



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# AURINKOSÄHKÖ RINTAMAMIESTALOSSA

## Järjestelmien vertailu ja kannattavuus

Toni Uotila

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2019  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

UOTILA, TONI:

Aurinkosähkö rintamamiestalossa. Järjestelmien vertailu ja kannattavuus

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin verkkoon kytkettävän aurinkosähköjärjestelmän toteutusta ja kustannuksia. Kohteena oli tyypillinen 1950-luvulla rakennettu rintamamiestalo. Tarkoituksena oli selvittää järjestelmän toteutuksen kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa sekä järjestelmästä saatavaa hyötyä tilaajalle.

Työssä käydään läpi aurinkosähkön teoriaa, kohteen mitoituksen ja suunnittelun periaatteita ja lopuksi työn tutkimusosuudessa vertailtiin ”avaimet käteen” -paketteja ja itse hankittua järjestelmää etsimällä kohteeseen kannattavinta ratkaisua. Kannattavuuden laskennan apuna käytettiin Finsolar-hankkeen aurinkosähkön kannattavuuslaskuria. Vertailussa keskityttiin selvittämään järjestelmien hyöty- ja haittapuolia. Lisäksi selvitettiin mitä lupa ja lainsäädäntöjä on syytä ottaa huomioon ennen aurinkosähköjärjestelmän hankintaa.

Työn pohjalta saadaan hyvä kohdekohtainen teoreettinen arvio laskelmineen työn kustannuksista ja kannattavuudesta, joita tilaaja voi hyödyntää järjestelmän mahdolliseen hankintaan.

---

Asiasanat: aurinkosähkö, aurinkopaneeli, aurinkosähköjärjestelmä

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

UOTILA, TONI:  
Comparing Photovoltaic Systems in a Detached House

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 2 pages  
April 2019

---

The purpose of this thesis was to study the implementation of a grid-connected photovoltaic system in a typical Finnish detached house built in 1950's. In addition, cost-effectiveness of the system, the payback time and the benefits for the client were studied.

This thesis involves theory of photovoltaic systems and the principles of proper sizing and designing of the system. The thesis also compares benefits and drawbacks of self-acquired or turnkey constructed systems. Matters to be taken into consideration before implementing the system were also studied.

The outcome of the study gives a good theoretical estimate of the costs and cost-effectiveness of the system, which the client can use when considering acquiring a photovoltaic system.

---

Key words: photovoltaic system, solar energy, grid-connected, solar panel

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT .....	7
2.1	Toimintaperiaate .....	7
2.2	Komponentit .....	8
2.2.1	Paneelit.....	9
2.2.2	Invertteri.....	10
2.2.3	Akusto .....	11
2.2.4	Turvalaitteet .....	11
3	AURINKOENERGIA SUOMESSA.....	12
3.1	Olosuhteiden vaikutukset.....	13
4	LUVAT JA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	15
4.1	Toimenpidelupa .....	15
4.2	Liityntä sähköverkkoon .....	15
4.3	Asennukset ja sähkötyöt .....	16
5	MITOITUS JA SUUNNITTELU.....	17
6	CASE-KOHTEEN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS .....	18
6.1	Olosuhteiden vaikutukset.....	18
6.2	Mitoitus.....	19
6.3	Omakäyttöosuuden optimointi.....	23
7	JÄRJESTELMIEN VERTAILU .....	25
7.1	Sähkön osto ja myynti.....	25
7.2	Investointikustannukset .....	25
7.3	Kannattavuuden laskentaan vaikuttavia tekijöitä .....	26
7.4	Takaisinmaksuaika.....	26
7.5	Vertailu ja kannattavuus .....	26
8	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	34
	Liite 1. PVGIS esimerkkikuva 3 kW järjestelmä .....	34
	Liite 2. Esimerkkikuva Finsolar -kannattavuuslaskelman tuloksista .....	35

**LYHENTEET JA TERMIT**

kWp	Aurinkopaneeleista saatava huipputeho standardiolosuhteissa, <i>kilowattpeak</i>
Off-grid	Sähköverkosta irti oleva aurinkosähköjärjestelmä
On-grid	Sähköverkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä
STC	<i>Standard Test Conditions</i> , Standardiolosuhteet, joissa määritetään paneelin tekniset arvot
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i> , Sääöttekniikka, jolla pyritään saavuttamaan paneeleista paras mahdollinen hyötysuhde

## 1 JOHDANTO

Vanhat 1950-luvun taitteessa rakennetut rintamamiestalot eivät tunnetusti ole kovinkaan energiatehokkaita. Sähkön tarve kasvaa kuluttajilla, mutta myös hinta nousee vuosi vuodelta. Monet miettivät keinoja pienentää ostoenergian kulutusta. Osa haluaa löytää ratkaisuja saada hiilijalanjälkeään pienemmäksi. Yksi tulevaisuuden kannalta järkevä keino on sijoittaa aurinkosähköön.

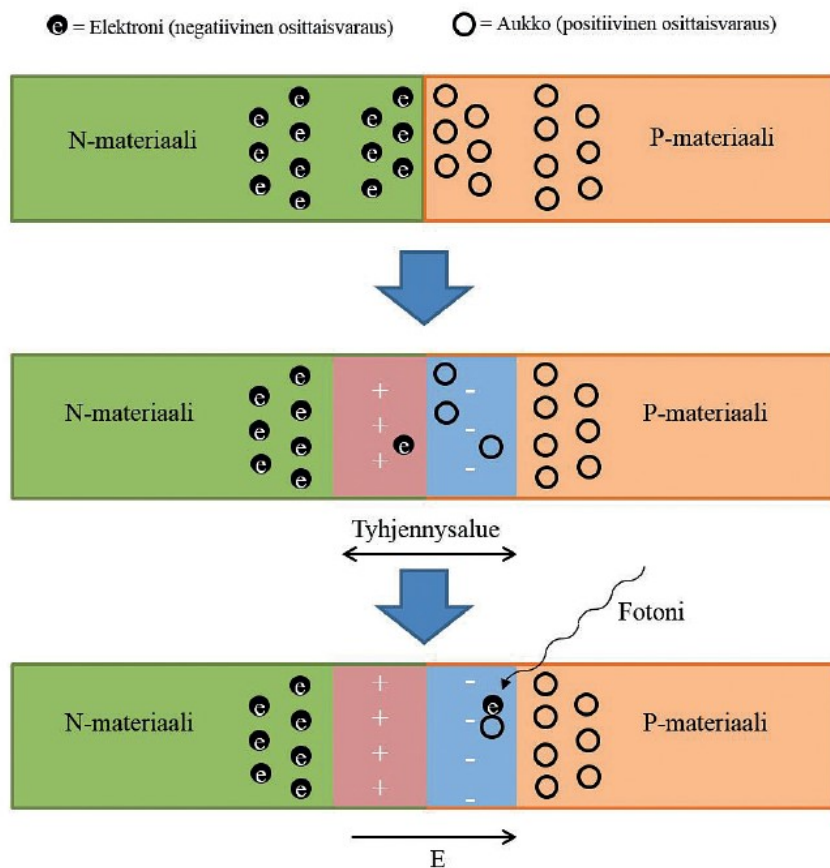
Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää tyypillisen rintamamiestalon ja yleisesti ottaen omakotitalojen aurinkosähköjärjestelmän toteutusta ja kustannuksia Suomen alueella. Työssä käydään läpi verkkoon liitettävän järjestelmän kannattavuutta, hyötyjä ja takaisinmaksuaikaa. Kannattavuuden laskentaan apuna käytettiin Finsolar-hankkeen tekemää aurinkosähkön kannattavuuslaskuria.

Työn kohteena on Hämeenlinnassa sijaitseva 1950-luvulla rakennettu rintamamiestalo. Työssä vertaillaan eri järjestelmävaihtoehtoja kohteeseen sopivinta vaihtoehtoa. Koska kuluttajille löytyy paljon ilmaisia aurinkosähkön mitoitusta ja kannattavuuden laskentaa helpottavia laskureita, otettiin vertailuun mukaan ”avaimet käteen” -pakettien lisäksi myös itse hankittu aurinkosähköjärjestelmä.

## 2 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

### 2.1 Toimintaperiaate

Aurinkosähköjärjestelmissä hyödynnetään auringonsäteilyä muuntamalla säteily niin kutsutun valosähköisen ilmiön avulla sähköenergiaksi. Valosähköisessä ilmiössä aurin-  
gon energia saa aurinkokennon puolijohteen elektronit irtautumaan atomiytimen vetovoimasta, luoden elektroni aukko-pareja ja sitä kautta jännitettä ja sähkövirtaa (Solarvoima, 2017). Tätä kutsutaan P-N liitokseksi (kuva 1).



KUVA 1. P-N liitos (ST40 2017, 11)

Auringon säteilyssä tuleva fotoni virittää puolijohteessa olevan elektronin ja saa sen liikkeelle muodostaen uuden elektroni-aukkoparin. Sisäinen sähkökenttä saa elektronin liikkumaan N-aineeseen (kohti positiivista) ja aukon P-aineeseen (kohti negatiivista). Kun fotonin virittämä elektroni eroaa aukosta, eikä sisäisen sähkökentän johdosta tapahdu näiden yhdistymistä, syntyy sähkövirta. Jos virittyminen kuitenkin tapahtuu kaukana tyhjennysalueesta, elektroni ja aukko yhdistyvät. Tästä syystä aurinkokennojen suunnittelussa pyritään siihen, että suurin osa säteilystä saadaan tyhjennysalueelle. Lisäämällä kontakti

aurinkokennoihin saadaan elektronit talteen ja muodostettua sähkövirtaa. ( ST40 2017, 11)

Komponenttitasolla ajateltuna aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, joka muunnetaan vaihtosuuntaajalla vaihtosähköksi. Markkinoilla olevat vaihtosuuntaajat ovat 1- tai 3-vaiheisia. Aurinkopaneeliketjuissa esiintyy yleisesti 360V - 800V tasajännite riippuen paneelimäärästä, joka muunnetaan kotitaloudessa käytettävään 230V - 400V vaihtosähköön.

## 2.2 Komponentit

Aurinkosähköjärjestelmän laitteisto määräytyy sen mukaan onko kyseessä on-grid vai off-grid-järjestelmä. On-grid järjestelmällä tarkoitetaan sähköverkkoon liitettävää laitteistoa, jolla on mahdollista myös siirtää sähköä takaisin jakeluverkkoon. Off-grid järjestelmällä tarkoitetaan sähköverkosta irti olevaa laitteistoa. Sen energiavarastona toimii akusto. Off-grid järjestelmä on yleisesti käytössä esimerkiksi mökeillä. (ST40, 2017, 43,44)



KUVA 2. On-grid-järjestelmä (Motiva, 2016)

Verkkoon liitettävässä On-grid -järjestelmässä (kuva 2) aurinkopaneeleilla tuotettu aurinkoenergia muunnetaan sähköenergiaksi. Sähköenergiaa käytetään talon sähkönkulutukseen ja kun auringosta saatava energia ylittää talon hetkittäiset kulutustarpeet yleensä esimerkiksi aurinkoisena keskipäivänä, siirretään ylijäämä sähköverkkoon.



### 2.2.1 Paneelit

Yleisin kaupallisissa aurinkopaneeleissa käytetty kennotyyppi on yksi- tai monikiteinen piikkeno (kuva3). Muita kennotyyppejä ovat ohutkalvo, moniliitos ja väriaineherkistetyt kennot. (ST40, 2017, 12)



KUVA 3. Monikiteinen aurinkopaneeli (Aurinkokauppa, 2019)

Kennojen kontaktit (useimmiten hopea) painetaan etu- ja takapinnoille, jolloin ne toimivat vastaavasti positiivisena ja negatiivisena elektronina. Paneelissa kennot on useimmiten juotettu yhteen sarjaan kytkennällä. Kennot koteloidaan ja pinnalle asennetaan lasi sekä taakse tarvittavat kaapeloinnit ja liittimet. Rakennelma kehystetään alumiinikehikolla kosteutta ja mekaanista rasitusta suojaamaan. (ST40 2017, 13)

Paneelien hyötysuhteesta puhuttaessa tarkoitetaan suhdetta prosentteina, jolla aurinkopaneelilla pystytään muuntamaan auringonsäteily sähköenergiaksi. Aurinkopaneelien hyötysuhde voidaan määrittellä kaavalla 1.

$$\eta = \frac{P}{SA} \cdot 100\%, \quad (1)$$

jossa  $P$  on paneelin teho,  $S$  auringonsäteilyn voimakkuus, ja  $A$  paneelin pinta-ala. Esimerkiksi 250 W paneelin hyötysuhde auringonsäteilyn voimakkuuden ollessa 1000 W/m<sup>2</sup>

ja pinta-alan  $1,7 \text{ m}^2$  on 15 %. Hyötysuhde yksikidepaneeleilla STC – olosuhteissa on tällä hetkellä noin 15 – 20 % ja monikidepaneeleilla noin 13 - 16 %. (ST40, 2017, 12)

Verratessa yksikide- ja monikidepiipaneeleja suurin ero on yksikidepiin parempi hyötysuhde. Yksikidepiipaneeli on tosin myös kalliimpi ja se on herkempi lialle ja varjostumille. Tyypilliset tämän hetken kaupalliset aurinkopaneelit ovat teholtaan noin 250 - 350 Wp (Aurinkosähkökauppa, 2019). Ulkoisesti paneelit eroavat toisistaan monikidepaneelien ollessa sävyiltään sinisiä, yksikidepaneelit mustan sävyisiä.

## 2.2.2 Invertteri

Yleisesti invertterit ovat aurinkosähköjärjestelmien laitteita joihin paneelit kytketään ja keskitetään usein kaikki järjestelmän tärkeimmät toiminnot. Invertteri -termillä voidaan tarkoittaa verkkoliityntälaitetta, vaihtosuuntaajaa, varaajavaihtosuuntaajaa tai akkusäädintä riippuen järjestelmän kokoonpanosta. (ST40 2017, 49, 50)



KUVA 4. SMA aurinkosähköinvertteri (Aurinkopaneelikauppa, 2019)

Sähkötekniikan termein invertteri eli vaihtosuuntaaja nimensä mukaisesti muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasasähkön sähköverkossa käytettäväksi vaihtosähköksi. Suomessa invertteri (kuva 4) kytketään sähköverkkoon verkkoyhtiön mittarin jälkeen kiinteistön kulutuslaitteiden rinnalle, jolloin järjestelmästä tulee yksinkertainen ja edullinen. Invertterien tehot vaihtelevat käyttökohteen mukaan. 1,5 kVA ja 2,5 kVA tehoiset 1-vaiheinvertterit sopivat pieniin aurinkosähköjärjestelmiin, esimerkiksi vapaa-ajan asuntoihin tai veneeseen. 3-12 kVA tehoiset invertterit sopivat 3-vaiheisina erityisesti kotikäyttöön.

15-50 kVA tehoiset invertterit sopivat erityisesti maatala- ja yrityskäyttöön. (Aurinkovirta, 2019)

### **2.2.3 Akusto**

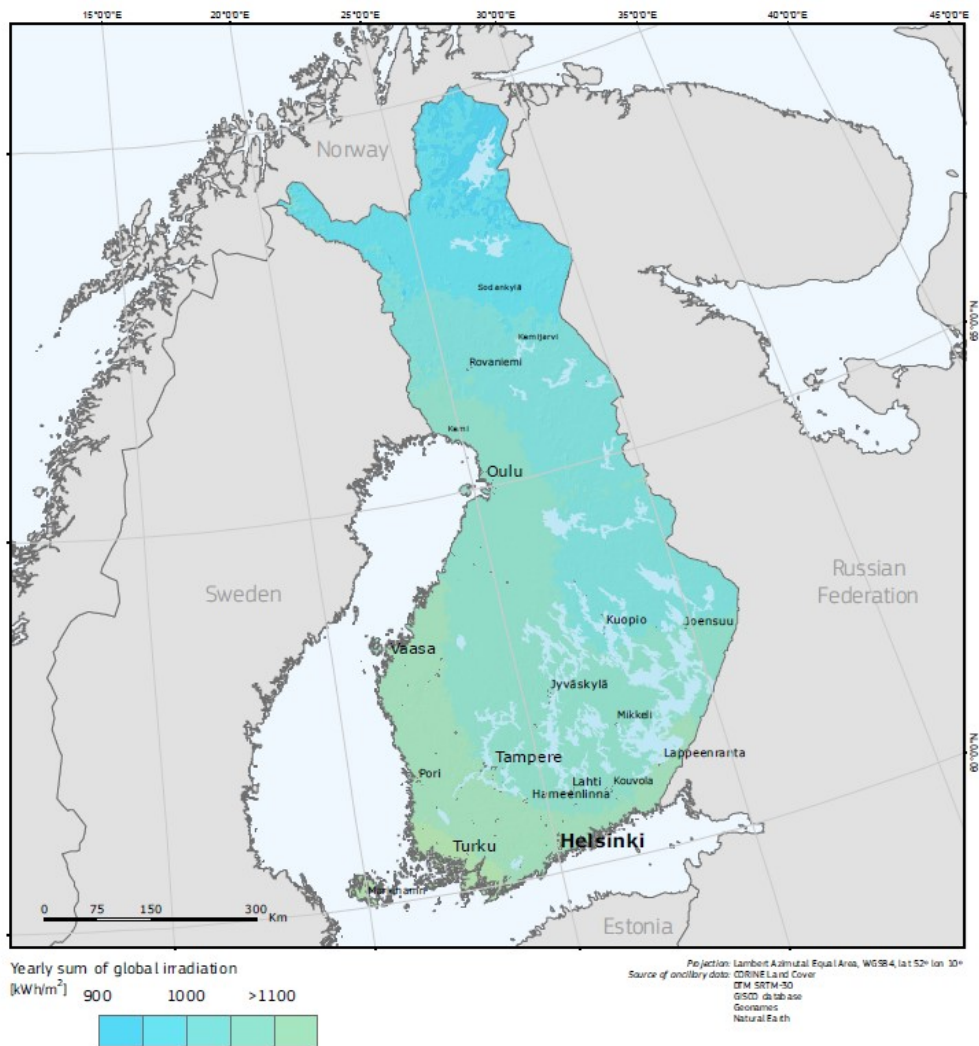
Akustolla varastoidaan auringonsäteilystä saatava energia mahdollista myöhempää käyttöä varten. Toistaiseksi akustot ovat nykyisin vielä enimmäkseen mökkijärjestelmän osa, sillä niistä ei saada merkittävää hyötyä On-grid-järjestelmissä. Tekniikan kehittyessä ja akustojen hintojen laskiessa sekä energian hinnan noustessa erilaiset ratkaisut tulevat lisääntymään. (ST40 2017, 55)

### **2.2.4 Turvalaitteet**

Verkkoon kytkettävä aurinkotuotantolaitos on oltava erotettavissa verkosta, joten se on aina varustettava vähintään pakollisella turvakytkimellä. Turvakytkin on sijoitettava paikkaan, johon verkkoyhtiöllä on vapaa pääsy. (Motiva, 2016)

### 3 AURINKOENERGIA SUOMESSA

Auringontuoton potentiaali on Suomessa huomattavasti luultua suurempi ja Etelä-Suomessa jokainen neliömetri vastaanottaa noin 1000 kilowattituntia aurinkosäteilyä. Ainoastaan joulu-tammikuussa auringonenergiaa ei juurikaan saada talteen. (ST ohjeisto 15, 26)



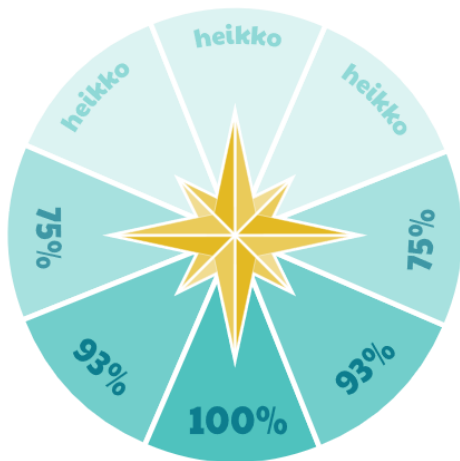
KUVA 5. Vuosittainen auringon säteily määrä vaakasuoralle pinnalle Suomessa kWh/m<sup>2</sup> (JRC, European commission, 2017)

Auringontuotto on parhaimmillaan Etelä-Suomessa. Tuotto on vastaavaa kuin esimerkiksi Pohjois-Saksan leveyspiirillä. Pohjoisempaan mennessä vuotuinen tuotto on noin 800 kWh/m<sup>2</sup>. (Motiva, 2018)

### 3.1 Olosuhteiden vaikutukset

Aurinkosähkön hyödyntäminen täyteen potentiaaliinsa mahdollistetaan sijoittamalla paneelit mahdollisimman varjottomaan paikkaan. Aurinkopaneelin sarjakytkeiden takia mikään kenno ei saa jäädä varjoon, sillä pienikin varjostuma heikentää koko paneelin tuotantoa. Paras hyöty ja suurin energiantuotto saadaan, kun paneelit saavat tasaisesti säteilyä ja ne sijoitetaan niin korkealle kuin mahdollista kauas puista ja muista esteistä. (Aurinko-opas 2008, 15.)

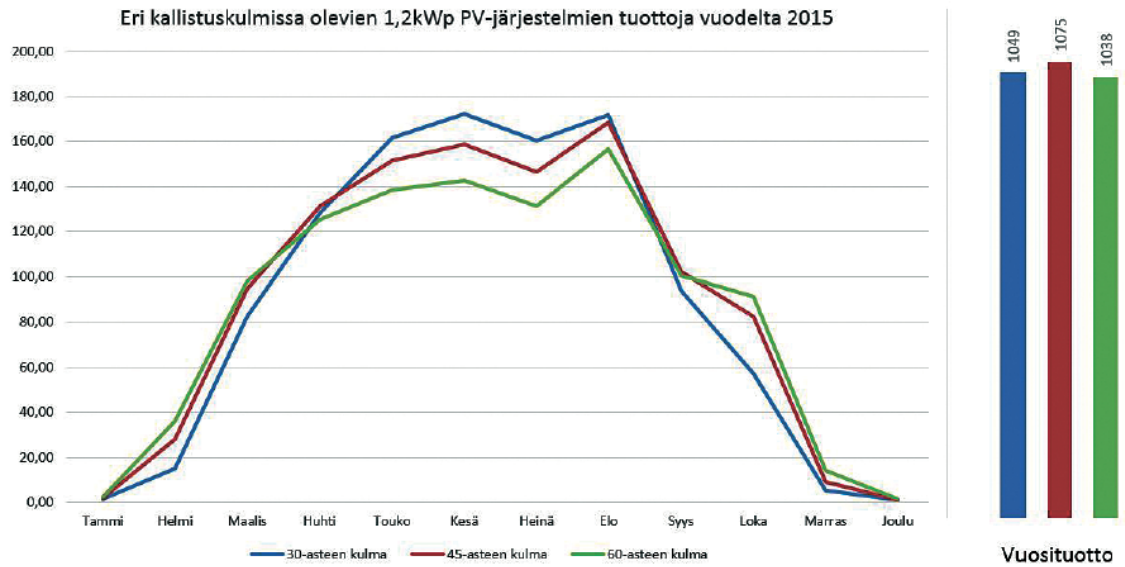
Kiinteästi asennettava järjestelmä suunnataan yleensä etelään kohti päiväntasaajaa. Jos edessä on esim. varjostava talo tai muu este, voidaan järjestelmä suunnata myös itään tai länteen. Tällöin kuitenkin energiantuotto jää pienemmäksi kuin optimaalisella suunnauksella (kuva 6). (Aurinko-opas 2008, 15.)



KUVA 6. Ilmansuuntien vaikutus aurinkopaneelien tuottoon (Aurinkosahkoakotiin, 2019)

Paneelien kallistuskulma vaikuttaa myös aurinkosähköjärjestelmän vuosituotantoon. Kallistuskulma määrittää paneelien astekulman horisonttiin nähden. 0° paneelit ovat vaakatasossa, 90° pystyssä. (ST40, 2017, 19.)

Aurinkoenergiälaitteesta saadaan paras teho silloin, kun säteily tulee kohtisuoraan eli kun tulokulma on 0°. Laitteen kallistuskulmaa pitäisi säätää, koska auringon korkeus horisontilta vaihtelee eri vuoden aikoina. Paras kallistuskulma on sama kuin leveysaste. Tällöin laite antaa aina keskipäivällä ja kesäaikaan parhaan maksimaalisen tehon. (Aurinko-opas 2008, 15.)



KUVA 7. Kallistuskulmien vaikutus tuottoon (ST40, 2017, 21)

Kuvassa 7 on eri kallistuskulmissa olevien 1,2 kWp järjestelmien vuosituottoja. Parhaaseen vuosituottoon päästään Suomen alueella paneelin kallistuskulman ollessa 30° ja 60° välissä. Muutoin tuotto heikkenee merkittävästi. (ST40, 2017, 20)

## 4 LUVAT JA LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä kappaleessa käsitellään asioita, joita on hyvä ottaa huomioon ennen aurinkosähköjärjestelmän hankintaa omakotitaloon liittyen lupiin ja lainsäädäntöihin. Kohteen sijaitessa Hämeenlinnassa, on kappaleessa selvitetty myös paikkakuntaan liittyvät säädosasiat.

### 4.1 Toimenpidelupa

Maankäyttö ja rakennuslain 1.5.2017 voimaan astunut lakimuutos mahdollistaa ettei aurinkopaneelien ja –keräimien asennusta varten lähtökohtaisesti tarvitse toimenpide- eikä rakennuslupaa. Lupaa voidaan edellyttää, jos rakennus tai rakennuspaikka sijaitsee rakennushistoriallisesti, kaupunkikuvallisesti tai maisemallisesti arvokkaalla alueella. Lisäksi harvaan asutulla alueella lupaa voidaan edellyttää, mikäli aurinkopaneelilla on vaikutusta naapurikiinteistöön esimerkiksi syntyvistä heijastuksista tai jos aurinkopaneeliryhmä joudutaan asentamaan lähelle naapurikiinteistön rajaa. (Lähienergia, 2017)

Lupien vaatimus on hyvä tarkastaa etukäteen kunnan rakennusvalvonnasta. Tämä koskee myös erityisesti rintamamiestaloja, sillä joissain kunnissa osa taloista kuuluu suojeltujen alueiden piiriin. Hämeenlinnan kaupungin rakennusjärjestys säädoskokoelmasta selviää, että kyseinen kohde ei vaadi erillistä toimenpidelupaa. Tämä edellyttää, että paneelit asennetaan lappeen suuntaisesti ja paneeleita ei asenneta talon katujulkisivulle. (Hämeenlinnan kaupungin rakennusjärjestys, 2019)

### 4.2 Liityntä sähköverkkoon

Verkkoon kytkettävä aurinkosähköjärjestelmä tarvitsee aina liittämisluvan sähköverkkoyhtiöltä. Ennen hankkimispäätöstä on hyvä olla yhteydessä sähköverkkoyhtiöön, jotta saadaan varmuus järjestelmän soveltuvuudesta liitäntäpaikkaan. Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto saattaa edellyttää muutoksia sähköverkkoyhtiön mittauslaitteistoihin tai vahvistuksia sähköverkkoon. Tiedot verkkoon liitettävästä järjestelmästä toimitetaan verkkoyhtiölle erillisellä lomakkeella, jonka yleensä sähköurakoitsija täyttää ja toimittaa. (ST40, 2017, 68.)

### 4.3 Asennukset ja sähkötyöt

Sähkötyöt verkkoon kytketyissä (AC 230V) aurinkosähköjärjestelmissä saa tehdä vain sähköasennusoikeudet omaava yritys. Järjestelmille on tehtävä aina käyttöönottotarkastus. Sähköurakoitsija tarkastaa aina itse asennukset ennen käyttöönottoa. Ulkopuolinen varmennustarkastus ei ole pakollinen alle 35 A nimellisvirran asennuksissa omakotitaloissa ja vapaa-ajan asunnoissa. (Motiva, 2018)



## 5 MITOITUS JA SUUNNITTELU

Jotta aurinkosähköjärjestelmästä saadaan maksimaalinen hyöty irti kohteessa, on hyvä suunnittelu erityisen tärkeää. Kohteen suunnittelun apuna käytetään ilmaista Finsolar-kannattavuus- ja mitoituslaskuria. Finsolar on vuonna 2015 perustetun Finsolar-hankkeen tuotos, joka auttaa hahmottamaan suunnitellun aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuutta kiinteistön käyttäjälle.

Aurinkosähköjärjestelmää mitoittaessa lähtökohtana pidetään sitä, että suurin osa tuotosta hyödynnetään omassa kulutuksessa ja sähköverkkoon myytävä osuus jää pieneksi kokonaistuotantoon verrattuna. Tämä on usein taloudellisesti kannattavinta. (Motiva, 2018)

Eri tapoja järjestelmän mitoituksen laskemiseen on useita. Verkkoon kytketyissä kohteissa mitoituksen lähtökohtana voi olla

- pohjakulutukseen perustuva mitoitus
- keskimääräinen tai enimmäiskulutus kesällä
- nettonollaenergiamitoitus (keskimääräinen kulutus vuoden aikana)
- käytettävissä oleva katto-, seinä- tai maapinta-ala
- järjestelmään käytettävä rahamäärä (Motiva, 2018)

Yleisin keino aurinkosähköjärjestelmän tehon mitoittamiseen On-grid-järjestelmässä on selvittää asennettavan järjestelmän vuotuinen auringontuotto ja mitoittaa auringontuotto vastaamaan mitoitettavan kohteen kesäajan pienintä kulutusta. Tarkastelu on hyvä toteuttaa mahdollisuuksien mukaan seuraamalla kohteen tuntikohtaisia kulutuksia. Näin saadaan mitoitettua järjestelmä, jonka tuotosta suurin osa saadaan kulutettua kohteessa ja se on näin ollen kannattavin. (ST40, 2017, 77)

## 6 CASE-KOHTEEN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS

Tässä luvussa vertaillaan kolmen eri tehoisen järjestelmän auringontuottoa, joista mitoitetaan kannattavin ratkaisu kohteeseen. Suunniteltava aurinkosähköjärjestelmä on tarkoitettu sijoittamaan Hämeenlinnassa sijaitsevaan 1950-luvun alussa rakennettuun rintamamiestalon (kuva 8). Talo pysyy lämpimänä sähkölämmityksellä eli irrallisilla ja kiinteillä sähköpattereilla. Lisälämmityksenä varsinkin talvisin käytetään talosta löytyvää takkaa. Talo on kooltaan noin 90m<sup>2</sup>.



KUVA 8. Kohderakennus

Vuotuinen sähkönkulutus kohteessa on noin 15 000 kWh. Sähkönkulutus on korkeimmillaan sähkölämmityksestä johtuen talvisin.

### 6.1 Olosuhteiden vaikutukset

Kohteen ympäristö on hyvä paneelien asentamisen kannalta. Isompia puita on karsittu pihalta, jotta varjostumat saadaan mahdollisimman vähäisiksi. Poikkeama etelästä eli niin sanottu atsimuuttikulma on noin -45 °. Katon lape, johon paneelit on tarkoitettu sijoittamaan, on siis hieman kaakkoon päin etelästä katsoen. Auringonvalosta ei täten saada aivan optimaalisinta hyötyä kuin jos paneelit olisivat etelää kohti, mutta laskennoissa kulman vaikutus oli marginaalinen.

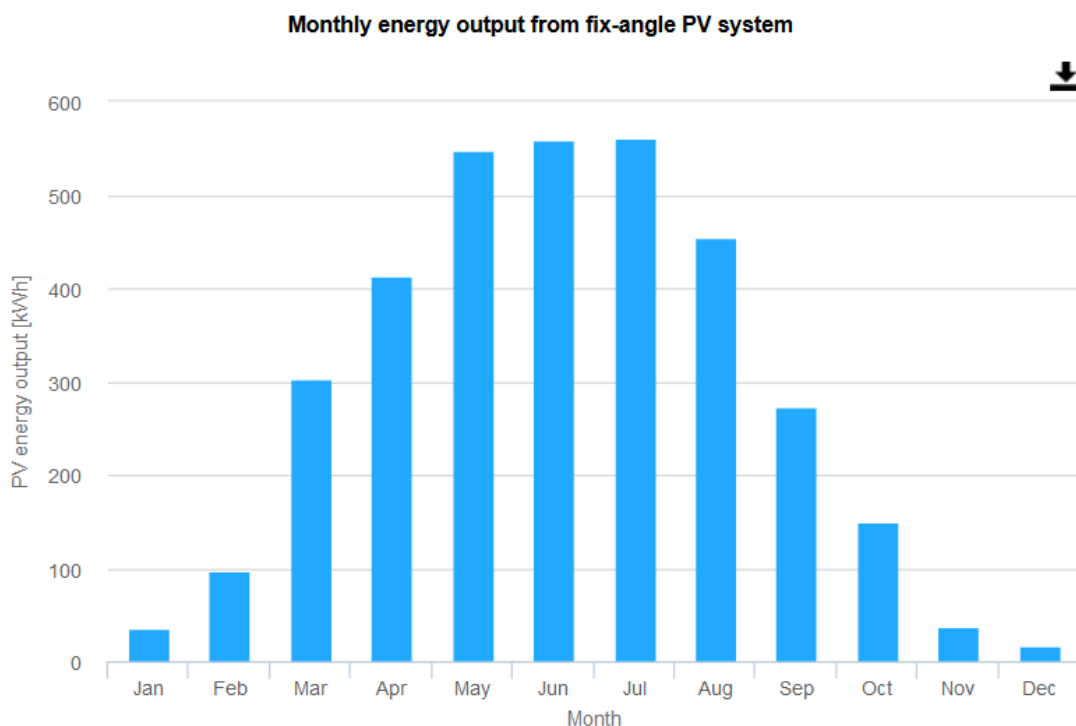


KUVA 9. Kohderakennus ilmasta ja paneelien asennuspaikka (Google Maps, 2019)

Yllä olevassa kuvassa 9 näkyy punaisella viivoilla rajattuna talon lape johon paneelit on tarkoitus sijoittaa. Lappeen kaltevuus on 30°.

## 6.2 Mitoitus

Mitoitusta varten on ensin saatava selville kohteen sijainnin mukainen auringonsäteilyn energiantuotto. Auringontuoton energian arvioimiseen käytettiin Euroopan komission ylläpitämää PVGIS-laskuria (Photovoltaic Geographical Information System). Ohjelmalla saadaan selvillä yksityiskohtaiset arviot vuosituotosta ja kuukausituotoista kohteen tarkan sijainnin mukaan. Ohjelma laskee arvot syötetyn esitiedon kuten käytetyn paneeliston tyyppin, tehon, kallistuskulman ja ilmansuunnan mukaan. Mitoitusta varten auringontuotto laskettiin kolmella eri tehoisella järjestelmällä. Esimerkkikuva PVGIS-laskurista löytyy liitteestä 1.

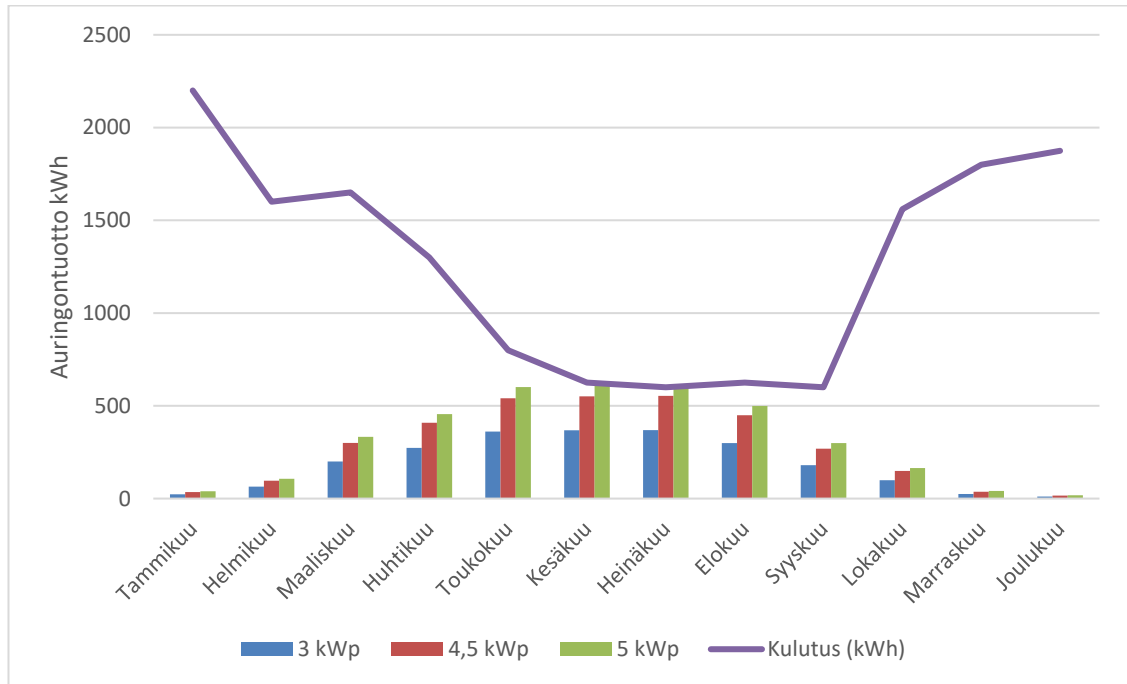


KUVA 10. Auringontuotto kohteessa kuukausittain 4,5 kWp järjestelmällä (PVGIS)

Yllä olevassa kuvassa 10 näkyy laskettu auringon energiantuotto kohteen sijainnin mukaan 4,5 kWp järjestelmällä. Auringontuotto vaihtelee ajankohdan mukaan 16 – 558 kWh/kk. Vuotuinen energiantuotto on noin 3400 kWh. Esitietoina laskelman luomiseen on käytetty kohteen mukaisesti:

- paneelien kallistuskulma 30°
- poikkeama etelästä -45°
- järjestelmän teho 4,5 kWp
- tehohäviö arvioitu 15 %

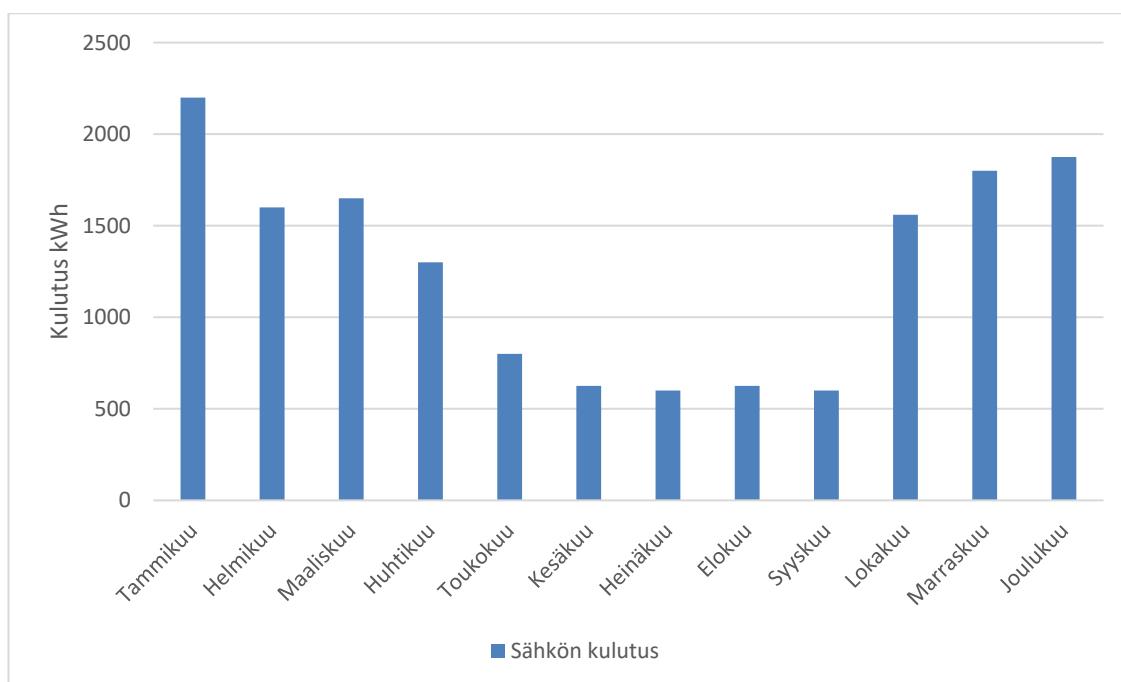
Tehohäviö on arvio aurinkopaneelien, invertterin ja muiden komponenttien kuten kaapeloinnin tuottamista häviöistä. Vertailun vuoksi mitoitusta varten auringontuotto sijainnissa laskettiin myös 3 kWp ja 5 kWp järjestelmällä. Saadut auringontuoton arviot voidaan syöttää Finsolar –laskuriin, jolloin saadaan selville paras ja kannattavin vaihtoehto kyseiseen kohteeseen.



KUVA 11. Auringontuotto kuukausittain

Kuvassa 11 on 3 - 5 kWp järjestelmien kuukausittaiset tuotot kohteen sijainnilla. Kuvassa näkyy myös vertailukohtana kohteen sähkönkulutus. Vuosituotot vaihtelevat 2270 – 3780 kWh välillä.

Mitoituksen lähtökohtana on, että suurin osa tuotettavasta sähköenergiasta tuotetaan omaan käyttöön. Mitoitusta varten käytetään pohjatietona sähköverkkoyhtiöltä saatavaa sähkönkulutuksen vuosiraporttia, josta selviää kohteen kuukausittainen sähkönkulutus edellisen vuoden ajalta (kuva 12).



KUVA 12. Kohteen sähkönkulutus vuositasolla

Kohteessa käytetään niin sanottua pohjakulutukseen perustuvaa järjestelmän mitoitusta. Mitoituksessa selvitetään ajankohta jolloin on pienin kokonaiskulutus. Tarkempaan arviointiin päästään, jos saadaan selville kohteen tuntikohtainen kulutus. Kohteesta ei kuitenkaan tarkkaan ollut mahdollista saada tätä selville, joten mitoituksen perustana käytettiin kuukausikohtaista kulutusta. Kuvasta 12 katsomalla ajankohdaksi osoittautuu heinäkuu, jolloin kulutus on 600 kWh/kk. Kohteessa suurin osa sähkönkulutuksesta osuu päivä- ja ilta-aikaan, joka on otollisinta aurinkopaneeleita hyödynnettäessä.

Aurinkopaneeleita varten käytettävää pinta-alaa katolla on noin 28 m<sup>2</sup>, mikä myös rajoittaa järjestelmän mitoitusta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että katolle voidaan asentaa maksimissaan 14 paneelia. Lappeessa, johon paneelit olisi tarkoitus sijoittaa, on myös keskellä kulkevat tikkaat, joten paneelit on sijoitettava kahteen eri osioon eri puolille tikkaita.

TAULUKKO 2. Järjestelmien tuotto verrattuna kulutukseen kuukausittain

Kuukausi	3,5 kW	4,5 kW	5 kW	kulutus kWh
Tammikuu	23,5	35,2	39,2	2200
Helmikuu	64,3	96,4	107	1600
Maaliskuu	200	300	333	1650
Huhtikuu	273	409	455	1300
Toukokuu	361	541	601	800
Kesäkuu	368	551	613	625
Heinäkuu	369	554	615	600
Elokuu	299	449	499	625
Syyskuu	180	269	299	600
Lokakuu	99	149	165	1560
Marraskuu	24,5	36,8	40,9	1800
Joulukuu	10,5	15,9	17,7	1875

Yllä olevaan taulukkoon 2 on koottu eri tehoisten järjestelmien auringosta saatava energiantuotto ja kohteen sähkönkulutus kuukausittain. Aiempi kuva 11 selventää arvoja kuvaajan muodossa. Kannattavuuden kannalta hyödyllisin järjestelmä on silloin, kun suurin osa tuotosta saadaan omaan käyttöön ja ylijäämäsähköä jää mahdollisimman vähän myytäväksi. Taulukosta katsoen voidaan päätellä, että heinäkuun kohdalla kun sähkönkulutus kohteessa on pienintä (600 kWh), alkaa 5 kW järjestelmä olemaan jo hieman ylimitoitettu (615 kWh). Tällöin myyntisähkön osuus kasvaa ja kannattavuus heikkenee. Tästä syystä 4,5 kW järjestelmä on parempi valinta kyseiseen kohteeseen. Lisäksi aiemmin mainittu käytettävä pinta-ala tulee ongelmaksi 5 kW järjestelmälle, sillä yleisesti ottaen myytävät 5 kW järjestelmät vaativat 20 paneelia. Katolle mahtuu enintään 14 paneelia, joten 4,5 kW on maksimi myös asennuspinta-alan puolesta.

### 6.3 Omakäyttöosuuden optimointi

Jos tehon valinta tehdään pelkän auringontuoton perusteella, kuten yllä tehtiin, on yleensä silti hetkiä jolloin auringontuotto on huomattavasti isompaa kuin kulutus. Yleensä omakotitaloissa tämä hetki on keskipäivä. Parhaimman kannattavuuden kannalta sähkön omakäyttöosuuden on oltava mahdollisimman suuri. Tähän päästään siirtämällä kaikki mahdollinen sähkönkulutus päiväaikaan, jolloin aurinkovoimalla tuottaa eniten. Hyviä keinoja omakotitalossa on esimerkiksi siirtää lämminvesivaraajan lämmitystä päivälle. Lisäksi

suuren tehonkulutuksen omaavien laitteiden, kuten pesukoneiden, käyttöä voidaan ajastaa käytettäväksi päivemmällä. Mikäli talosta löytyy esimerkiksi ilmalämpöpumppu, saadaan aurinkosähköllä pudotettua myös kesän keskipäivien talon ilmanviilennykseen meneviä sähkökuluja.



## 7 JÄRJESTELMIEN VERTAILU

Järjestelmiä vertailtaessa kannattavuuslaskelmien apuna käytettiin Finsolar -kannattavuuslaskuria. Laskurilla saadaan hyvä laskennallinen arvio investoinnin kannattavuudesta ja takaisinmaksuajasta. Laskurilla on myös hyvä vertailla erikokoisten järjestelmien eroavaisuuksia kannattavuuden suhteen. Alla oleviin kappaleisiin on koottu laskelmiin vaikuttavia tekijöitä ja lopuksi vertaillaan muutaman eri kohteen alueelle aurinkoenergiaa tarjoavien yhtiöiden eritehoisia järjestelmiä. Näitä vertaillaan lisäksi itse hankittuun järjestelmään, johon sähköurakointi tilattaisiin erikseen.

### 7.1 Sähkön osto ja myynti

Kohteessa sähkön kuluttajahinta eli sähköenergian ja sähkönsiirron ostohinta veroineen on 14 snt/kWh. Kannattavuuslaskelmia tehdessä otetaan huomioon myös arvio ostosähkön vuosittaisesta hinnannoususta. Näissä laskelmissa arviona on käytetty 1,0 % /vuosi.

Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon vaihtelee välillä 2-6 snt/kWh pörssihinnan mukaisesti ja sähköyhtiökohtaisesti. Sähköstä maksetaan niin sanottu spot-hinta eli pohjoismaisen sähköpörssin (Nord Pool Spot) ilmoittama tuntikohtainen Suomen hinta-alueen hinta. Yleensä kuitenkin spot-hinta on alhaisimmallaan juuri kesäaikaan, jolloin aurinkosähköä eniten tuotetaan. Laskelmissa käytettiin vuoden 2019 helmikuun spot-hintaa, mikä Suomen alueella oli 5.8 snt/kWh.

### 7.2 Investointikustannukset

Järjestelmän investointikustannuksiin lasketaan laitteet, asennus ja mahdollinen arvonsävero. Tarkemmat investointikustannukset on koottu kappaleeseen vertailu ja kannattavuus.

Investointikustannuksia laskettaessa on hyvä myös huomioida aurinkosähköjärjestelmän osalta saatava kotitalousvähennys, joka on tällä hetkellä 50 % asennuksien osuudesta.

Kotitalousvähennystä ei saa työn osalta esimerkiksi matkakuluista tai tarvikkeista. Vähennys on henkilökohtainen ja sitä voi saada maksimissaan 2400 euroa vuodessa tai puolison kanssa yhteensä 4800 euroa. (Verohallinto, 2019)

### 7.3 Kannattavuuden laskentaan vaikuttavia tekijöitä

Muita kannattavuuden laskentaan vaikuttavia tekijöitä ovat mahdolliset ylläpitokulut, esimerkiksi mahdollinen laitteiston hajoaminen, kuten invertterin vaihtokustannus, jonka oletetaan mahdollisesti tapahtuvan aurinkosähköjärjestelmän elinaikana. Laskelmissa kuiluiksi on arvioitu 10 % hankintahinnasta.

Aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen sähköntuotanto heikkenee ajan myötä ja Fraunhofer-instituutin tekemän tutkimuksen perusteella laskennoissa otetaan tämä huomioon. Tuoton oletetaan heikkenevän noin 0,5 % /vuosi. (Fraunhofer ISE, 2015)

Investoinnin laskennoissa on mahdollista huomioida korko, jonka oletetaan tulevan esimerkiksi pankin korkokuluista. Laskennoissa on käytetty korkoarvona 2,0 %. Lopputuloksissa on kuitenkin huomioitava, että tämä kasvattaa merkittävästi takaisinmaksuaikaa ja laskee investoinnin kokonaistuottoa vertailuajalla.

### 7.4 Takaisinmaksuaika

Aurinkosähköjärjestelmän keskimääräinen käyttöikä on noin 30 vuotta ja järjestelmä on hyvin toimintavarma. Sijoituksena järjestelmä on hyvä ja takaisinmaksuaika ei täten yksistään anna oikeaa kuvaa aurinkoenergiainvestoinnin kannattavuudesta. (ST40 2017,66)

### 7.5 Vertailu ja kannattavuus

Finsolar-laskurilla vertailtiin lopuksi järjestelmiä, jotka teholuokaltaan vastaavat lähimpänä edellä vertailtuja ja ovat sopivimpia kohteeseen tehonsa puolesta. Järjestelmät ovat ”avaimet käteen” paketteja kahdelta eri kohteen alueelle järjestelmiä toimittavalta yhtiöltä sekä kaksi eri tehoista itse hankittua pakettia. ”Avaimet käteen” paketit sisältävät asennuksen, suunnittelutyön, tarkastukset, käyttöönoton sekä käytönopastuksen. Itse hankittuna sähköurakoitsija hoitaa asennuksen, tarkastukset ja käyttöönoton. Eroavaisuuksia paketeissa on myös komponenttien osalta.

TAULUKKO 3. Järjestelmien tekniset tiedot

Järjestelmä	Paketti 1 (1)	Paketti 2 (1)	Paketti 3 (2)	Oma hank- kima 1	Paketti 4 (1)	Oma hank- kima 2
Teho (kWp)	3	3,6	3,3	3	4,2	4,2
Paneelien määrä ja teho (Wp)	10x300	12x300	12x280	10x275	14x300	14x275
Paneelien pinta- ala m <sup>2</sup>	20	24	24	20	26	26
Paneelityyppi	Yksikide PERC	Yksikide PERC	Yksikide	Monikide	Yksikide	Monikide
Hinta asennuksi- neen €	6950	7490	6500	6000	8500	6850
Hinta € (mukaan lukien kotita- lousvähennys)	6000	6500	5600	5000	7400	5850

Yllä olevaan taulukkoon 3 on koottu eri järjestelmien tekniset tiedot. Järjestelmä rivin kohdalla suluissa oleva (1) tarkoittaa aurinkosähköjärjestelmää ”avaimet käteen” –pakettina toimittavaa yritystä 1 ja (2) tarkoittaa yritystä 2.

Järjestelmiä ”avaimet käteen” -periaatteella toimittavan yrityksen 1 paketit koostuvat seuraavista komponenteista:

- Paneelit Jinko Cheetah 300Wp (3,0 ja 3,6 kW järjestelmät) yksikide PERC (Passivated Emitter and Rear Contact), Sharp 300Wp yksikide (4,2 kWp järjestelmä)
- SMA Tripower verkkoinvertteri, hyötysuhde 98%
- Paneeleilla valmistajan 10 vuoden tuotetakuu ja 25 vuoden tehontuottotakuu
- Verkkoinvertterillä 5 vuoden takuu SMA:lta

Järjestelmiä ”avaimet käteen” –periaatteella toimittavan yrityksen 2 paketit koostuvat seuraavista komponenteista:

- Solarwatt ECO 60m 280Wp yksikidepaneelit
- Fronius Symo 3.0 verkkoinvertteri, hyötysuhde 98%
- Paneeleilla valmistajan tuotetakuu 12 vuotta ja tehonantotakuu 25 vuotta

- Verkkoinvertterillä takuu 7 vuotta

Itse hankitut paketit otettiin vertailuun Aurinkosahko.net aurinkosähköjärjestelmiä toimittavan yrityksen kautta. Aluksi komponentit oli tarkoitus tilata erikseen Suomen alueelta, mutta hintaero jäi niin pieneksi verrattuna yrityksen tarjoamiin valmiisiin paketteihin, ettäärkevintä vertailuun oli ottaa edellä mainitut paketit. Järjestelmät sisältävät:

- JASolar monikidepaneelit 275W
- Fronius Symo M Invertteri, hyötysuhde 98%
- Kiinnikkeet ja telineet peltikatetta varten
- Asennustarvikkeet
- Paneeleilla 10 vuoden tuotetakuu ja 25 vuoden tehontuottotakuu
- Verkkoinvertterillä 5 vuoden takuu

Pienemmät yrityksen 1 järjestelmät käyttävät muihin vertailtuihin järjestelmiin verrattuna uudempaa yksikidepaneelityyppiä. Tämä on huomioitu laskennoissa paremmalla hyötysuhteella, jolla säteily määrä saadaan talteen. Hyötysuhde määriteltiin arviona paneelien valmistajien ilmoittaman hyötysuhteen ja muiden järjestelmän hyötysuhdetta rajoittavien tekijöiden mukaan. Finsolar - laskuriin syötettynä arviona yksikidepaneelityyppien omaavilla järjestelmillä käytettiin hyötysuhdetta 14 % ja monikiteisellä 13 %. Hyötysuhde määrittää laskennoissa merkittävästi järjestelmän vuosituottomäärään. Käytetyillä hyötysuhteilla vuosituottomäärät ovat lähellä järjestelmiä toimittavien yritysten ilmoittamia.

Hintoihin sisältyy asennus- ja sähkötyöt. Kannattavuuslaskelmia varten asennuskustannuksien osalta on huomioonotettu kotitalousvähennys, joka kattaa 50 % asennuksien osalta. Laskelmissa ei otettu huomioon mahdollisia jyrkän työn lisiä tai telinevuokria. Itse hankittuihin järjestelmiin kuuluva sähköurakointi on tarjous paikalliselta sähköurakointiyritykseltä, 2100 € (alv 24 %), josta noin puolet saa kotitalousvähennyksiin.

Alta löytyvään taulukkoon 4 on koottu kannattavuuslaskelmien tulokset. Järjestelmän kohdalle suluissa merkitty (1) tarkoittaa aurinkoenergiaa tarjoavaa yritystä 1 ja (2) tarkoittaa yritystä 2. Liitteessä 2 on yrityksen (1) 3 kW järjestelmän kannattavuuden laskelmatulokset esimerkkinä.

TAULUKKO 4. Aurinkosähköjärjestelmien vertailutuloksia

Järjestelmä kW	3 (1)	3,6 (1)	4,2 (1)	3,3 (2)	oma 3,3	oma 4,2
Hyötysuhde % (arvio)	14	14	14	14	13	13
Omakäyttöosuus % (arvio)	95	85	80	90	90	80
Vuosituotto kWh/v	2675	3145	3615	2900	2725	3380
Aurinkosähkön ylijäämäosuus %	12	19	28	16	13	22
Aurinkosähkön osuus kulutuksesta %	15	17	17	16	16	17
Järjestelmän hinta €/W	2,3	2,1	2,0	1,7	1,5	1,4
Hinta/kWp	2317	2081	2024	1870	1455	1381
Keskimääräinen säästö €/v	302	320	329	288	275	322
Nettotuotto (30v) €	1699	2225	2302	2739	3188	3563
Takaisinmaksuaika (v)	22	21	22	18	16	17

Tarkasteltava aikaväli on 30 vuotta. Omakäyttöosuus prosentteina on arvio kohteen tämän hetkiseen sähkönkulutukseen verraten. Omakäyttöosuuden pienentyessä aurinkosähkön myyntiin menevä ylijäämäosuus kasvaa. Tämä pidentää takaisinmaksuaikaa. Yrityksen 1 tarjoamat uudemmat paneelimalit nostavat hieman vuosituottoa tehoon nähden, mutta samalla järjestelmien hinnat ovat korkeammat muihin verrattuna. Järjestelmistä on hyvä huomioida, että hinta/kWp pienenee tehon kasvaessa. Myyntiin menevän sähkön osuus jo 3 kWp järjestelmällä on laskelmien mukaan 12 %, joten tämän hetken arvioidulla kohteen tehonkulutuksella vielä pienempikin järjestelmä olisi luultavasti kannattavampi.

## 8 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli selvittää aurinkosähköjärjestelmän tuomia mahdollisuuksia energiakulujen vähentämiseen Suomen olosuhteissa. Tutkinnan kohteena oli 1950-luvun alussa rakennettu rintamamiestalo. Koska aurinkosähkön tuotto on riippuvainen kohteen sijainnista, paneelien suuntauksesta ja useasta muusta osatekijästä, ei kyseisen kohteen tuloksia voida verrata suoraan muihin vastaaviin kohteisiin. Omakäyttöosuus oli karkea arvio kohteen tämänhetkisestä sähkönkulutuksesta. Tarkempaan lopputulokseen olisi päästy, jos tarkastelu olisi tehty tuntikohtaisena. Koska aurinkosähkön ylijäämäosuus on 3 kWp järjestelmällä jo 12 %, olisi tarkasteluun hyvä ollut ottaa mukaan pienempikin järjestelmä.

Talviolosuhteet ovat Suomessa tuotetun aurinkosähkön kannalta heikkous. Päivät ovat lyhyet ja valon määrä pientä. Lisäksi paneelit peittyvät keskitalven aikana lumen alle mikäli niitä ei päästä puhdistamaan kunnolla ja tuotanto lähentelee nollaa. Paras hyöty aurinkosähköjärjestelmistä saadaan, kun kohteen sähkönkulutus on ympäri vuoden yhdenmukaista. Täten esimerkiksi toimistotiloissa, kaupoissa tai koulurakennuksissa aurinkosähköstä saatavaa hyötyä on huomattavasti suurempi kuin omakotitaloissa, sillä järjestelmä voidaan mitoittaa isommaksi keskimääräisen ympärivuotisen kulutuksenkin ollessa suurempi.

Kohteessa laskelmien mukaan järjestelmän tehosta riippuen saataisiin katettua noin 15 – 17 % vuotuisesta sähkönkulutuksesta aurinkoenergialla. Tarkasteltavan 30 vuoden aikavälillä kohteen tämänhetkisestä sähkölaskusta saataisiin vuosittain karsittua keskimäärin noin 300 - 400 euroa. Kannattavinta kohteessa on tämänhetkisen sähkönkulutuksen perusteella pienempi 3 kWp tehoinen järjestelmä, mutta mahdollinen sähkönkulutuksen kasvu tulevaisuudessa olisi hyvä peruste sijoittaa valmiiksi tehokkaampaan järjestelmään. Tällä hetkellä kesällä päivisin kulutusta ei juuri muodostu asukkaiden toimesta, mutta muutaman vuoden kuluttua asukkaiden jäädessä eläkkeellä kulutus tulee luultavasti huomattavasti kasvamaan.

Takaisinmaksuaikaa tarkasteltaessa voidaan sen todeta olevan vielä melko pitkä, 16 - 22 vuotta. Tosin on huomioitava, että laskennoissa huomioon otettu pankin korkokulu kasvattaa aikaa noin neljällä vuodella ja laskee kokonaistuottoa merkittävästi. Sijoituksena

kuitenkin aurinkosähkö on hyvä sen pitkän käyttöiän ansiosta. Samalla edesautetaan esimerkiksi rintamamiestalon arvon nousua.

Verrattaessa ”avaimet käteen” -paketteja ja itse hankittua järjestelmää on hinnoissa selvästi paljon vaihtelua. Kyseisessä vertailussa on kuitenkin muistettava, että paketit eroavat komponenteiltaan ja suora vertailu keskenään on mahdotonta. Itse hankittu järjestelmä sähköurakoinnilla on ehkä hieman halvempi toteuttaa, mutta ”avaimet käteen” periaatteella saadaan alusta loppuun ammattilaisten tekemä toteutus, jolla varmistutaan hankkeen toteutumisesta optimaalisin lopputuloksin.

Aurinkosähkön suurin etu on kuitenkin sen ympäristöystävällisyys. Sillä pystytään tuottamaan puhtaasti energiaa ilman hiilidioksidipäästöjä, ja auringosta saatava energia ei vielä hetkeen ole varmasti loppumassa. Hintakehityksen kokoajan mennessä alaspäin ja paneeliteknologian kehittyessä sekä niiden valmistuksen halvetessa saadaan aurinkosähköjärjestelmät yhä useamman kuluttajan saataville. Opinnäytetyön kohteena olevassa kohteessa on piakkoin edessä kattoremontti ja asukkaiden mukaan harkinnassa ollut aurinkosähköjärjestelmän hankinta tullaan luultavasti toteuttamaan samalla.

## LÄHTEET

Sähkötieto ry, 2017. ST-käsikirja 40. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus, Sähköinfo Oy

Erat B., Erkkilä V., Nyman C., Peippo K., Peltola S., Suokivi H., 2008. Aurinko-opas – aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Painoyhtymä.

Motiva. Aurinkosähkö. Luettu 10.1.2019.  
[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko)

Kysymyksiä aurinkosähköstä. Luettu 10.1.2019.  
<http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/kysymyksia/>

Aurinkosähköjärjestelmät. Luettu 25.1.2019  
<http://greenconnect.fi/aurinkoshkjrjestelmt#aurinkoshk>

Miten aurinkokenno toimii. Luettu 29.1.2019  
<https://solarvoima.fi/miten-aurinkopaneeli-toimii/>

Invertteri. Luettu 25.2.2019  
<http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/invertteri/>

Finsolar-laskuri. Luettu 25.2.2019  
<http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>

JRC. Photovoltaic Geographical Information System – Interactive maps. PVGIS-laskuri. Luettu 25.2.2019  
[http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)

ST-ohjeisto 15. Rakennusten energiatehokkuus. Espoo: Sähköinfo Oy

Hämeenlinnan kaupungin rakennusjärjestys –säädöskokoelma. Luettu 26.3.2019  
<https://www.hameenlinna.fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit-ja-rakentaminen/rakentamisen-luvat/>

Suomi T. Lähienergia verkkosivu. Luettu 26.3.2019  
<https://www.lahienergia.org/normitalkoot-poisti-pilvia-aurinkoenergian-edesta-nytasentaminen-hoituu-ilman-lupaa/>

Aurinkopaneelikauppa. Luettu 26.3.2019  
<https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/>

Global irradiation and solar electricity potential. Verkkodokumentti. Luettu 27.3.2019  
[http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu\\_cmsaf\\_opt/G\\_opt\\_FI.pdf](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_cmsaf_opt/G_opt_FI.pdf)

Aurinkopaneelin asentaminen. Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. Luettu 27.3.2019  
<https://www.eurosolar.fi/usein-kysyttya/asentaminen>



Aurinkopaneelien sijoitus ja suuntaus. Aurinkosahkoakotiin.fi. Luettu 2.4.2019  
<https://aurinkosahkoakotiin.fi/aurinkopaneelien-sijoitus-ja-suuntaus/>

Wirth H., Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Fraunhofer ISE. verkkodokumentti. Luettu 3.4.2019  
<https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>

LIITTEET

Liite 1. PVGIS esimerkkikuva 3 kW järjestelmä

**Cursor:** Selected: **61.008, 24.436**  
Elevation (m): **94**

**Use terrain shadows:**  
 Calculated horizon  
 Uploaded horizon file  
 Upload horizon file

**PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV**

Solar radiation database\*  
 PVGIS-SARAH  
 Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]\*  
 System loss [%]\*

Fixed mounting options  
 Mounting position \*  
 Slope [°]   
 Azimuth [°]   
 Optimize slope  
 Optimize slope and azimuth

PV electricity price  
 PV system cost (your currency)  
 Interest [%/year]  
 Lifetime [years]

GRID CONNECTED  
 TRADING PV  
 OFF-GRID  
 MONTHLY DATA  
 DAILY DATA  
 HOURLY DATA  
 TMY

[Download csv](#)

---

**PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS**

**Summary**

Provided inputs:	61.008, 24.436
Location [lat,lon]:	Calculated
Horizon:	PVGIS-SARAH
Database used:	Crystalline silicon
PV technology:	3
PV installed [kWp]:	15
System loss [%]:	
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	30
Azimuth angle [°]:	-45
Yearly PV energy production [kWh]:	2270
Yearly in-plane irradiation [kWh/m <sup>2</sup> ]:	965
Year to year variability [kWh]:	97.00
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-3.4
Spectral effects [%]:	? (0)
Temperature and low irradiance [%]:	-4.5
Total loss [%]:	-21.6

**Monthly energy output from fix-angle PV system**

**Outline of horizon**

## Liite 2. Esimerkkikuva Finsolar -kannattavuuslaskelman tuloksista

Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:										
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman sähköntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpitokustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin sisäisiä korkokant	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettomykyarvo (NPV) valitulla	Takaisinmaksu-aika valitulla investoinnin	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämäsihkon hinta	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v
0	0,0€	-6 046,5€	-6 046,5€		-6 047€			0,14€		
1	347,0€	0,0€	347,0€	-94,3%	-5 699€	-5 594€	1	0,14€	0,06€	2675
2	348,7€	0,0€	348,7€	-72,9%	-5 351€	-5 266€	1	0,14€	0,06€	2661
3	350,5€	0,0€	350,5€	-54,1%	-5 000€	-4 942€	1	0,14€	0,06€	2648
4	352,2€	0,0€	352,2€	-40,5%	-4 648€	-4 557€	1	0,14€	0,06€	2635
5	354,0€	0,0€	354,0€	-30,8%	-4 294€	-4 309€	1	0,15€	0,06€	2621
6	355,7€	0,0€	355,7€	-23,7%	-3 938€	-3 999€	1	0,15€	0,06€	2608
7	357,5€	0,0€	357,5€	-18,4%	-3 581€	-3 694€	1	0,15€	0,06€	2595
8	359,2€	0,0€	359,2€	-14,3%	-3 222€	-3 393€	1	0,15€	0,06€	2582
9	361,0€	0,0€	361,0€	-11,1%	-2 861€	-3 097€	1	0,15€	0,06€	2569
10	362,8€	0,0€	362,8€	-8,6%	-2 498€	-2 805€	1	0,15€	0,06€	2557
11	364,6€	0,0€	364,6€	-6,6%	-2 133€	-2 518€	1	0,15€	0,06€	2544
12	366,4€	0,0€	366,4€	-4,9%	-1 767€	-2 235€	1	0,16€	0,06€	2531
13	368,2€	0,0€	368,2€	-3,5%	-1 399€	-1 956€	1	0,16€	0,07€	2518
14	370,0€	0,0€	370,0€	-2,4%	-1 029€	-1 681€	1	0,16€	0,07€	2506
15	371,9€	-695,0€	-323,1€	-3,4%	-1 352€	-1 916€	1	0,16€	0,07€	2493
16	373,7€	0,0€	373,7€	-2,2%	-978€	-1 649€	1	0,16€	0,07€	2481
17	375,6€	0,0€	375,6€	-1,2%	-603€	-1 386€	1	0,16€	0,07€	2468
18	377,4€	0,0€	377,4€	-0,4%	-225€	-1 127€	1	0,17€	0,07€	2456
19	379,3€	0,0€	379,3€	0,3%	154€	-872€	1	0,17€	0,07€	2444
20	381,2€	0,0€	381,2€	0,8%	535€	-620€	1	0,17€	0,07€	2432
21	383,0€	0,0€	383,0€	1,4%	918€	-373€	1	0,17€	0,07€	2419
22	384,9€	0,0€	384,9€	1,8%	1 303€	-129€	1	0,17€	0,07€	2407
23	386,9€	0,0€	386,9€	2,2%	1 690€	112€	0	0,17€	0,07€	2395
24	388,8€	0,0€	388,8€	2,5%	2 079€	349€	0	0,18€	0,07€	2383
25	390,7€	0,0€	390,7€	2,8%	2 470€	582€	0	0,18€	0,07€	2371
26	392,6€	0,0€	392,6€	3,1%	2 862€	812€	0	0,18€	0,07€	2359
27	394,6€	0,0€	394,6€	3,3%	3 257€	1 039€	0	0,18€	0,08€	2348
28	396,5€	0,0€	396,5€	3,5%	3 653€	1 262€	0	0,18€	0,08€	2336
29	398,5€	0,0€	398,5€	3,7%	4 052€	1 482€	0	0,18€	0,08€	2324
30	400,5€	0,0€	400,5€	3,9%	4 452€	1 699€	0	0,19€	0,08€	2313
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>8 133,3€</b>	<b>-6 741,5€</b>	<b>1 699,1€</b>				<b>22</b>			<b>74681</b>

**Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat**

Investoinnin nettomykyarvo eli kokonaistuotto tai tappio 30 vuoden käyttöiällä	1 699€	euroa
Takaisinmaksuaika	22	vuotta