most cost-effective system possible. Necessary documents were also produced for the system.

Another goal was to compare how much can be saved by installing the system yourself compared to a turnkey system. The thesis also includes the different components required for the system and their functions.

Thesis also includes how solar energy is formed and how it can generate electricity. The installation steps of the system were reviewed step by step and the standards included in the system were also reviewed.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	AURINKOSÄHKÖ TEORIASSA.....	6
2.1	Aurinko	6
2.1.1	Auringon säteilemä energia.....	7
2.1.2	Auringon säteily määrä Suomessa.....	8
2.2	Miten aurinkosähköä tuotetaan?	10
3	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	12
3.1	Kohde.....	12
3.2	Järjestelmän mitoitus	13
3.3	Komponentit	14
3.3.1	Aurinkopaneelit	14
3.3.2	Vaihtosuuntaaja eli invertteri	16
3.3.3	Turvakytkimet ja kaapelointi.....	17
3.4	Standardit	19
4	TOTEUTUS	21
4.1	Toimenpiteet ennen järjestelmän hankintaa ja asennusta	21
4.2	Järjestelmän hankinta.....	21
4.3	Järjestelmän asennus ja verkkoon liittyminen	22
5	HYÖDYT JA POHDINTA	27
5.1	Järjestelmän hyödyt ja takaisinmaksuaika	27
5.2	Omat pohdinnat.....	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva ja kustannustehokas aurinkosähköjärjestelmä omakotitaloon. Työn lähtökohtana oli saavuttaa säästöä asennuskustannuksissa ja energiakustannuksissa, sekä lähteä käyttämään vihreää energiaa tulevaisuuden sähköntuotossa. Idea aurinkosähköjärjestelmästä työn tilaajilla oli ollut jo aikaisemmin, mutta valmiiksi asennetun järjestelmän kustannukset olivat liian suuret, sekä minulta löytyi aikaisempaa kokemusta aurinkosähköjärjestelmän asennuksesta. Viimeisenä ajatuksena oli myös seurata järjestelmän tuottoja ja hyötysuhdetta verrattaessa omaan kulutukseen.

Aluksi työssä käydään hieman läpi aurinkosähköä teoriassa ja sen vaikutusta Suomessa. Tarkoituksena oli ottaa selvää auringon säteilymäärästä ja sen hyödyistä Suomessa. Lisäksi tarkastellaan, kuinka aurinko paljon säteilee eri vuodenaikoina. Tämä auttaa lukijaa ymmärtämään aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta Suomessa ja sen hyödyistä.

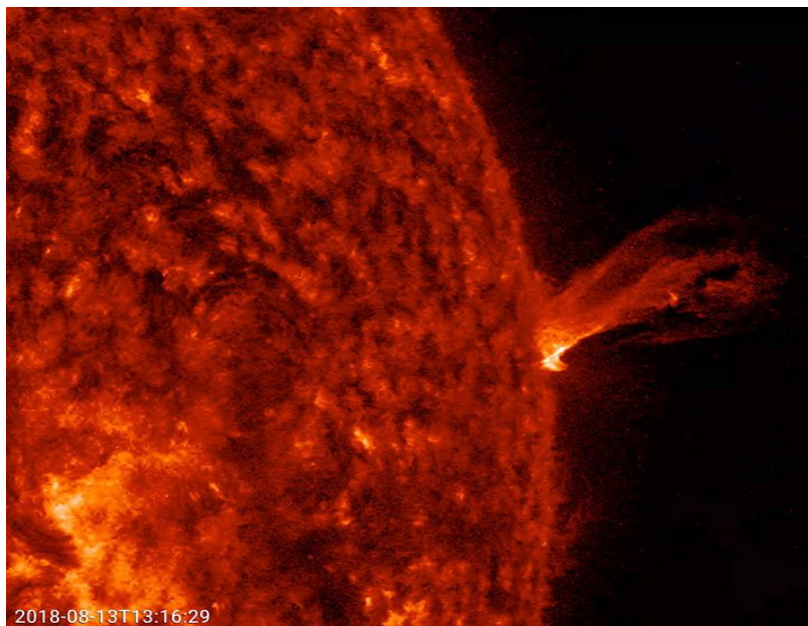
Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun pohjimmaisena tarkoituksena oli laatia mahdollisimman oikein mitoitettu järjestelmä omakotitalon kulutukseen nähden. Alkuperäisenä ideana oli laatia kolmen kilowatin tehoinen järjestelmä, joka liikkuisi auringon myötäisesti ja palaisi yön aikana takaisin aamuasentoon.

Järjestelmän toteutuksen perustana oli puhtaasti se, että halutaan hyödyntää jatkuvasti tulevaisuudessa auringosta saatavaa energiaa. Toisena ajatuksena oli, että kuinka paljon aikaa asennus vie, koska valmiiksi asennetuissa järjestelmissä hinnat työn osuudesta ovat melko suuret.

2 AURINKOSÄHKÖ TEORIASSA

2.1 Aurinko

Aurinko on tähti, joka syntyi noin 5 miljardia vuotta sitten ja arvioidaan loistavan vielä toiset 5 miljardia vuotta vakaasti. Aurinko on rakenteeltaan kaasupallo, joka koostuu pääosin vedystä ja heliumista. Kaasu Auringossa on ionisoitunutta, jota kutsutaan plasmaksi. Aurinko saa säteilemänsä energian siten, kun Auringon ytimessä vety muuttuu heliumiksi. Joka sekunti Auringossa syntyy fuusioreaktioiden avulla 600 miljoonaa tonnia vetyä 596 miljoonaksi tonniksi heliumia, jonka seurauksena neljä miljoonaa tonnia massaa muuttuu energiaksi. Tämä tuotettu energia säteilee Auringon pinnalta avaruuteen. (Ilmatieteenlaitoksen www-sivut 2019.) Kuvassa 1 on esitetty auringon energianpurkaus avaruuteen.



Kuva 1. Auringon energianpurkaus avaruuteen (SDO. www-sivut 2018)

2.1.1 Auringon säteilemä energia

Auringon säteilyteho lasketaan Albert Einsteinin suhteellisuusteorian pohjalta kaavalla

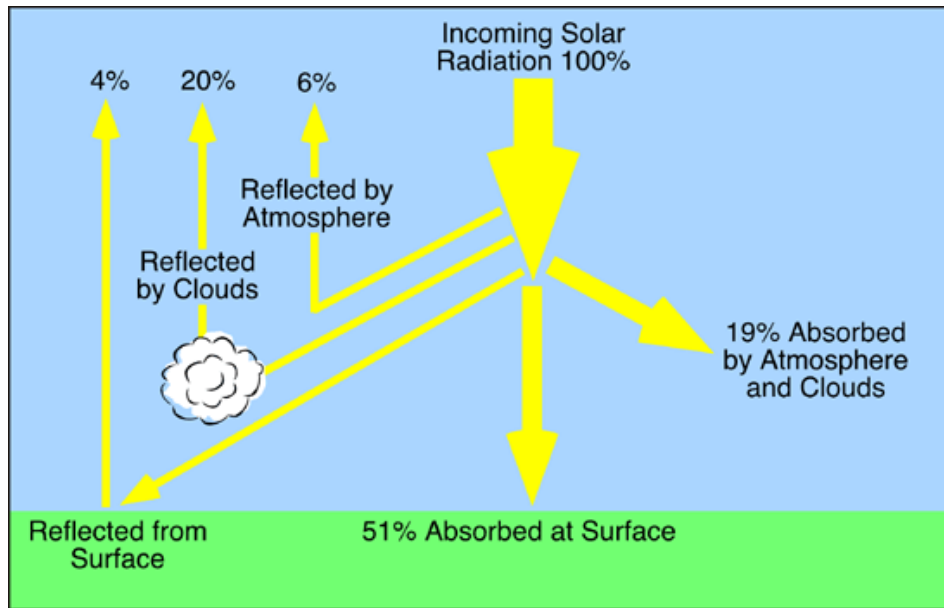
$$E = m \cdot c^2$$

Kaava 1

Kaava 1:ssä E tarkoittaa energiaa ja m tarkoittaa massaa. Kerroin c^2 taas puolestaan tarkoittaa valonnopeuden toista potenssia eli valonnopeuden neliötä. (Tekniikan kaavasto, 2010). Tästä yhtälöstä saadaan selville, että energian ja massan välillä on yhteys. Tässä tapauksessa massalla tarkoitetaan erotusta, joka saadaan vedyn ja heliumin fuusioreaktiossa. Ytimessä syntynyt energia alkaa siirtymään kohti Auringon pintaosia, koska Auringon pinnan ja ytimen välillä on niin suuri lämpötilaero. Pinnalta Aurinko säteilee energian avaruuteen valona ja lämpö- eli infrapunasäteilynä sähkömagneettisten aaltojen avulla. Pieni osa tästä Auringon säteilemästä energiasta osuu myös maapallon pinnalle. (Ilmatieteenlaitoksen [www-sivut 2019](#).)

Ennen maan ilmakehään saapumista säteilyn teho on noin 1400 wattia neliometriä kohden (W/m^2). Tätä lukua kutsutaan aurinkovakioksi. Aurinkovakio nimestään huolimatta vaihtelee vähäsen. Suuret Auringonpilkkuryhmät tummentavat Auringon pintaa, jolloin aurinkovakio saattaa pienentyä pari tuhannesosaa siksi aikaa, kun pilkut siirtyvät auringon pinnan osan yli. (Ilmatieteenlaitoksen [www-sivut 2019](#).)

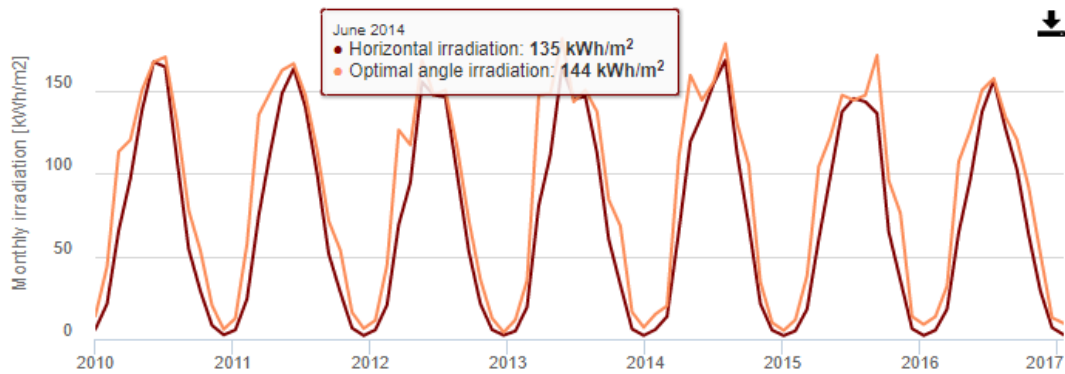
Tästä ilmakehän ulkopuolelle osuvasta säteilystä pääsee kuitenkin vain viisikymmentä prosenttia maanpinnalle. Säteily maanpinnalla imeytyy vesistöihin ja manneralueisiin samalla lämmittäen niitä. Tulevasta säteilystä noin kolmekymmentä prosenttia heijastuu ilmakehän hiukkasista, maanpinnasta ja pilvistä takaisin avaruuteen. Loput kaksikymmentä prosenttia imeytyy ilmakehään ja pilviin. Maanpinnalle asti päässyt säteily, joka imeytyy mantereisiin ja meriin, pitää maan keskilämpötilan 14 Celsiusasteessa. (Opetushallituksen [www-sivut 2019](#).) Kuvassa 2 on esitetty ilmakehän ja maanpinnan vaikutukset auringonsäteilyyn.



Kuva 2. Ilmakehän ja maanpinnan vaikutukset auringonsäteilyyn (Pidwirny 2006)

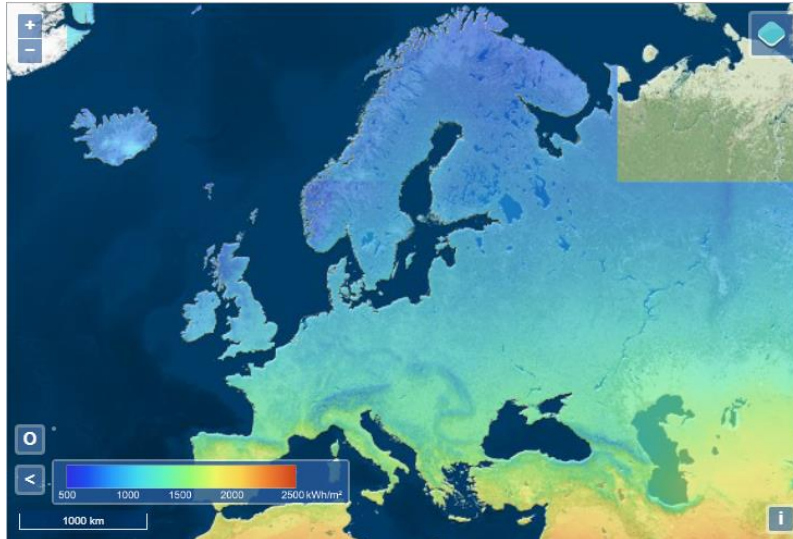
2.1.2 Auringon säteily määrä Suomessa

Auringon säteily koostuu suoraan tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Hajasäteilyllä tarkoitetaan, kun ilmakehä, pilvet ja maa heijastavat säteilyä. Suora säteily tarkoittaa auringosta suoraan kohdistunutta säteilyä. Suomessa hajasäteily on kokonaisuudessaan merkittävä. Esimerkiksi Etelä-Suomeen tuleva säteily on noin 50 prosenttia hajasäteilyä vuoden säteilystä. Tämän työn kannalta ei kuitenkaan ole merkitystä, onko paneeleille tuleva säteily suoraa säteilyä vai hajasäteilyä. (Motiva Oy. www-sivut 2018.)



Kuva 3. Kuukausittainen aurinkosäteilyn määrä vaakasuoralle pinnalle, sekä optimaalisessa kulmassa olevalle pinnalle vuosilta 2010-2017 (Euroopan komission [www-sivut 2019](#)).

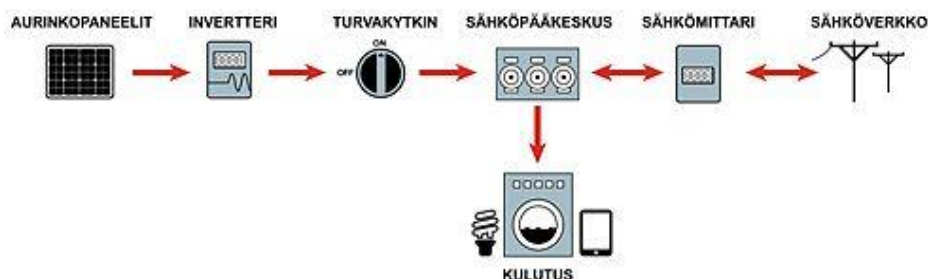
Kuvasta 3 on nähtävissä kuukausittainen aurinkosäteilyn määrä vaakasuoralle pinnalle, sekä optimaalisessa kulmassa olevalle pinnalle vuosilta 2010-2017. Vuotuinen säteilyn määrä Etelä-Suomessa on melkein sama kuin Pohjois-Saksassa. Tämä johtuu siitä, että kesäaikaan Aurinko säteilee Suomeen voimakkaammin kuin eteläisempään Eurooppaan. Suomessa kuitenkin tuotanto vaihtelee enemmän eri vuodenaikoina. Paneelien asennuksessa on myös tärkeää ottaa huomioon paneelien kallistuskulma. Esimerkiksi Etelä-Suomessa vuosittainen säteily määrä vaakasuoralle pinnalle on noin 1000 kWh/m², kun taas Pohjois-Suomessa se on 200 kWh/m² vähemmän verrattuna Etelä-Suomeen. (Ilmatieteenlaitoksen [www-sivut 2019](#)). Suuntaamalla paneelit etelään päin 45 asteen kulmassa, voidaan parantaa vuosittaista tuotannon määrää jopa kolmekymmentä prosenttia. (Motiva Oy. [www-sivut 2018](#)). Kuvassa 4 on esitetty vuotuinen säteily määrä neliometriä kohden Euroopassa.



Kuva 4. Vuotuinen säteily määrä neliometriä kohden Euroopassa (Euroopan komission www-sivut 2019)

2.2 Miten aurinkosähköä tuotetaan?

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu Auringosta tulevaan säteilyenergiaan, joka muutetaan sähkövirraksi. Auringosta säteilemä energia koostuu pienistä hiukkasista, joita kutsutaan fotoneiksi. Säteilyenergian osuessa aurinkopaneeliin fotonit imeytyvät puolijohdemateriaaleihin irroittaen tästä elektroneja, jotka sitten pääsevät vapaasti liikkumaan piissä. Tämä muodostaa aurinkokennoon sähkökentän. Mitä suurempi säteilyn määrä on, sitä enemmän elektroneja irtoaa ja näin ollen tuottaa enemmän sähköä. (Vattenfallin www-sivut 2019).



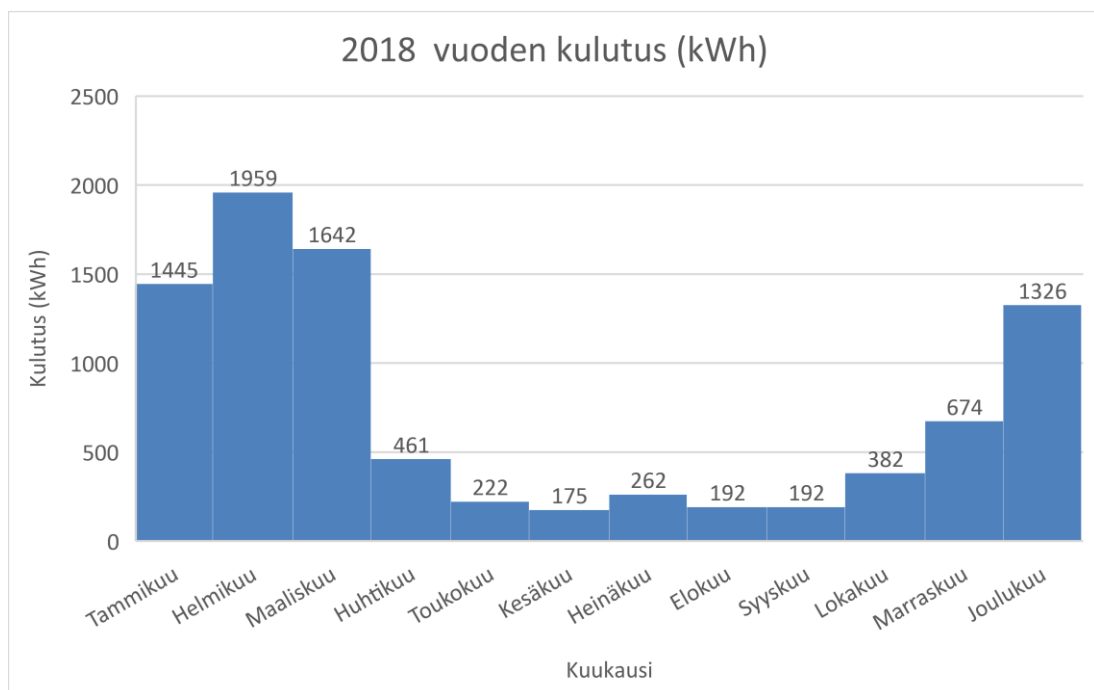
Kuva 5. Verkkoon kytketty On-Grid aurinkosähköjärjestelmä (Motiva Oy. www-sivut 2019)

Kuvasta 5 on nähtävissä, että energia johdetaan aurinkopaneeleilta invertterille, joka muuttaa tasavirran vaihtovirraksi. Invertteriltä energia kulkee erotuskytkimen kautta sähköpääkeskukselle. Sähköpääkeskukselta sähkö kulkeutuu talon sähkölaitteille käytettäväksi tai ylimääräinen käyttämättä jäänyt aurinkosähkö kulkee sähkömittarin läpi sähköverkkoon.

3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

3.1 Kohde

Kohde sijaitsee Ikaalisissa avonaisella tontilla järven rannassa. Talo on sähkölämmitteinen. Kesällä talo viilennetään ilmastointilaitteella, koska puusta tehty talo imee todella nopeasti lämpöä. Viime vuoden vuosikulutus oli noin 8500kWh, mutta asunto oli pääosin käytössä vain kesäaikaan. Lähitulevaisuudessa asunto tulee olemaan käytössä ympäri vuoden. Kaaviosta 1 on nähtävissä vuoden 2018 kulutus kohteessa.



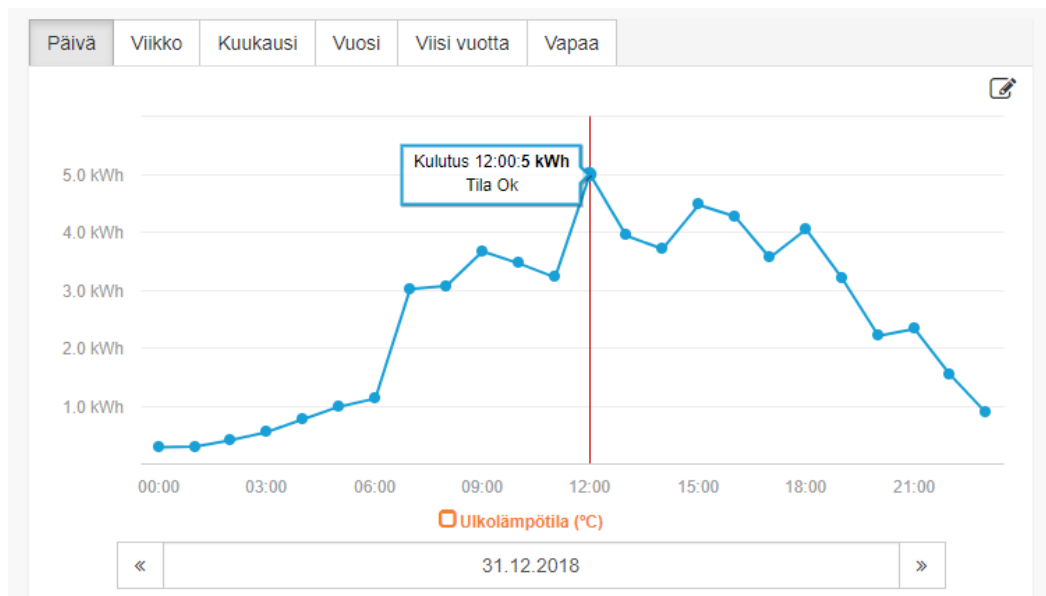
Kaavio 1. Vuoden 2018 kulutus kohteessa

Kohteessa sijaitsee myös autotalli, missä on sähköinen lattialämmitys ja autonosturi. Kohdetta myös laajennetaan lähivuosina siten, että sisälle tulee suihku ja suurempi lämminvesivaraaja. Vedenlämmityksen arvioidaan olevan noin 1000-1200 kWh:n välillä vuodessa henkilöä kohden. (Vattenfallin www-sivut 2019.)

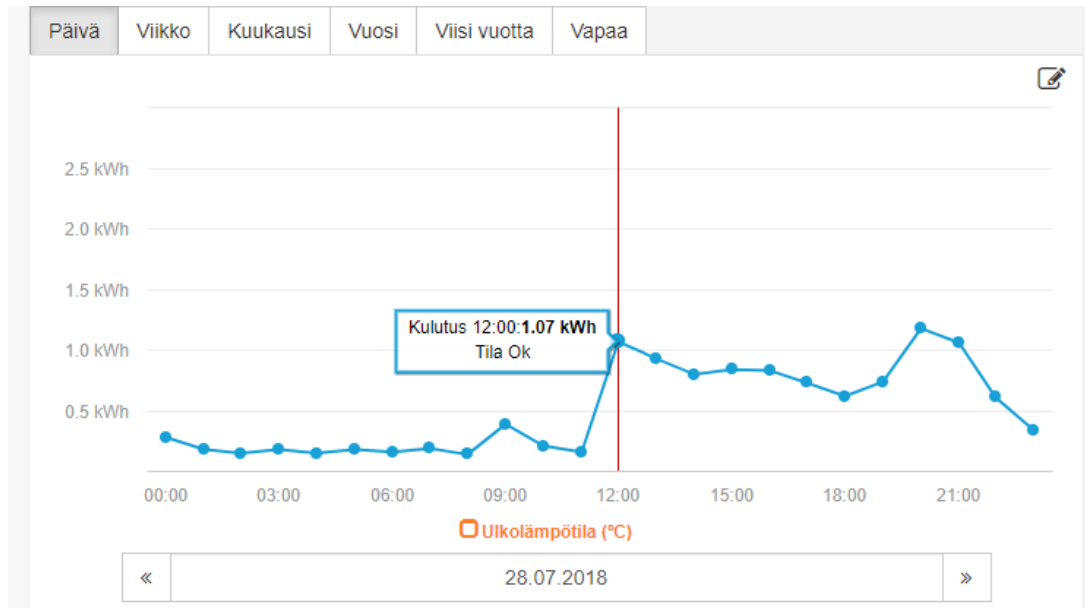
3.2 Järjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus tulee tehdä niin, että tuotettu sähkö käytettäisiin itse. Myös järjestelmän sijainti vaikuttaa mitoitukseen, jos järjestelmään kohdistuu esimerkiksi varjostuksia. Tässä työssä järjestelmä on kuitenkin etelään suunnattu ilman minkäänlaisia esteitä auringon edessä. Mitoitukseen vaikuttavat myös muut eri tekijät, kuten investointihinta, kohteen vuotuinen kulutus, taloudelliset hyödyt ja tässä työssä myös tulevaisuuden muutokset. (Lehto, Liuksiala, Lähde, Olenius, Orrberg & Ylinen 2017, 76.)

Kohteen kulutustietojen tunteminen on tärkeä asia järjestelmää mitoittaessa. Kohteen vuotuiset kulutukset jokaiselta päivältä on saatavissa oman sähköyhtiön kautta. Tässä tapauksessa järjestelmän mitoitus tehtiin pääosin tulevaisuutta ajatellen, sillä asuntoa laajennetaan ja se tulee ympäri vuotiseen asutukseen, joten kulutus suurenee huomattavasti lähivuosina.



Kuva 6. Talvipäivän kulutus kohteessa 2018 (Leppäkosken www-sivut 2019)



Kuva 7. Kesäpäivän kulutus kohteessa 2018 (Leppäkosken www-sivut 2019)

Kuvista 6 ja 7 huomataan, että suurin osa vuorokauden kulutuksista tapahtuu päivän aikana, jolloin aurinko paistaa ja järjestelmän tuottama energia tulee omaan käyttöön. Tämä tekee järjestelmän hankinnasta kannattavaa.

Alkuperäisenä tarkoituksena oli rakentaa kolmen kilowatin järjestelmä, joka seuraa aurinkoa sähkömoottorin avulla. Tulimme kuitenkin asunnon omistajan kanssa siihen tulokseen, että aurinkoa seuraavaan rakennelmaan kuluisi huomattavasti suurempi määrä rahaa, kuin isompaan kiinteään aurinkosähköjärjestelmään. Päädyimme siis rakentamaan 4,4 kilowatin kiinteään aurinkosähköjärjestelmän.

3.3 Komponentit

3.3.1 Aurinkopaneelit

Yleisimpiä aurinkopaneelien tyyppejä ovat yksikidepaneelit ja monikidepaneelit. Yhdessä paneelissa on useita kennoja, jotka on kytketty sarjaan. Aurinkokennot valmistetaan piistä. Aurinkokenno muuntaa auringon säteilyn sähköenergiaksi aikaisemmin mainitun valosähköilmiön avulla. Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä,

joka muutetaan invertterillä vaihtosähköksi. (Aurinkovirta www-sivut 2019.) Kuvassa 8 on esitetty työssä käytettävät JA Solarin monikide aurinkopaneelit.



Kuva 8. Työssä käytettävä JA Solarin monikide aurinkopaneeli (JA Solar www-sivut 2019)

Yksikidepaneelit ovat hyötysuhteeltaan hieman parempia kuin monikidepaneelit. Yksikidepaneelit ovat harvinaisempia ja kalliimpia, kuin monikidepaneelit. Yksikidepaneelien valmistamiseen käytettävän raaka-aineen valmistaminen on kalliimpaa ja monimutkaisempaa. Vaikka yksikidepaneelit kestävät lämpöä paremmin kuin monikidepaneelit, niin ne ovat isommassa huollon tarpeessa. Yksikidepaneelit likaantuvat helpommin ja ovat herkempiä varjostuksille. Yksikidepaneelien hyötysuhde on tyypillisesti noin 17 – 19 prosenttia. (Aurinkovirta www-sivut 2019.)

Monikidepaneelit taas ovat tasaisempia kuin yksikidepaneelit, joka estää niiden likaantumista helpommin. Monikidepaneelit ovat yksinkertaista ja edullista tekniikkaa. Monikidepaneelin tuotantoteho laskee, kun lämpötila nousee liian korkeaksi. Tämä ei kuitenkaan ole Suomessa niin suuri haitta, sillä vain kesäisin lämpötila saattaa nousta niin korkeaksi, että paneelien tuotantoteho kärsii. Hinnaltaan monikidepaneelit ovat edullisempia, kuin yksikidepaneelit. Tyypillinen

monikidepaneelin hyötysuhde tyypillisesti noin 16 – 19 prosenttia. (Aurinkovirta www-sivut 2019.)

Tähän työhön valitsimme JA Solarin aurinkopaneelit. Paneelit ovat 275 watin monikidepaneeleita ja niitä tuli 4,4 kW:n järjestelmään 16 kappaletta. Valitsimme monikidepaneelit niiden toimintavarmuuden ja suhteellisen edullisen hinnan vuoksi. Paneelit ovat hyötysuhteeltaan 16,8 %. Aurinkopaneelin hyötysuhde kuvaa, kuinka monta prosenttia 1000 W tehoisesta auringonvalosta muuttuu paneelissa sähköksi.

3.3.2 Vaihtosuuntaaja eli invertteri

Verkkoon kytketty On-Grid aurinkosähköjärjestelmä vaatii aina myös vaihtosuuntaajan eli invertterin. Invertterin tehtävänä on muuntaa aurinkopaneelilta tuleva tasasähkö sähköverkossa käytettäväksi vaihtosähköksi. Invertteristä pystyy myös seuraamaan järjestelmän dataa, kuten tuotantoa reaaliajassa ja myöskin pidemmältä ajalta.

Tässä tapauksessa käytettävää invertteriä voidaan kutsua myös verkkoinvertteriksi. Verkkoinvertteri yhdistää aurinkopaneelit suoraan kiinteistön sähköverkkoon, jolloin tarvitsee tehdä sopimus verkkoyhtiön kanssa ylijääneen sähkön myynnistä. Verkkoon liittymisestä kerrotaan tarkemmin siihen liittyvässä kappaleessa. Tuotettu aurinkosähkö käytetään ensisijaisesti rakennuksen kuormissa ja ylijäämä myydään sähköverkkoon. Tämä tekee järjestelmästä yksinkertaisen ja edullisen.

Invertterin tärkeimpiä ominaisuuksia ovat:

1. Syöttää verkkoon hyvälaatuista sähköä.
2. Pitää jännitteen laatu tasaisena.
3. Toimii turvallisesti, eikä vahingoita sähköverkkoa.
4. Saarekekäytön esto eli ei syötä sähköä jännitteettömään verkkoon.
5. Olla sähköisesti yhteensopiva jakeluverkon kanssa.
6. Kykenee tahdistumaan samaan tahtiin jakeluverkon kanssa.(Heikkilä 2019)

Järjestelmään valittiin Froniuksen Symo 4.5 – 3 - S Light kolmivaiheinvertteri. Sen nimellisteho on 4,5kW ja sen hyötysuhde on 97.0%. Invertteri sijoitetaan pihalle talon katokseen sähköpääkeskuksen lähelle. Invertterin dataa pystyy seuraamaan myös etäisesti nettiyhteyden avulla. Invertterissä on viiden vuoden takuu. Työssä käytettävä verkkoinvertteri on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Vaihtosuuntaaja eli invertteri asentamattomana.

3.3.3 Turvakytkimet ja kaapelointi

Järjestelmään kuuluu DC-turvakytkin ja AC-turvakytkin ja se on varmistettava, että verkkoinvertterin pystyy erottamaan molemmilta puolilta. Kytkimien on oltava lukittavissa ja niissä täytyy olla asennonosoitus. Koko järjestelmän erotuskytkin eli AC-turvakytkin tulee sijoittaa sähköverkkoyhtiön kanssa sovittuun paikkaan, jotta verkkoyhtiöllä on esteetön pääsy erotuskytkimelle tarvittaessa. Tämä tehdään sähkötyöturvallisuus syistä. (Aurinkovirta www-sivut 2019.)

Aurinkovoimalan tasasähköpuoli voidaan erottaa invertteriin integroidun DC-kytkimen avulla. Jos invertterille tulevat DC-kaapelit on tarpeellista erottaa jännitteettömiksi esimerkiksi huoltoa varten, niin invertterin läheisyyteen täytyy asentaa erillinen DC-turvakytkin. Erillisen DC-turvakytkimen asentaminen ei kuitenkaan ole pakollista. DC-turvakytkin sijaitsee aurinkopaneeliston ja invertterin välissä. DC-turvakytkin on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. DC-turvakytkin varoitustarralla

DC-tasajännitekaapelit yhdistävät aurinkopaneeliston invertteriin. Tällaisena johtimena yleensä käytetään 4mm² tai 6mm² läpimittaista PV1-F-kaapelia. Yhdeltä aurinkopaneelisarjalta tulee plus- ja miinusjohtimet invertterille asti. Kaapelointi on ulkona katolla, joten kaapeloinnin tulee kestää eri sääolosuhteita. Tarkoituksena on asentaa kaapelit JAP alumiiniputkeen, jotta kaapelit saisivat hieman suojaa pahimmilta sääolosuhteilta. Invertteriltä sähköpääkeskukselle käytettävässä kaapelissa on tarkoituksena käyttää MMJ-kaapelia.

AC-turvakytkin on erillinen kytkin, joka sijaitsee invertterin ja sähköpääkeskuksen välissä. AC-turvakytkimellä saadaan kytkettyä aurinkosähköjärjestelmä kokonaan irti sähköverkosta. Tämä tehdään muun muassa silloin, jos järjestelmään tarvitsee tehdä huoltoja tai jos sähköverkossa on ongelmia tai huollettavaa. AC-turvakytkin on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Aurinkovoimalan erotuskytkin eli AC-turvakytkin.

3.4 Standardit

Ensimmäisenä käytettävänä standardina on SFS-EN 62446-1:2016. Tässä standardissa määritellään verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kunnossapito ja käyttöönottestien sekä dokumentaation vaatimukset. Tämä standardi on tarkoitettu aurinkosähkösuunnittelijoiden ja urakoitsijoiden käyttöön. Standardissa määritellään kaikki dokumentaatiot ja informaatio, joka täytyy antaa asiakkaalle, aurinkosähköjärjestelmän asennuksen ollessa valmis. Näiden avulla todistetaan

asiakkaalle, että järjestelmä on turvallinen ja toiminnallinen. Samoja dokumentteja ja ohjeita voidaan käyttää tulevaisuudessa tehtävissä testeissä ja tarkastuksissa. Standardi ei käsittele järjestelmiä, jotka sisältävät akkuja tai muita energiavarastoja eikä keskittäviä aurinkosähköjärjestelmiä. (SFS-EN 62446-1 2016.)

Toisena standardina on käytetty englanninkielistä IEC 62548:2016 standardia. Standardin olennainen sisältö koostuu aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta. Siinä määritellään aurinkopaneelien suunnitteluvaatimukset, johdotukset, suojalaitteet sekä kytkentä- ja maadoitusjärjestelyt. Standardissa esitetään myös suunnittelussa huomioitavat turvallisuusvaatimukset, sillä tasasähköiset aurinkopaneelit tuottavat lisävaaroja vaihtosähköjärjestelmien lisäksi. Tästä hyvä esimerkki on valokaaren tuottaminen ja se ylläpitäminen pienilläkin virroilla. (IEC 62548 2016.)

4 TOTEUTUS

4.1 Toimenpiteet ennen järjestelmän hankintaa ja asennusta

Ennen hankintaa ja asennusta on tehtävä toimenpiteitä. Ensimmäisenä kannattaa ottaa yhteyttä omaan sähköyhtiöön, jossa varmistetaan tulevan järjestelmän sopivuus. Tästä tehdään myös mikrotuotannon yleistietolomake, joka toimitetaan sähköyhtiölle. Tämän jälkeen sähköyhtiö antaa aurinkopaneelien käyttöluvan. Toisena asiana täytyy pyytää kunnalta rakennuslupa aurinkosähköjärjestelmän rakentamiseen. Eri kunnissa on erilaiset toimenpiteet rakennusluvan saamiselle. Tässä tapauksessa täytyi tehdä toimenpidelupahakemus.

4.2 Järjestelmän hankinta

Järjestelmän hankinnassa kannattaa kiinnittää huomiota hintaan ja laatuun. Hinta-laatu suhteella on suuri merkitys, kun lasketaan kannattavuutta koko järjestelmän käyttöiälle. Näihin laskelmiin vaikuttaa paneelien teho ja kestävyys. Myös takuisiin kannattaa kiinnittää huomiota, sillä ne vaihtelevat suuresti. (Lehto ym. 2017, 62.)

Ennen työn aloittamista vanhemmilleni tarjottiin kolmen kilowatin valmiiksi asennettua järjestelmää hintaan 9000 €. Tämän jälkeen päätimme, että teen aiheesta opinnäytetyön ja samalla selvitetään, kuinka paljon kustannuksissa voi säästää, kun järjestelmän asentaa itse. Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa pitää huomioida, että sähköasennukset on suoritettava ammattilaisen toimesta.

Järjestelmän komponentit hankittiin Green Energy Finlandin jälleenmyyjältä Suomesta. Järjestelmä pitää sisällään alumiiniprofiilit ja niiden kiinnikkeet, kaapelit ja maadoitusjohdot, 16 kappaletta aurinkopaneeleja, invertterin ja turvakytkimet sekä varoituskytöt. Aluksi laitettiin tarjouspyyntö GEF:lle (Green Energy Finland) ja he antoivat paketin hinnaksi noin 5600 € sis. alv. 24%. Tämän jälkeen etsien vielä halvempaa järjestelmää löytyi aurinkosähkö.net sivusto, joka on GEF:n jälleenmyyjä. Aurinkosähkö.net antoi samanlaiselle paketille hinnaksi 4650 € sis. alv. 24%, joten päätös oli helppo.

4.3 Järjestelmän asennus ja verkkoon liittyminen

Aurinkosähköjärjestelmän asennus toteutettiin itse, jolloin kustannukset pienenevät huomattavasti verrattuna avaimet käteen- periaatteella. Haluttiin myös tarkastella, kuinka paljon aikaa asennuksiin kuluu. Asennus toteutettiin alkukesästä, joten olosuhteilla ei ollut merkitystä. Aluksi tehtiin mekaaniset asennukset, jonka jälkeen tehtiin sähköasennukset sähköalan ammattilaisen kanssa.

Aurinkopaneelien asennus alkaa kattokiinnikkeiden asentamisella. Ennen asentamista täytyy kuitenkin varmistaa, että kattorakenne mahdollistaa ohjeiden mukaisen asennuksen. Kattokiinnikkeitä on moniin erilaisiin kattotyyppeihin, mutta tässä tapauksessa kyseessä oli huopakatto. Kattokiinnikkeet asennetaan noin metrin välein. Tämän jälkeen kattokiinnikkeisiin kiinnitetään alumiiniprofiilikiskot, joihin lopuksi sitten aurinkopaneelit asennetaan. Kuvassa 12 on nähtävissä kattokiinnikkeet ja alumiinikiskot asennettuna.



Kuva 12. Kattokiinnikkeet ja alumiinikiskot asennettuna.

Tämän jälkeen aurinkopaneelit asennetaan alumiinikiskoihin paneelirivistön päästä alkaen päätykiinnikkeillä. Paneelien välinen kiinnitys tapahtuu välikiinnitteillä, mutta tässä kohtaa täytyy ottaa huomioon maadoituslevyjen asentaminen välikiinnikkeiden alle. Tässä vaiheessa mekaaniseen asennukseen oli mennyt aikaa noin 5 tuntia kahdelta henkilöltä. Kaiken kaikkiaan koko järjestelmän asentamiseen meni aikaa noin 9 tuntia. Tässä huomataan jo suuri ero kustannuksissa verrattuna avaimet käteen- periaatteella. Kuvassa 13 aurinkopaneelit on asennettu alumiinikiskoihin.



Kuva 13. Aurinkopaneelit asennettuna kiskoihin.

Seuraavaksi aurinkopaneelisto täytyy maadoittaa. Maadoitus on välttämätön toimenpide aurinkosähköjärjestelmissä turvallisuuden kannalta. Tässä työssä maadoituskaapelina käytetään MKEM 6 KEVI-kaapelia. Aurinkovoimalan maadoitus toteutetaan siten, että jokaisen alumiinikiskon toiseen päähän asennetaan maadoituskorvake. Maadoituskaapeli asennetaan maadoituskorvakkeiden läpi siten, että jokainen kisko on samassa potentiaalissa. Jotta saadaan varmuus aurinkopaneelien ja alumiinikiskojen välisestä sähköisestä yhteydestä, niin jokaisen paneelin väliin

asennetaan maadoituslevy välikiinnikkeen alle. Tämän avulla sähköinen yhteys säilyy vuosienkin päästä alumiinikiskojen mahdollisesta hapettumisesta huolimatta. Tästä maadoituskaapeli vedetään kiinteistön sähköjärjestelmän maadoituskiskoon tai vaihtosuuntaajan maadoitusliittimeen. Kuvasta 14 näkee, kuinka maadoitusjohto asennetaan maadoituskorvikkeisiin.



Kuva 14. Maadoitusjohto ja maadoituskorvikkeet.

Tämän jälkeen asennetaan erotuskytkimet. Erotuskytkimet tulee asentaa, jotta invertteri voidaan erottaa sekä tasasähköosasta että vaihtosähköosasta. Jo aikaisemmin kerrotussa turvakytkimien kappaleessa, AC-turvakytkin tulee sijoittaa siten, että sähköverkkoyhtiöllä on siihen esteetön pääsy. Tämä sen vuoksi, että sähköverkkoyhtiö pääsee tarvittaessa katkaisemaan sähköntuotannon kaikista sähköverkkoalueen tuotantolaitoksista. DC-turvakytkin asennetaan erikseen, jotta DC-kaapelit saadaan erotettua jännitteettömiksi esimerkiksi huoltotoimenpiteitä varten. Kuvassa 15 on nähtävissä esimerkki, kuinka erotuskytkimet voidaan asentaa.



Kuva 15. Vasemmalla puolella AC-turvakytkin ja oikealla DC-turvakytkin.

Viimeiseksi asennetaan invertteri. Tässä kohtaa täytyy ottaa merkille, kumpi kaapeleista on positiivinen ja kumpi negatiivinen. DC-kaapelit tuodaan paneeleilta DC-turvakytkimen kautta invertterille, jossa positiivinen ja negatiivinen kaapeli asennetaan omille paikoilleen.

Verkkoon liittämistä tarvitsee tehdä ilmoitus omalle sähköyhtiölle, jotta sähköyhtiö voi varmistaa sähköturvallisuuden kaikissa tilanteissa. Järjestelmän tuottama sähkö liitetään nykyiseen sähkökäyttöpaikkaan, jolloin sähköverkkoa ei tarvitse vahvistaa. Tämä selvitetään yleistietolomakkeen avulla, jossa kerrotaan käyttöpaikan numero, aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho, invertterin tiedot ja suurin vikavirta. Verkkoyhtiö tarkastaa, että verkkoinvertteri täyttää turvallisuusvaatimukset ja verkkoon syötettävän sähkön laadun. (Leppäkosken Sähkö, 2019.)

Verkkoon liittymisen yhteydessä tehdään käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Tässä lomakkeessa käydään läpi järjestelmän tarkastuksia ja testauksia, kuten esimerkiksi aistinvaraiset tarkastukset ja paneeliketjun testaukset ja mittaukset. Aistinvaraiset tarkastukset tehdään silmämääräisesti. Tarkastuksissa käydään läpi, että aurinkosähköjärjestelmä on standardin mukainen. Testauksissa paneeliketju mitataan ja testataan siihen soveltuvalla mittalaitteella. Saadut arvot varmistetaan oikeiksi vertaamalla niitä valmistajan antamiin arvoihin.

5 HYÖDYT JA POHDINTA

5.1 Järjestelmän hyödyt ja takaisinmaksuaika

Aurinkosähköjärjestelmä tuo paljon hyötyjä mukanaan. Aurinkoenergia on yksi puhtaimmista energianmuodoista, vaikka aurinkopaneelien valmistus tuottaa jonkin verran päästöjä. Aurinkoenergia on myös käytännössä loputon energianlähde. Aurinkosähköjärjestelmä kasvattaa myös kiinteistön arvoa. Aurinkosähköjärjestelmä on myös lähes täysin huoltovapaa. Ainoat tarvittavat huoltotoimenpiteet olettaen, että ei tule sähköisiä ongelmia, ovat aurinkopaneelien peseminen ja puhdistaminen liasta. Järjestelmän käyttöikä on noin 30 vuotta olettaen, että invertteri vaihdetaan 15 vuoden jälkeen.

Takaisinmaksuaikaa tässä työssä on lähes mahdotonta määrittää, sillä tulevaisuuden muutosten takia ei voi tietää, kuinka paljon sähkönkulutus tulee loppujen lopuksi nousemaan. Myös sähköhinnan muutoksia tulevaisuudessa ei tiedetä. Edes hieman suuntaa antavan takaisinmaksuajan voi laskea niin, että jakaa järjestelmän investointihinnan saatavalla säästöllä vuodessa. Tässä työssä ei kuitenkaan koettu tarpeelliseksi laskea tämänhetkistä hypoteettista takaisinmaksuaikaa, vaan laskea takaisinmaksuaika sitten, kun muutokset ovat voimassa.

5.2 Omat pohdinnat

Tämä aihe opinnäytetyöhön oli minulle luonnollinen, sillä olen kiinnostunut aurinkosähköjärjestelmistä entuudestaan. Olen ollut aikaisemmin mukana rakentamassa aurinkosähköjärjestelmää, jolloin kiinnostukseni aiheeseen heräsi. Sain mahdollisuuden päästä tekemään aiheesta opinnäytetyön, kun vanhempani päättivät sijoittaa aurinkosähköjärjestelmään ja tiesin jo tuolloin, että avaimet käteen-periaatteella ostaminen on huomattavasti kalliimpaa, kuin itse asentaminen. Vaikka minulla oli hieman aikaisempaa kokemusta aurinkosähköjärjestelmistä, oli niiden mitoittaminen ja suunnitteleminen minulle uusi asia. Opin työn aikana paljon lisää aurinkoenergiasta sekä siitä, miten sitä tuotetaan ja mitä kaikkea järjestelmän toteuttaminen vaatii.

Aurinkosähköjärjestelmien kehitys ja hintojen aleneminen on kasvattanut järjestelmien suosiota lähivuosina suuresti myös Suomessa. Tämä tulee jatkumaan myös tulevaisuudessa, sillä järjestelmien hyötysuhdetta ja kehitystä parannetaan jatkuvasti. Aurinkosähköjärjestelmään sijoittaminen on todella suositeltavaa, sillä energia on lähes puhdasta ja käytännössä loputonta. Sijoitus on myös rahallisesti järkevä, sillä järjestelmä maksaa itsensä ajan kanssa takaisin ja se myös nostaa kiinteistön arvoa.

Järjestelmän tuottoa ollaan tarkasteltu asennuksen jälkeen ja kolmena kesäkuukautena järjestelmä tuotti noin 1500 kWh:ta. Järjestelmän toteutus onnistui ilman vastoinkäymisiä ja olen lopputulokseen todella tyytyväinen.

LÄHTEET

- Aurinkosähkö.net. www-sivut. 2019. Viitattu 14.9.2019.
<https://www.aurinkosahko.net/product/112/aurinkovoimala-gef>
- Aurinkovirta. www-sivut. 2019. Aurinkopaneelit. Viitattu 27.8.2019. <http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/aurinkopaneelit/>
- Aurinkovirta. www-sivut. 2019. Aurinkovoimala. Viitattu 27.8.2019.
<http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/>
- Euroopan komission www-sivut. 2019. Photovoltaic geographical information system. Viitattu 14.8.2019. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- Heikkilä, T. 2019. Tekninen liite 1 ohjeeseen sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon – nimellisteholtaan enintään 100 kVA laitoksen liittäminen. Viitattu 30.9.2019. https://energia.fi/files/3887/tekninen_liite_1_-_enintaan_100_kVA_PAIVITETTY_20190607.pdf
- IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements. 2016. Geneve: International Electrotechnical Commission
- Ilmatieteenlaitoksen www-sivut. 2019. Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa. Viitattu 14.8.2019. <https://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky>
- Ilmatieteenlaitoksen www-sivut. 2019. Auringon rakenne ja elinkaari. Viitattu 20.7.2019. <https://ilmatieteenlaitos.fi/rakenne-ja-elinkaari>
- Ilmatieteenlaitoksen www-sivut. 2019. Auringon säteily ja kirkkausvaihtelut. Viitattu 21.7.2019. <https://ilmatieteenlaitos.fi/sateily-ja-kirkkausvaihtelut>
- JA Solar. www-sivut. 2019. Viitattu 27.8.2019. <http://www.jasolar.com/html/en/>
- Lehto, I., Liuksiala, L., Lähde, P., Olenius, M., Orrberg, M. & Ylinen, M. 2017. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. ST-käsikirja 40. Espoo: Sähköinfo Oy
- Leppäkosken www-sivut. 2019. Viitattu 20.9.2019. <https://leppakoski.fi/>
- Motiva Oy. www-sivut. 2018. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Viitattu 14.8.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa
- Motiva Oy. www-sivut. 2016. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. Viitattu 20.9.2019.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma
- Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S & Öistämö, J. 2010. Tekniikan kaavasto. 9.painos. Tampere: Tammertekniikka.

Opetushallitus. www-sivut. 2019. Säteilytasapaino ja valaistusvyöhykkeet. Viitattu 4.8.2019. <http://www02.oph.fi/etalukio/maantiede/kurssi1/sateilytasapaino.html>

Pidwirny, M. 2006. Atmospheric Effects on Incoming Solar Radiation. Viitattu 4.8.2019. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7f.html>

SDO. www-sivut. 2018. SDO Gallery. Viitattu 20.7.2019. <https://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/main>

SFS-EN 62446-1 Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1: Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönottotestit ja tarkastus. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.

Vattenfallin www-sivut. 2019. Miten aurinkosähkö tuotetaan. Viitattu 16.8.2019. <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

Vattenfallin www-sivut. 2019. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkötulutus. Viitattu 16.8.2019. <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaitteiden-energiankulutus/>