



Antti Kauppila

Aurinkokattoratkaisut Suomen markkinoilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

9.9.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Antti Kauppila
Otsikko: Aurinkokattoratkaisut Suomen markkinoilla
Sivumäärä: 30 sivua + 3 liitettä
Aika: 9.9.2021

Tutkinto: insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: lehtori Jukka Karppinen

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia aurinkokattoja ja selvittää, minkälaisia Suomen markkinoilla on tarjolla. Työhön kuului myös aurinkokattojen ja perinteisten aurinkopaneelien vertailu kolmen esimerkkikohteen kautta, joissa oli kiinnostusta aurinkosähköä kohtaan. Oma roolini oli toimia konsulttina näille kolmen esimerkkikohteen omistajille.

Työssä käydään läpi aurinkosähkön teoriaa, tarjolla olevia aurinkokattovaihtoehtoja, jonka jälkeen suoritetaan vertailu. Aurinkokattoa ja aurinkosähköä käsiteltiin pääosin pientuottajan osalta.

Työn tuloksena saatiin alustavia arvioita aurinkopaneelien ja -kattojen taloudellisista eroista. Aurinkokatot ovat tuore näky markkinoilla, joten mikäli tuotekehityksien myötä niiden hintaa saadaan laskettua, ne voivat kilpailla entistä paremmin perinteisten paneelien kanssa.

Tuloksia voivat hyödyntää aurinkosähköstä kiinnostuneet ja sähkön pientuotantojärjestelmän hankintaa harkitsevat henkilöt.

Avainsanat: aurinkosähkö, aurinkosähköjärjestelmä, aurinkopaneeli
aurinkokatto

Abstract

Author: Antti Kauppila
Title: Solar Roof Solutions on the Finnish Market
Number of Pages: 30 pages + 3 appendices
Date: 9 September 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and automation engineering
Professional Major: Electrical power engineering
Instructors: Jukka Karppinen, Senior Lecturer

The purpose of this thesis work was to study solar roofs and to explore what kind of solar roof are available on the Finnish market. Work also included the comparison of solar roof and traditional solar panel by three example cases, in which there was interest in photovoltaic. My role was to act as a consultant for the three example case owners.

The thesis handles photovoltaic theory, available solar roof options and in the end, there is the comparison. Both solar roof and panel were handled mainly from a small producer perspective.

The result of this work is preliminary calculations about solar roofs and solar panels economic disparities. Solar roofs are new at the market but as the manufacturers promote their product development, solar roofs will be able to compete better with traditional solar panels.

The information provided by this thesis can be used as an aid when considering becoming a small producer or to learn more about photovoltaics.

Keywords: photovoltaic, photovoltaic system, solar panel, solar roof

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähkö	2
2.1	Aurinkosähköjärjestelmä	3
2.1.1	Aurinkopaneeli	4
2.1.2	Vaihtosuuntaaja	6
2.1.3	Erotuskytkin	6
2.1.4	Sähköpääkeskus	7
2.2	Kennojen asennuskulma ja suuntaus	7
2.3	Aurinkosähkö Suomessa	9
2.4	Ekologisuus	11
3	Aurinkokattoratkaisut	12
3.1	Virte Solar	12
3.2	Solarstone	13
3.3	Roofit	17
3.4	Tesla	18
4	Esimerkkikohteet	19
4.1	Kohde Kymenlaaksossa	19
4.2	Kohde Uudellamaalla	20
4.3	Kohde Kymenlaaksossa	21
5	Aurinkosähköratkaisujen vertailu	23
5.1	Kohde 1	24
5.2	Kohde 2	26
5.3	Kohde 3	27
5.4	Esimerkkikohteiden jatkotoimenpiteet	28
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	

Liite 1: Laskelmat kohde 1

Liite 2: Laskelmat kohde 2

Liite 3: Laskelmat kohde 3

Lyhenteet

- CIGS: Kemiallinen yhdiste, jolla tarkoitetaan kupari-indium-gallium-diselenidi (CIGS) -puolijohdetta.
- c/kWh: Sentiä per käytetty kilowattitunti. Yleisesti käytetty energianmittayksikkö, jota hyödynnetään sähköhinnan määrittämisessä.
- kWh: kilowattitunti. Energian mittaussyksikkö, kuinka monta kilowattia sähköä on tuotettu tai kulutettu tunnissa.
- kWh/m²: Kilowattituntia per neliometri. Auringon säteilymäärän teho neliömetrin pinta-alalla.
- kWp: kilowatt-peak, kilowattipiikki. Yksikköä kWp käytetään yleisesti kuvaamaan aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähkötehoa tietyissä standardiolosuhteissa. Olosuhteen lämpötila on 25 astetta ja auringon säteilyn voimakkuus on yksi kilowatti neliötä kohden.
- mono-Si: Monocrystalline silicon. Yksikiteinen pii, aurinkokennomateriaali.

1 Johdanto

Ilmastokysymysten myötä energiantuotanto elää tällä hetkellä murrosvaihetta. Suuria päästöjä tuottavista voimalaitoksista pyritään luopumaan, ja niiden tilalle kehitetään uusiutuvia energiantuotannon muotoja. Suomi pyrkii olemaan hiili-neutraali vuonna 2035 ja saamaan lähes päästöttömän energiantuotannon 2030-luvun loppuun mennessä.

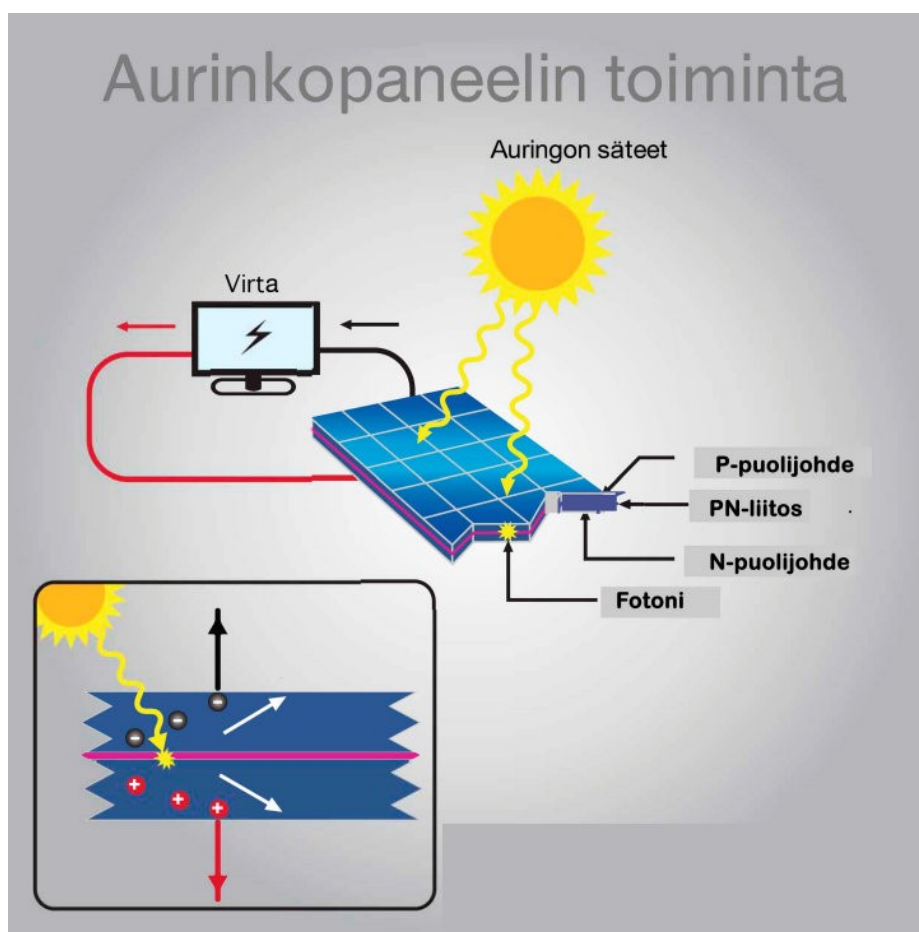
Hajautettu sähköntuotanto on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Suomeen on saatu paljon tuulivoimapuistoja, joista suurin osa sijaitsee länsirannikolla. Aurinkopaneelitkin ovat lisääntyneet omakotitalojen katoilla, mikä on lisännyt sähkön pientuottajien lukumäärää. Näiden sähköntuotantomuotojen suosio perustuu hintakehitykseen, jonka myötä niistä on tullut taloudellisesti kannattavampia hankintoja. Aurinkopaneelien kilpailijaksi markkinoille on tullut aurinkokattoratkaisuja, joilla aurinkosähköjärjestelmä voidaan toteuttaa lähes huomaamattomaksi.

Suurimpana haasteena vihreällä energialla on, että lähes kaikki siitä perustuu luonnonilmiöihin, kuten tuuleen tai auringonsäteilyyn. Tämä tuottaa haasteita tuotannon ennakointiin ja sähköverkon tasapainon säilyttämiseen tuotannon ja kulutuksen osalta. Myös kausiluontainen vaihtelu tuo haasteita erityisesti aurinkosähkön osalta, sillä Suomessa on talvikautena hyvin vähäinen määrä auringonsäteilyä.

Tässä insinööriyössä käsitellään aurinkokattoa ja aurinkosähköä pääosin pientuottajan osalta. Tarkoituksena on vertailla aurinkokattoa ja perinteisiä paneeleita. Vertailu suoritetaan muutaman erilaisen Etelä-Suomessa sijaitsevan omakotitalokohteen osalta. Työstä on rajattu pois OFF-GRID-järjestelmät ja sähkön varastointi. Työtä voivat hyödyntää aurinkosähköstä kiinnostuneet ja sähkön pientuotantojärjestelmän hankintaa harkitsevat henkilöt.

2 Aurinkosähkö

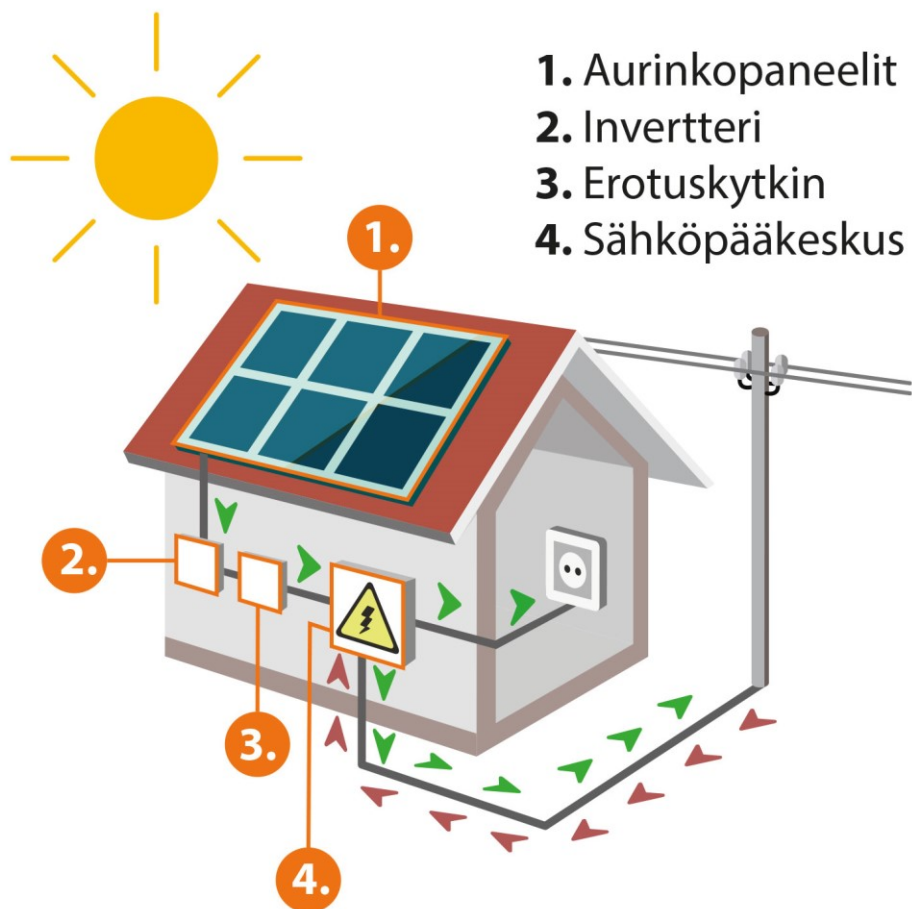
Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon lähettämän sähkömagneettisen säteilyn hyödyntämiseen. Auringonsäteily koostuu fotoneista eli hiukkasista, jotka kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Fotonien osuessa aurinkokennoihin ne luovuttavat energiansa kennojen materiaalin elektroneille. Nämä fotoneilta energiaa saaneet elektronit muodostavat sähkövirran aurinkokennojen virtajohditiimiin. Kuvassa 1 havainnoidaan, miten sähkömagneettisesta säteilystä saadaan sähköenergiaa. [1.]



Kuva 1. Aurinkopaneelin toimintaperiaate [2].

2.1 Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu aurinkokennoista esimerkiksi aurinkopaneelistä, invertteristä eli vaihtosuuntaajasta, erotuskytkimestä eli turvakytkimestä ja sähköpääkeskuksesta. Näiden komponenttien tyypilliset sijainnit omakotitalokohteessa on esitetty kuvassa 2. Paneelien sijoittelu saattaa vaihdella kohteesta riippuen, mutta tyypillisesti ne sijoitetaan katolle.



Kuva 2. Aurinkosähköjärjestelmän osat [3].

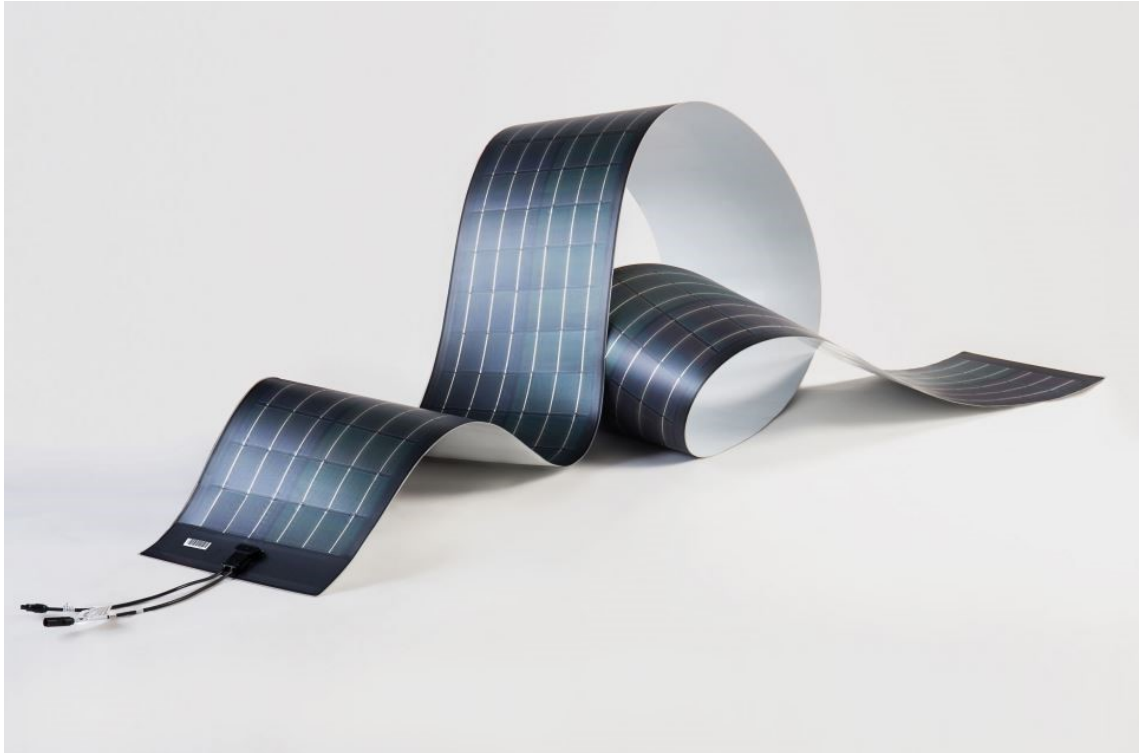
2.1.1 Aurinkopaneeli

Aurinkosähköjärjestelmän näkyvin osa aurinkopaneeli, joka tyypillisesti sijoitetaan rakennuksen katolle. Paneelien tehtävänä muuttaa auringon lähettämä sähkömagneettinen säteily tasasähköksi. Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista, joissa tapahtuu auringon sähkömagneettisen säteilyn muuntaminen sähköenergiaksi. Aurinkokennojen yleisin valmistusmateriaali on yksi- tai monikiteinen pii ja näitä kutsutaan ensimmäisen sukupolven aurinkokennoiksi. Kuvassa 3 on yksikiteinen piipaneeli, jonka tunnistaa mustasta kenno värityksestä. Piikidekennoja on noin 90 prosenttia tarjolla olevista aurinkokennoista. Kaupallisissa piikidekennoissa hyötysuhde on tavallisesti 15–20 prosenttia. [4.]



Kuva 3. Yksikiteinen aurinkokenno, jonka materiaalina on pii [4].

Perinteikkäiden piikidekennojen lisäksi tarjolla on ohutkalvokennoja, jonka taivutettavuutta havainnoidaan kuvassa 4. Toisen sukupolven ohutkalvokennot valmistetaan niiden nimensä mukaisesti lisäämällä hyvin ohuita kerroksia valoherkkää ainetta pohjamateriaalille, kuten lasille, ruostumattomalle teräkselle tai muoville. Ohutkalvopaneelit päästävät enemmän valoa lävitseen perinteisiin kennoihin verrattuna, joten niillä ei saada hyödynnettyä auringon säteilyä yhtä hyvin. Hyötysuhde näissä on tavallisesti 9–20 prosenttia. Perinteikkäiden kennojen hyötysuhde paranee viileässä suhteellisesti enemmän kuin ohutkalvokennojen. [4.]



Kuva 4. Ohutkalvoaurinkokenno [5].

Kolmannen sukupolven aurinkokennot ovat vielä kehitysvaiheessa. Näistä esimerkkinä voidaan mainita nanokidekennot. Ensimmäisen ja toisen sukupolven aurinkokennoissa teknologia perustuu valosähköiseen ilmiöön ja puolijohteiden pn-liitoksen aikaansaamaan sähkökenttään. Nanokidekennoissa ei ole pn-liitoksen aikaansaamaa sähkökenttää, vaan elektronien liike perustuu kemiallisiin reaktioihin. Nanokidekennojen lisäksi tutkimus- ja kehitysvaiheessa on useita muitakin kennotyyppejä. Esimerkiksi joustavat aurinkokennot, jotka eroavat toisen sukupolven kennoista valmistuksessa. Näissä valoherkkä aine painetaan joustavalle pohjamateriaalille, esimerkiksi rullattavalle muoville, minkä ansiosta niitä voidaan muokata ja käyttää lukuisissa soveltuvuutta vaativissa kohteissa. [4.]

2.1.2 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaaja eli invertteri on laite, jonka avulla voidaan muuntaa tasasähköä vaihtosähköksi. Vaihtosuuntaajan tehtävänä aurinkosähköjärjestelmässä on muuntaa aurinkopaneelin tuottama tasasähkö vaihtosähköksi, jotta tuotettu sähkö soveltuu kodin sähkölaitteiden käyttöön. Jotta tuotanto jakautuu tasaisesti kodin sähkölaitteille, suositellaan käytettäväksi 3-vaiheista invertteriä. Invertteriksi kannattaa valita hieman paneelien tehoa suurempi, jos aurinkosähköjärjestelmää eli paneelien määrää halutaan suurentaa tulevaisuudessa. [6.]

Invertteriä ei suositella kuitenkaan ylivoimittamaan kovinkaan paljoa esimerkiksi yli 0,5 kW, sillä kun sen koko suurenee, myös sen käynnistysjännite nousee. Mikäli paneelit eivät pysty tuottamaan sähköä yli käynnistysjännitteen, ei invertteri näin ollen käynnisty eikä tuotantoa synny. Jännitteen ollessa liian alhainen jäävät aamun ensimmäisten ja illan viimeiset tuotannot saamatta. Invertterille saapuva jännite on paneelien jännitteiden summa, sillä paneelit kytketään tyypillisesti sarjaan. [6.]

2.1.3 Erotuskytkin

Erotuskytkin on turvallisuusvaruste, jonka avulla saadaan katkaistua aurinkosähkön syöttö sähköverkkoon. Koska aurinkopaneeleita on useampi kappale tyypillisesti, olisi huomattava riski, mikäli jokaiselta paneelilta löytyisi oma virta-kytkin. Jokin näistä kytkimistä voisi helposti unohtua päälle huoltotöiden ajaksi, vaikkapa inhimillisen virheen takia. Näin ollen on turvallisempaa asentaa erotuskytkin vaikkapa invertterin viereen, josta järjestelmä saadaan jännitteettömäksi siitä eteenpäin. Turvallisuussyistä erotuskytkin tulee olla helposti saavutettavista eikä se saa sijaita lukittujen ovien takana. [6.]

2.1.4 Sähköpääkeskus

Sähkökeskuksella johdonsuojakytkimien avulla aurinkosähköjärjestelmä liitetään keskukseseen. Keskukselta sähkö saadaan kodin sähkölaitteiden käyttöön tai myytyä ylijäämäsähkö sähköverkkoyhtiölle, mikäli aurinkosähköjärjestelmän tuotanto on sillä hetkellä suurempaa kuin sähkölaitteiden kulutus. Mikäli järjestelmä mitoitetaan tuottamaan ylijäämää, mikä usein tapahtuukin halusi sitä tai ei, niin ylijäämäsähkön myyntiä varten tarvitaan kahteen suuntaan toimiva paikallisen verkkoyhtiön sähkömittari keskukseseen. [6.]

2.2 Kennojen asennuskulma ja suuntaus

Aurinkokennot pyritään tyypillisesti asentamaan harjakatoille lappeen suuntaisesti. Tyypillinen suomalaisten omakotitalojen kattokaltevuus on 15–20 astetta. Optimaalisin kulma vuosituoton kannalta on sijainnista riippuen noin 35–45 astetta. Aurinkopaneeleilla asennuskulmaa pystytään säätämään erillisillä kiinnikkeillä. Näitä kiinnikkeitä kutsutaan asennuskolmioiksi tai säätökolmioiksi. Täysin mielivaltaisesti kulmaa ei voi säätää, vaan säätö tapahtuu 5 asteen sykleissä, minimissään säätö voi olla 15 astetta. Kuvassa 5 on esitetty, miltä asennuskolmio näyttää. [7.]



Kuva 5. Oriman SMART asennuskolmio aurinkopaneeleille [8].

Maapallon rotaatio vaikuttaa aurinkosähköjärjestelmän sähköntuottoon. Kesällä, kun aurinko nousee korkealle horisonttiin, niin pienemmällä kennojen kallistuskulmalla saavutetaan parempi tuotto. Talvella taas auringon ollessa alempana horisontissa suurempi kallistuskulma tuo enemmän tuottoa. Näiden kahden ääripään välissä on optimaalinen kulma, millä saavutetaan paras vuosituotto. Kuvassa 6 havainnoidaan edellä mainittua ilmiötä. [7.]



Kuva 6. Auringonsäteilyn tulokulma eri vuodenaikoina [9].

Tavallisesta kattokaltevuudesta poikkeaminen tuo lisää tuotantoa pääosin muille kuukausille kuin kesäajan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 15 asteen poikkeama optimikulmaan vähentää vuosituotantoa noin 5 prosenttia. Järjestelmän kokoluokan kasvaessa prosenttien vaikutus on merkittävämpää, mutta samalla täytyy muistaa, että kiinnitystarvikkeita tarvitaan enemmän. [7.]

Asennuskulman lisäksi aurinkokennojen suuntaus vaikuttaa sähköntuottoon.

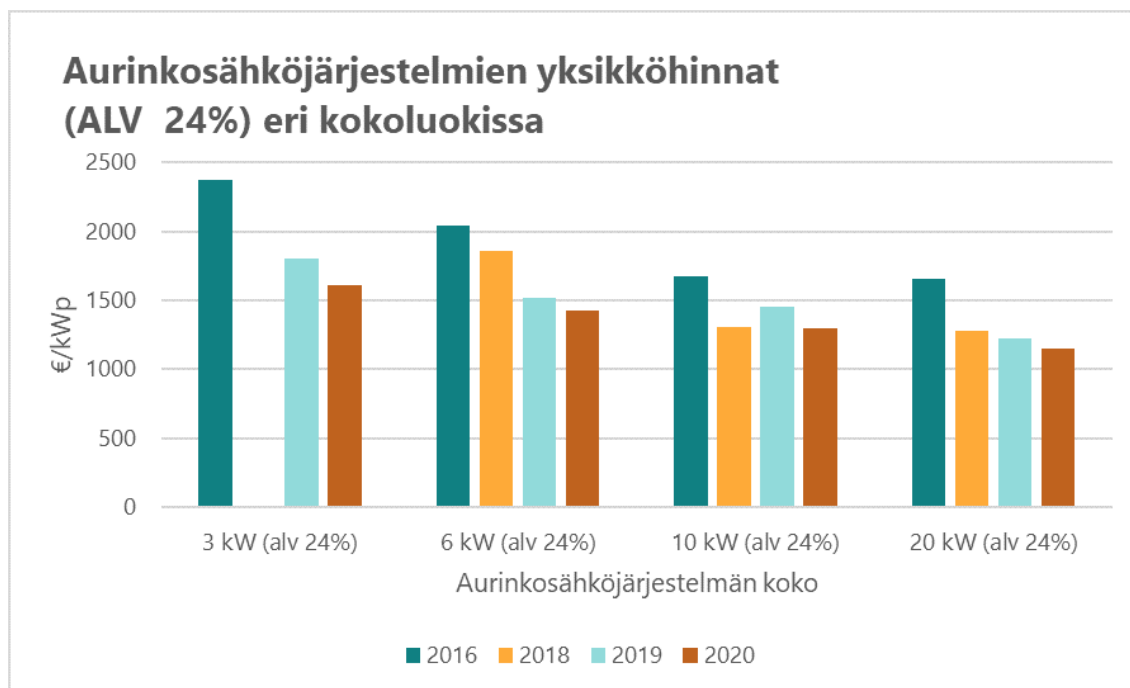
Tuotto pienenee eri ilmansuuntien vaikutuksesta seuraavasti:

- Itä: tuotto on vajaat 25 % pienempi kuin suoraan etelään suunnattaessa.
- Kaakko: tuotto on noin 7 % pienempi kuin suoraan etelään suunnattaessa.
- Lounas: tuotto on noin 7 % pienempi kuin suoraan etelään suunnattaessa.
- Länsi: tuotto on vajaat 25 % pienempi kuin suoraan etelään suunnattaessa.
- Pohjoinen, koillinen, luode: aurinkopaneelien asentaminen on kyseenalaista heikon tuoton vuoksi.

Edellä mainitut arvot ovat yleispäteviä ja voivat vaihdella maantieteellisesti ja kohdekohtaisesti. Aurinkokennot pyritään asentamaan näkyvälle paikalle, joten ne sijoitetaan tyypillisesti rakennuksen katolle. Tämän johdosta katon muoto ja suuntaus määrittää kennojen suuntauksen. [10.]

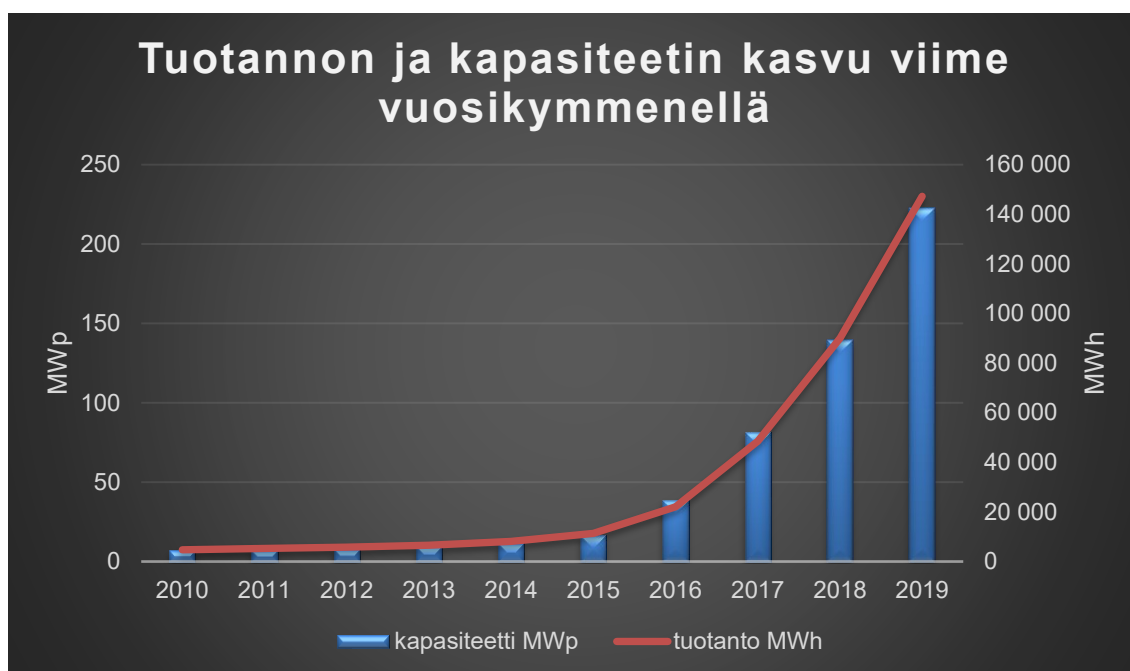
2.3 Aurinkosähkö Suomessa

Aurinkosähkön suosio ja tuotantomäärä on kasvanut viime vuosina, kuten kuvasta 8 huomataan. Tähän on vaikuttanut järjestelmän kustannusten laskeminen sekä sähkön kokonaishinnan nousu. Erityisesti pienten kokoluokkien hinnat ovat laskeneet viime vuosina, kuten kuvasta 7 huomataan. Isomman kokoluokan järjestelmät ovat kuitenkin vieläkin yksikköhinnoissa edullisempia suhteessa pienempiin järjestelmiin.



Kuva 7. Pienien aurinkovoimaloiden hintavertailu [11].

Suomessa aurinkosähköjärjestelmien yleistymistä kuluttajien keskuudessa jarruttaa kuitenkin tuotantokausien suhteellisen vähäinen määrä. Kesäaika, joka on parasta tuotannon kannalta kattaa vain neljänneksen vuodesta. Suurimmat sähkönkulutukset, kuten lämmitys painottuu talvelle, jolloin aurinkosähkön tuotanto on hyvin vähäistä. Aurinkosähköjärjestelmien kapasiteetti Suomessa oli 222 MWp ja tuotanto 147 250 MWh vuonna 2019 [12]. Vuoden 2020 tilastoja ei ollut vielä insinööriyötä tehdessä julkaistu tilastokeskuksen toimesta.



Kuva 8. Aurinkosähkön tuotannon ja kapasiteetin kasvu [12].

2.4 Ekologisuus

Vaikka aurinkoenergiasta puhutaan vihreänä energianmuotona eikä itse sähkötuotannossa synny päästöjä, järjestelmän rakentaminen ei ole vapaa ympäristövaikutuksista. Ympäristöministeriön vuonna 2014 tekemän selvityksen mukaan aurinkoenergian suurin haaste ekologisuuden saralla on aurinkopaneelien ja -keräinten valmistukseen tarvittavien materiaalien riittävyys. Aurinkopaneelien valmistukseen käytetään muun muassa metalleja, kuten hopeaa, alumiinia, indiumia, telluuria ja galliumia, joiden saatavuus voi aiheuttaa ongelmia tulevaisuudessa. [13.]

Energian takaisinmaksuajalla kuvataan aikaa, jonka voimalaitoksen tulee olla toiminnassa, ennen kuin järjestelmän valmistukseen ja ylläpitoon kulutettu energia on saatu tuotettua takaisin. Aurinkosähköjärjestelmien kohdalla kyseinen aika vaihtelee 0,75–5 vuoden välillä riippuen järjestelmän sijainnista, valmistuksesta, käyttöiästä ja sääolosuhteista. Pohjois-Euroopassa järjestelmät tuottavat noin viisinkertaisen määrän energiaa valmistukseen nähden elinaikanaan. Mikäli otetaan huomioon, että aurinkoenergiajärjestelmän käyttöikä on noin 30

vuotta ja sen aikana tuotettu energia on päästötöntä, niin järjestelmän voidaan todeta olevan energiatehokkaita. [13.]

3 Aurinkokattoratkaisut

Aurinkokatto kuten aurinkopaneeli on näkyvin osa aurinkosähköjärjestelmää. Erona näiden välillä on, että aurinkokatolla tarkoitetaan kattomateriaaliin integroitua aurinkokennojärjestelmää, kun taas aurinkopaneeli asennetaan kattomateriaalin päälle. Koska aurinkokatto on kattomateriaaliin integroitu, järjestelmä voidaan tehdä visuaalisesti näyttävämmäksi, toisin kuin perinteiset aurinkopaneelijärjestelmät, jotka tarvitsevat erilliset kiinnikkeet kattomateriaaliin. Tässä luvussa käsitellään, minkälaisia erilaisia aurinkokattoratkaisuja on tällä hetkellä Suomen markkinoilla tarjolla. [14.]

3.1 Virte Solar

Virte Solar on vuonna 2015 perustettu startup-yritys, joka on osa yli 50 vuotta vanhaa Virte-Metalli-kattokonsernia. Yrityksen tarjontaan kuuluu aurinkokatto eli kattomateriaali, johon on tehtaalla valmiiksi liimattu ohutkalvopaneeli, mikä vähentää asennuskustannuksia. Tämä on erityisesti kattoremontti- ja uudiskohteisiin tarkoitettu tuote. Kuvassa 9 on Virte Solarin aurinkokatto, jossa on lumiesteet huomiotu toteutuksessa. [15.]

Lisäksi yritys tarjoaa toisen sukupolven CIGS-ohutkalvopaneeleja erikseen, mikäli kattomateriaalien uusinta ei ole ajankohtaista. Ohutkalvopaneelit sopivat parhaiten peltikatolle, sillä ne tarvitsevat tasaisen alusmateriaalin, johon ne liimataan. Mikäli asennuspinta ei ole kuitenkaan sileä, asennus on mahdollista toteuttaa aluslevyn avulla, joka ruuvataan katteeseen tai ruoteisiin. Aluslevy tuo paneelijärjestelmälle noin 30 prosenttia lisää painoa nostamatta kokonaiskustannuksia kuitenkaan yli 10 prosenttia. [15.]



Kuva 9. Virte Solarin 8,3 kWp:n aurinkosähköjärjestelmä [15].

Itse ohutkalvopaneelit ovat amerikkalaisen Miasolén valmistamia, joka on ollut toiminnassa vuodesta 2004 lähtien. Paneelien tekniset tiedot on otettu osittain Miasolén omilta verkkosivuilta. [16.]

Tekniset tiedot:

- Hyötysuhde: 17,5 %
- Neliöteho: 125 W/m²
- Neliöpaino: 9 kg/m²
- Syvyys: 2,5 mm

3.2 Solarstone

Solarstone on Euroopassa toimiva vuonna 2015 perustettu yritys, joka on keskittynyt integroituihin aurinkopaneelijärjestelmiin eli aurinkokattoihin. Se tarjoaa integroituja paneeleita tiili- ja peltikatoille. Näiden lisäksi yritys tarjoaa täyttä aurinkokattoa. Hankkeita on takanaan jo yli 350 kappaletta. [17.]

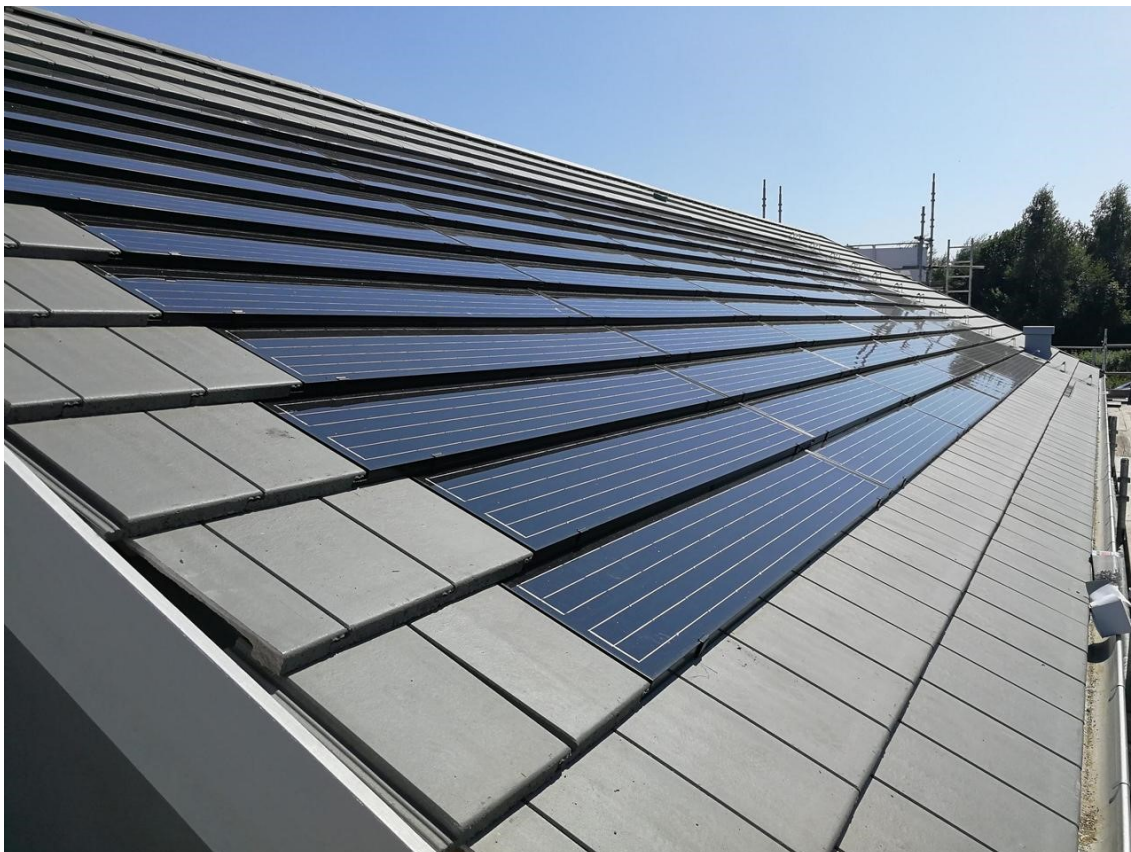


Kuva 10. Täysi aurinkokattototeutus [17].

Tekniset tiedot:

- Hyötysuhde: 18 %
- Neliöteho: 180 W/m²
- Neliöpaino: 10,6 kg/m²
- Syvyys: 21 mm

Kuvassa 10 näkyy täysi aurinkokattototeutus. Täyttä aurinkokattovaihtoehtoa voidaan miettiä uudis- tai remonttikohteessa. Siinä kattomateriaalina käytetään 310–325 W vakiokokoisia integroituja paneelimoduuleja. Raja-alueilla käytetään toimimattomia mallikappaleita, jotka ovat yhtä kestäviä kuin toiminnassa olevat paneelit. Malleja voidaan myös käyttää sähköenergian tuottamisen kannalta tehottomille alueille esimerkiksi lumiesteiden, kattotikkaiden ja läpivientien kohdille. [17.]



Kuva 11. Tiilikatolle tarkoitetut paneelimoduulit [17].

Tekniset tiedot:

- Hyötysuhde: 18,5 %
- Neliöteho: 135 W/m²
- Neliöpaino: 5,6 kg/m²
- Syvyys: 21 mm

Myös tiilikatoille tarkoitettuja aurinkopaneelimoduuleja voidaan hyödyntää pääosin uudis- ja remonttikohteissa, joissa käytetään aaltoilevia tai sileitä kattotiiliä. Kuten kuvassa 11 näkyi, aurinkopaneelimoduulit toimivat kattomateriaalina ja valittavana on 85 tai 105 W paneeli, riippuen kattotiilen koosta. Uusimpana tuotteena tarjolle on tullut peltikatolle soveltuva aurinkopaneeli, jonka esimerkkiratkaisu näkyy kuvassa 12. Nämä asennetaan olemassa olevan peltikaton päälle ja tarjolla 140–180 W:n paneeleita riippuen peltiprofiilin leveydestä. [17.]



Kuva 12. Peltikatolle tarkoitettu paneeli [17].

Tekniset tiedot:

- Hyötysuhde: 18 %
- Neliöteho: 160 W/m²
- Neliöpaino: 13,5 kg/m²
- Syvyys: 21 mm

3.3 Roofit

Roofit Solar Energy OÜ on vuonna 2016 perustettu virolainen yritys, jonka päätoimisto sijaitsee Tallinnassa. Yrityksen perustamisen taustalla oli Tallinnan teknisen yliopiston (TalTech) tutkija Andri Jagomägi, joka toimii nykyisin toimitusjohtajana. Roofit.Solar on keskittynyt metallikatoille tarkoitettuihin aurinkokattoratkaisuihin. Tuoteportfolioon kuuluu kolme eri tehoista paneelimoduulia, joissa leveydet ovat samoja, mutta pituudet eroavat, mikä vaikuttaa moduulista saatavaan sähkötehon määrään. Kuvassa 13 näkyy 7 kW:n aurinkokattototeutus. Yrityksen tuotteita on jo asennettuna yli sata kappaletta Euroopan sisällä. [18.]



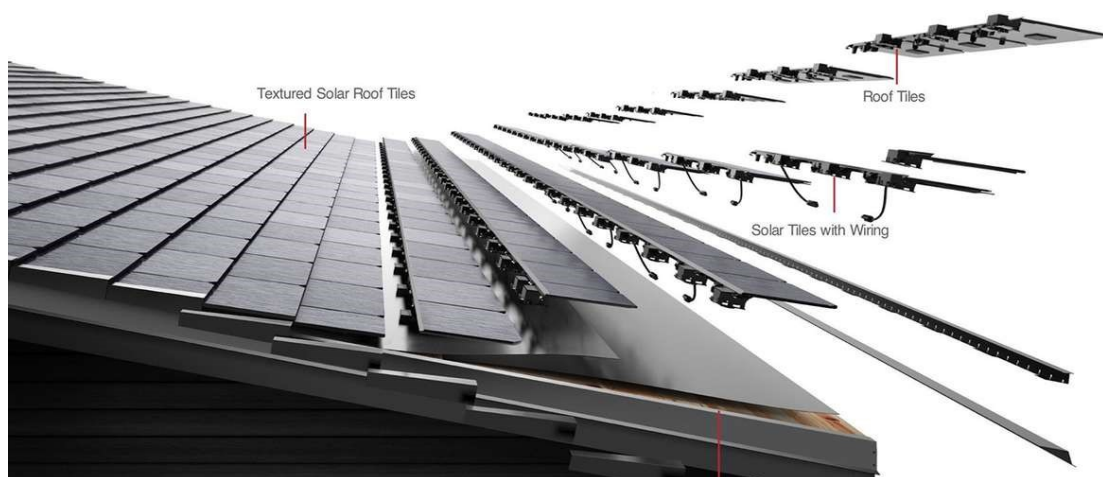
Kuva 13. 7 kW aurinkokattototeutus [18].

Tekniset tiedot:

- Hyötysuhde: xx %
- Neliöteho: 150 W/m²
- Neliöpaino: 14,9 kg/m²
- Syvyys: 48 mm

3.4 Tesla

Tesla tunnetaan yleisesti sähköautojen valmistajana, mutta senkin tuoteportfoli-
oonsa kuuluu aurinkokatto. Yrityksen tuote on kattotiili, johon on integroitu au-
rinkokenno. Kuvassa 14 on esitetty tuote sivustapäin. Teslan Solar Roof -katto-
tiilet ovat yli kolme kertaa lujempia kestämään iskuja kuin tavalliset kattotiilet, ja
ne on suunniteltu suojaamaan erilaisilta olosuhteilta. Tuote löytyy jo Teslan suo-
menkieliseltä sivulta, mutta sitä ei vielä kuitenkaan pysty tilaamaan tai mitoitta-
maan Pohjois-Amerikan ulkopuolella. Mistään edullisesta tuotteesta ei ole kui-
tenkaan sillä kyse, sillä arvioiden mukaan järjestelmän hinta olisi noin 6 €/W.
[14.]



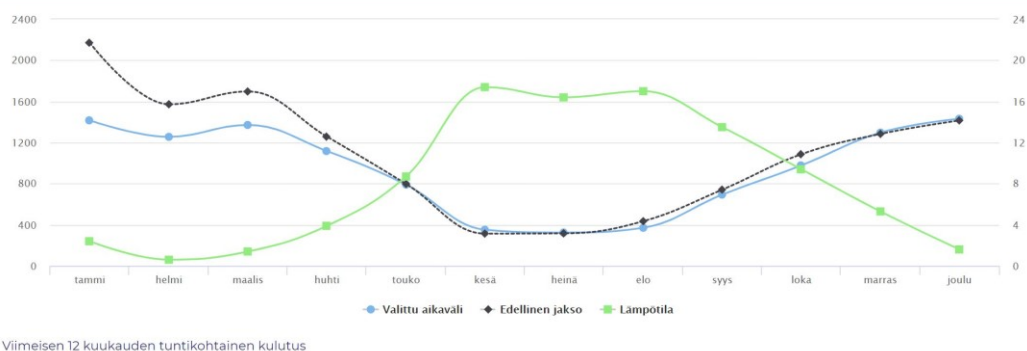
Kuva 14. Teslan solar roof [14].

4 Esimerkkikohteet

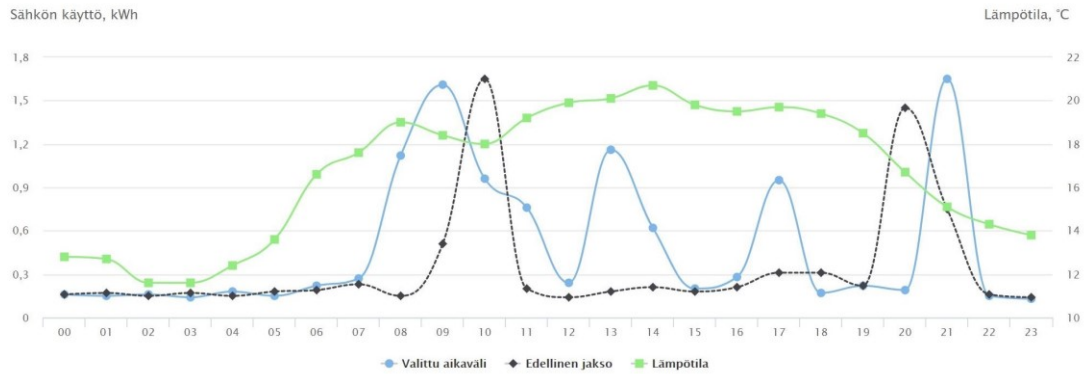
Sain tähän työhön mukaan kolme kohdetta, joissa on kiinnostusta aurinkosähköä kohtaan. Kaikki kohteet ovat omakotitaloja ja sijaitsevat Etelä-Suomessa. Kohteiden omistajien yksityisyydensuojaksi insinöörityöstä on jätetty pois tarkat sijainnit sekä henkilötiedot.

4.1 Kohde Kymenlaaksossa

Ensimmäinen kohde on Kymenlaaksossa sijaitseva omakotitalo, jossa on erillinen autokatos. Molemmissa rakennuksissa on peltikatto. Rakennuksen katto, johon järjestelmä voidaan liittää, suuntautuu puoliksi itään ja puoliksi länteen. Suuntaus sopii sähkönkulutusprofiiliin, sillä kulutus on aamu ja ilta painotteista, kuten kuvasta 16 huomataan. Kohteessa on sähkölämmitys, mutta sen lisäksi mitään isoja sähkölaitteita ei ole. Vuosikohtainen sähkönkulutus on noin 12 000 kWh, mikä esitetty kuvassa 15. Pinta-alaa, jossa aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää, on noin 40 neliötä. Kohteessa on jonkin verran varjostuksia, mikä tuottaa hankaluuksia paneelien sijoitteluun.



Kuva 15. Kohteen 1 sähkön vuosikulutus.



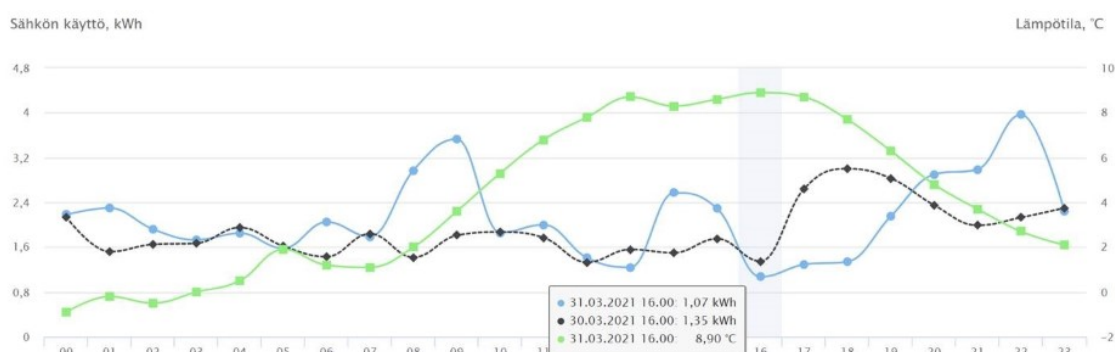
Kuva 16. Kohteen 1 sähkön päivakohtainen kulutus.

4.2 Kohde Uudellamaalla

Toinen kohde on Uudellamaalla sijaitseva omakotitalo. Kohteeseen on tulossa kattoremontti ja uuden katon materiaaliksi tulee tiili. Kohteen katosta toinen puoli suuntautuu etelään. Suuntaus sopii sähkönkulutusprofiiliin, sillä kulutus on melko tasaista, kuten kuvasta 18 huomataan. Kohteessa on vesikiertoinen patterilämmitys ja lämminvesivaraaja. Vuosikohtainen sähkönkulutus on noin 18 000 kWh, mikä esitetty kuvassa 17. Kohteesta ei saanut sähkönkulutuksesta tietoja vuoden 2020 joulukuuta pidemmälle, joten kuukausikohtainen kulutus on arvioitu toukokuulta marraskuulle. Pinta-alaa, jossa aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää, on noin 65 neliötä. Kohteessa on hieman varjostuksia, mutta ne vaikuttavat pääosin iltatuotantoon pienelle alueelle.



Kuva 17. Kohteen 2 arvioitu sähkön vuosikulutus.

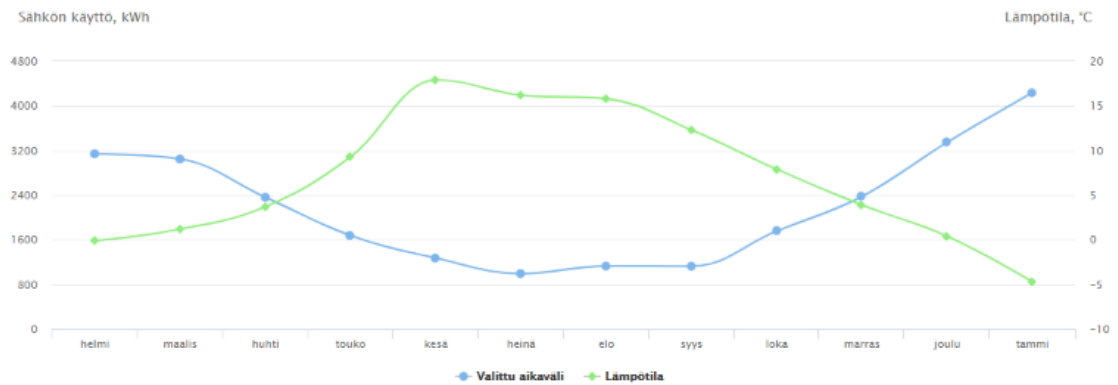


Kuva 18. Sähkön päiväkohtainen kulutus.

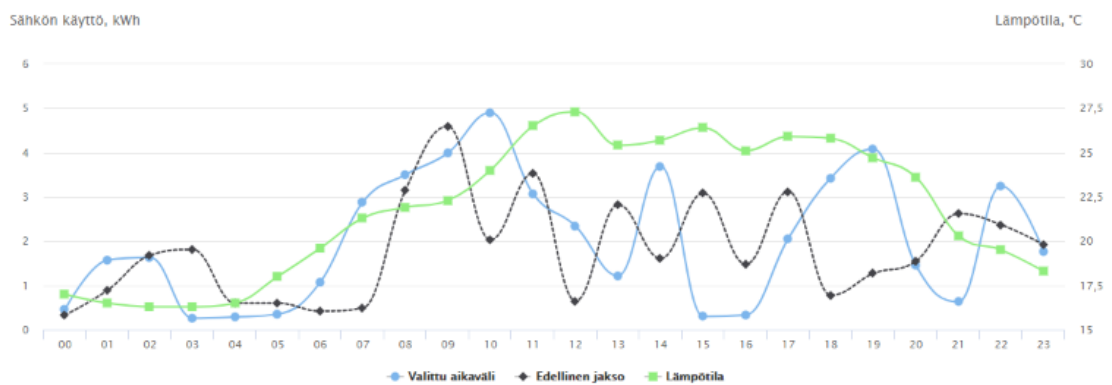
4.3 Kohde Kymenlaaksossa

Kolmas kohde on Kymenlaaksossa sijaitseva omakotitalo, jonka tontilta löytyy muutama ulkorakennus. Rakennuksessa, johon järjestelmä voidaan liittää, on peltikatto minkä toinen puoli suuntautuu etelään. Suuntaus sopii sähkönkulutusprofiiliin, sillä kulutus on päivä painotteista, kuten kuvasta 20 huomataan. Kohhteessa on sähkölämmitys, jonka lisäksi suurempia sähkön kuluttajia ovat lämminvesivaraaja, ilmalämpöpumppu ja vesipumppu. Vuosikohtainen sähkönkulutus on noin 26 000 kWh, mikä esitetty kuvassa 19. Itse omakotitalossa on

tillikatto ja ulkorakennuksissa peltikatto. Mahdollista pinta-alaa aurinkopaneelleille löytyy yli 200 neliometriä kokonaisuudessaan. Kohteessa ei ole varjostuksia, joten paneelien tai aurinkokaton sijainti on vapaasti päätettävissä.



Kuva 19. Kohteen 3 sähkön vuosikulutus.



Kuva 20. Kohteen 3 sähkön päiväkohtainen kulutus.

5 Aurinkosähköratkaisujen vertailu

Jotta aurinkopaneelin ja aurinkokaton vertailu olisi mahdollisimman tasapuolista, olen jättänyt asennustyön osuuden huomioimatta. Koska aurinkokatto toimii myös kattomateriaalina, itse aurinkokaton osuus asennustyöstä on hankala määrittää kattoremontista vertailukelpoisesti.

Vertailuun on otettu aurinkopaneelijärjestelmä, joka on asennettu katon mukaiseen kulmaan, 15 astetta kattokulmaa jyrkempään kulmaan asennettu paneelija aurinkokattojärjestelmä. Koska aurinkokatto toimii kattomateriaalina, ei sen asennuskulmaa pystytä säätämään, vaan se tulee samaan kulmaan muun katon kanssa.

Kohteiden vuosi- ja kuukausikohtaiset sähkönkulutukset on saatu kohteiden omistajilta, heidän verkkoyhtiönsä sähköisestä palvelusta. Kohteessa 2 näkyi vain meneillään olevan vuoden sähkönkulutus, joten osa kuukausikohtaisista kulutuksista on päätelty tiedossa olevan vuosikulutuksen perusteella. Auringon säteilymäärät on saatu sijainnin perusteella PVGIS-järjestelmästä, joka on kehitetty vuonna 2001 Italiassa Euroopan komission tutkimuskeskuksessa [19]. PVGIS-järjestelmässä on sijainnin lisäksi mahdollista ottaa huomioon aurinkokennomateriaali, asennuskulma, järjestelmän häviö ja suuntaus. Totuudenmukaisten auringonsäteilymäärien saamiseksi arvot on asetettu järjestelmän ja kohteiden mukaisesti.

Vertailussa tarkastellaan keskimääräistä tuoton vuosikorkoa ja takaisinmaksuaikaa. Keskimääräinen tuoton vuosikorko saadaan jakamalla järjestelmän hankintahinta vuodessa tuotetun sähköenergian rahallisella arvolla, jossa on huomioitu itse kulutettu ja ulkopuolelle myyty sähkö, mistä summasta otetaan keskiarvo laitteiston odotetulta eliniältä. Odotetuksi eliniäksi on otettu 25 vuotta, minkä suurin osa aurinkopaneeli ja -katto valmistajista vähintään myöntää. Elinikä voi olla tätä pidempikin.

Takaisinmaksuaika kuvaa aikaa, joka järjestelmällä menee hankintahintansa takaisinmaksuun. Vertailussa takaisinmaksuajat on laskettu summaamalla

yhteen vuodessa tuotetun sähköenergian rahallisia arvoja, joissa on huomioitu itse kulutettu ja ulkopuolelle myyty sähkö. Tämän jälkeen on katsottu monen vuoden jälkeen tuotto ylittää hankintahinnan. Takaisinmaksuaika ja tuoton korko on verrannollia toisiinsa nähden, ja nämä kertovat vakuuttavasti, miten järjestelmän mitoitus on onnistunut.

Kannattavuuslaskelmassa sähkön hinnan laskeminen tuotti hieman haasteita, sillä se koostuu useista eri osista, kuten käyttömaksu, siirtomaksu, perusmaksu ja veroluokka. Tämän myötä otin keskimääräisen arvioidun sähkön kilowattitunti kohtaisen hinnan, joka oli noin 15 senttiä per kilowattitunti. Tämä on luultavasti melko lähellä totuutta, sillä vuonna 2019 sähkön valtakunnallinen keskihinta oli 14,22 senttiä per kilowattitunti. Laskelmissa on myös huomioitu sähkön hinnan korotus, joka on noin 2 prosenttia vuodessa. Järjestelmän tuotanto myös laskee ajan myötä ja tämä on huomioitu laskelmassa 0,5 prosentin pudotuksella vuosittain.

Vertailun laskelmat on tehty insinööriyön aikana kerättyjen tietojen valossa, joten todelliset tulokset tulevaisuudessa voivat poiketa laskelmista. Auringon säteilykään ei ole vakio, vaan vuosikohtaisissa tuotannoissa voi esiintyä eroja. Sähkön hinnan muutokset on oletettu menneiden vuosien muutosten perusteella. Esimerkiksi sähköautojen yleistymisen vaikutusta sähkön hintaan on vaikea määritellä. Laskelmat ovat kuitenkin vertailukelpoisia toisiinsa nähden, sillä niissä on käytetty samoja muuttujia, kuten sähkön hinta ja laitteiston tehon laskua vuosien saatossa. Taulukko, jolla laskelmat saatiin, pohjautuu Jouni Juntusen, Mikko Jalaksen ja Karoliina Auvisen FinSolar-hankkeeseen 2015 tekemään aurinkosähkön kannattavuuslaskuriin, jota olen muokannut vertailuun sopivammaksi.

5.1 Kohde 1

Kohteessa yksi aurinkopaneelien hinnat on saatu kohteen käyttämältä verkko-yhtiöltä Kymenlaakson Sähköltä. Kattomateriaalin ollessa peltikatto aurinkokattovaihtoehtoiksi oli tarjolla Virte Solarin ja Rooftin tuotteet. Roofitilta en saanut

kohteeseen sopivaa tarjousta, joten päädyin Virte Solarin tuotteeseen. Aurinkokaton hinta on saatu Virte Solarin verkkosivulta ohjehinnastosta. Koska kohteen sähkön vuosikulutus on melko pieni, järjestelmän kooksi valikoitui pienin saatavilla oleva noin kolmen kilowattipiikin järjestelmä. Liitteessä 1 esitetään tarkemmat laskelmat, joilla taulukon 1 tulokset on saatu.

Taulukko 1. Kohteen 1 aurinkosähköratkaisujen vertailu.

	Aurinkopaneeli 20 astetta	Aurinkopaneeli 35 astetta	Aurinkokatto 20 astetta
Laitteiston hankintahinta	3952 €	4050 €	7910 €
Järjestelmän koko	3,2 kWp	3,2 kWp	3,3 kWp
Laitteiston kilowattipiikkihinta	1235 €/kWp	1265 €/kWp	2397 €/kWp
Kennomateriaali	mono-Si	mono-Si	CIGS
Vuosituotto (arvioitu sijainnin mukaan)	2951 kWh/v	3052 kWh/v	2980 kWh/v
Takaisinmaksuaika (laitteiston osalta)	12 vuotta	12 vuotta	22 vuotta
Sijoituksen keskimääräinen vuosikorko suhteutettuna hankintahintaan (laitteiston osalta)	9,51 %	9,81 %	4,98 %

Taulukosta 1 voidaan havaita, että taloudellinen ero aurinkopaneelin ja -katon välillä on tässä kohteessa merkittävä. Ero on lähes kaksinkertainen takaisinmaksuaikaa ja sijoituksen keskimääräistä vuosikorkoa tarkasteltaessa. Kohteen varjostusten vuoksi, kummankaan järjestelmän sijoittelu katolle ei ole helppoa, ellei varjostuksista päästä eroon.

5.2 Kohde 2

Kohteeseen tulee kattoremontin myös tiilikatto, joten aurinkokattovaihtoehtoina on Solarstonen ja Teslan tuotteet. Koska Teslan tuote ei ole vielä tänä vuonna saatavilla, päädyin Solarstonen tuotteeseen. Kohteessa 2 aurinkokaton hinta on saatu Solarstonelta, ja yrityksen edustajat myös mitoittivat järjestelmän kulutuksen mukaan. Tämäkin kohde on verkkoyhtiö Kymenlaakson Sähkön asiakas, joten etsin yrityksen verkkosivuilla olevasta taulukosta vastaavan kokoisen aurinkopaneelijärjestelmän, johon aurinkokattoa lähdin vertaamaan. Liitteessä 2 esitetään tarkemmat laskelmat, joilla taulukon 2 tulokset on saatu.

Taulukko 2. Kohteen 2 aurinkosähköratkaisujen vertailu.

	Aurinkopaneeli 20 astetta	Aurinkopaneeli 35 astetta	Aurinkokatto 20 astetta
Laitteiston hankintahinta	5530 €	5730 €	8130 €
Järjestelmän koko	5,6 kWp	5,6 kWp	5,0 kWp
Laitteiston kilowattipiikkihint	988 €/kWp	1023 €/kWp	1626 €/kWp
Kennomateriaali	mono-Si	mono-Si	mono-Si
Vuosituotto (arvioitu sijainnin mukaan)	5058 kWh/v	5290 kWh/v	4515 kWh/v
Takaisinmaksuaika (laitteiston osalta)	10 vuotta	10 vuotta	15 vuotta
Sijoituksen keskimääräinen vuosikorko suhteutettuna hankintahintaan (laitteiston osalta)	11,42 %	11,65 %	7,24 %

Valinta aurinkopaneelin ja -katon välillä ei ole itsestäänselvyys tässä kohteessa. Taloudelliset erot eivät ole kovin suuria, joten en pysty itse nostamaan toista toisen yläpuolelle. Kysymys on käytännössä, halutaanko järjestelmästä visuaalisesti näyttävä, joka kallistuisi aurinkokaton puoleen vai halutaanko tuottaa enemmän sähköä ja saada pienempi järjestelmän takaisinmaksu aika, mikä olisi taas paneelien etu.

5.3 Kohde 3

Kohteessa 3 aurinkopaneelien hinnat on saatu kohteen käyttämältä verkkoyhtiöltä Kymenlaakson Sähköltä. Kattomateriaalin ollessa peltikatto aurinkokattovaihtoehtoiksi oli tarjolla Virte Solarin ja Roofin tuotteet. Roofilta en saanut kohteeseen sopivaa tarjousta, joten päädyin Virte Solarin tuotteeseen. Aurinkokaton hinta on saatu Virte Solarin verkkosivulta ohjehinnastosta. Järjestelmän koko muodostui vuosituoannon oman käytön osuuden perusteella, mikä saavutettiin laskennassa käytetyllä järjestelmässä. Liitteessä 3 esitetään tarkemmat laskelmat, joilla taulukon 3 tulokset on saatu.

Taulukko 3. Kohteen 3 aurinkosähkörtarkaisujen vertailu.

	Aurinkopaneeli 25 astetta	Aurinkopaneeli 40 astetta	Aurinkokatto 25 astetta
Laitteiston hankintahinta	6935 €	7135 €	15 160 €
Järjestelmän koko	7,2 kWp	7,2 kWp	7,1 kWp
Laitteiston kilowattipiikkihinta	963 €/kWp	990 €/kWp	2135 €/kWp
Kennomateriaali	mono-Si	mono-Si	CIGS
Vuosituotto (arvioitu sijainnin mukaan)	6724 kWh/v	6928 kWh/v	6630 kWh/v

	Aurinkopaneeli 25 astetta	Aurinkopaneeli 40 astetta	Aurinkokatto 25 astetta
Takaisinmaksu- aika (laitteiston osalta)	10 vuotta	9 vuotta	19 vuotta
Sijoituksen keski- määräinen vuosi- korko suhteutet- tuna hankintahin- taan (laitteiston osalta)	12,24 %	12,39 %	5,58 %

Taulukosta 3 voidaan havaita, että taloudellinen ero aurinkopaneelin ja -katon välillä myös tässä kohteessa on merkittävä. Ero on kaksinkertainen takaisinmaksuaikaa ja sijoituksen keskimääräistä vuosikorkoa tarkasteltaessa.

5.4 Esimerkkikohteiden jatkotoimenpiteet

Esimerkkikohteille on toimitettu kohdekohtaiset laskelmat aurinkosähköjärjestelmistä. Lisäksi tein heille tiivistelmän aurinkosähkön teoriasta ja kohteelle soveltuvista aurinkosähköjärjestelmätuotteista.

Kohteiden omistajat olivat kiitollisia laskelmista. He halusivat vielä rauhassa tutustua laskelmiin ja pohtia pientuottajaksi ryhtymistä. Mikäli he ryhtyvät pientuottajiksi seuraava askel on halutun aurinkosähköjärjestelmä valmistajan tai toimitajan kartoituskäynti, jonka myötä järjestelmästä saadaan taloudellisia laskelmia kartoituksen tehneen yrityksen toimesta.

6 Yhteenveto

Aurinkokatot ovat vielä melko tuore ilmiö markkinoilla. Tämän myötä niistä ei ole vielä haastamaan perinteisiä paneeleita. Tämä käy ilmi myös laskelmista, joissa aurinkokatot tuottavat noin puolet vähemmän korkoa pääomaan suhteutettuna ja maksavat itsensä takaisin lähestulkoon kaksinkertaisessa ajassa perinteikkäisiin paneeleihin verrattuna. Vertailu ei ole täysin asianmukainen, sillä kuten aiemmin on mainittu ja nimestä saattaa päätellä, niin aurinkokatto toimii kattomateriaalina, joten sen valmistuskustannukset ovat korkeammat kuin aurinkopaneelilla. Tästä huolimatta taloudellinen ero on vielä melko suuri näiden kahden välillä pelkästään laitteiston osalta.

Aurinkokaton hankintaa kannattaa pääosin pohtia kattoremontin yhteydessä. Tällöin on mahdollista saada taloudellista etua materiaalin ja työkustannusten sisällyttämisestä osin tavalliseen kattoremontin hintaan. Aurinkopaneelijärjestelmässä nämä kustannukset tulevat tavallisen kattoremontin hinnan lisäksi, koska järjestelmä rakennetaan kattomateriaalin päälle. Osa valmistajista mainitsee edukseen tehtaalla tehtävän aurinkokennojen ja kattomateriaalin yhdistämisen nopeuttavan asennusta remonttikohteessa. Tästä ei liene taloudellista etua syntyvän, sillä tehtaalla tehty työ ei oikeuta kotitalousvähennyksen saamiseen toisin kuin kohteessa paikan päällä tehtävä paneelien asennustyö.

Merkittävin ero sähköntuotannon kannalta aurinkopaneelin ja -katon välillä on asennuskulman säätäminen. Aurinkokatossa asennuskulmaa ei voi säätää harjakaton kulmasta poikkeavaksi, sillä se toimii kattomateriaalina. Paneeleissa kulman säätäminen onnistuu, koska ne kiinnitetään erillisillä kiinnikkeillä kattomateriaaliin. Kulmaa ei voi täysin mielivaltaisesti säätää, sillä kulman muuttamiseen tarvitaan erillinen kiinnitysjärjestelmä, jota kutsutaan säätökolmioksi tai asennuskolmioksi. Kattotuotteisiin ja aurinkopaneelien kiinnitykseen erikoistunut yritys Orima tarjoaa tällaista tuotetta. Se on tänä vuonna tuonut markkinoille Orima Smart 2 -asennuskolmion. Asennuskolmion minimisäätö on saatu 15 asteeseen, joka oli vanhassa versiossa 20 astetta.

Laskelmien perusteella 15 asteen kulman muutos harjakaton kulmaan tuo kohteessa 1 noin 100 kWh ja muissa kohteissa noin 200 kWh lisää tuotantoa vuosittain. Kulman muutos nostaa tuotantoa pääosin kesäkuukausien ulkopuolella, missä sähkönkulutus on suurempaa. Mikäli ylimääräinen tuotanto pystytään sisällyttämään omaan kulutukseen, on sen rahallinen arvo vuosittain 15–30 euroa ja järjestelmän eliniässä 375–750 euroa nykysähkön hinnalla laskettuna. Säätökolmiot tuovat järjestelmään lisäkustannuksia, sillä ne maksavat noin 30 euroa kappale ja niitä tarvitaan kaksi jokaiselle paneelille. Lisäksi kohteelta vaaditaan enemmän asennuskelpoista pinta-alaa, jotta paneelit eivät varjosta toisiaan, kun ne asennetaan kallistettuna haluttuun kulmaan.

Sekä aurinkopaneeleiden että -kattojen hankintaa harkitessa tärkein asia on varjostusten huomioiminen. Pienet varjostukset kennojen pinnalla vaikuttavat merkittävästi niiden tuotantoon. Tämä johtuu siitä, että ne kytketään sarjoihin. Auringon sähkömagneettisen säteilyn voi ajatella auringonvalon tapaan, eli aina, kun auringonvalo pääsee paistamaan aurinkokennoihin niin ne myös tuottavat sähköä. Mikäli haluaa talvella tuotantoa, aurinkokennot tulisi puhdistaa mahdollisesta lumesta, sillä lumipeite estää sähköntuoton syntymisen varjostuksellaan.

Globaalisti aurinkokattovalmistajia on jo runsaasti markkinoilla. Suomessa valmistajien ja toimittajien määrä on vielä hyvin rajallinen. Aurinkokaton etuna paneelisiin verrattuna on niiden visuaalisuus. Aurinkokattojärjestelmä voidaan toteuttaa lähes huomaamattomaksi. Visuaalisuus on makuasia, ja luultavasti suurin osa kuluttajista ajattelee aurinkosähköjärjestelmän hankintaa taloudelliselta kannalta enemmän kuin ulkonäölliseltä kannalta. Aurinkokatot ovat tuore näky Suomen markkinoilla, joten mikäli tuotekehityksien myötä niiden hintaa saadaan laskettua, ne voivat kilpailla entistä paremmin perinteisten paneelien kanssa.

Lähteet

- 1 Auringosta sähköä. 2020. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa>. 5.8.2020. Luettu 18.4.2021.
- 2 Energiaa auringosta. 2018. Verkkoaineisto. Figmentor Oy. <<https://aurinkosahkoa.com/aurinkoenergia/>>. Luettu 18.4.2021.
- 3 Miten aurinkosähkö toimii. 2021. Verkkoaineisto. KSS Energia. <<https://kssenergia.fi/usein-kysyttya>>. Luettu 20.4.2021.
- 4 Aurinkosähköteknologiat. 2020. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat>. Luettu 26.4.2021.
- 5 CIGS aurinkokennotekniikka. 2019. Verkkoaineisto. DS New Energy. <<http://fi.dsnsolar.com/info/cigs-solar-cell-technology-32908679.html>>. Luettu 26.4.2021.
- 6 Aurinkopaneelien hankintaopas. 2020. PDF-dokumentti. Helen Oy. <https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneelien_hankintaopas.pdf>. Luettu 20.4.2021.
- 7 Aurinkopaneelien asentaminen. 2021. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen>. Luettu 20.8.2021.
- 8 Asennuskolmio SMART. 2021 Verkkoaineisto. Orima-Tuote Oy. <<https://orima.fi/orima-solar/asennuskolmio-smart/>>. Luettu 20.8.2021.
- 9 Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen. 2020. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen>. Luettu 20.8.2021.
- 10 Aurinkopaneelien sijoittaminen ja suuntaus. 2020. Verkkoaineisto. Väre. <<https://vare.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-sijoittaminen-ja-suuntaus/>>. 24.4.2020. Luettu 21.8.2021.
- 11 Auvinen, Karoliina & Rummukainen, Miika. 2020. Aurinkosähköjärjestelmien hinnat laskussa. Verkkoaineisto. <[https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Aurinkosahkojarjestelmien_hinnat_laskuss\(56958\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Aurinkosahkojarjestelmien_hinnat_laskuss(56958))>. 12.5.2020. Luettu 22.4.2021.
- 12 Energiavuosi 2019. 2.12 Aurinko. 2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2020/html/suom0001.htm>. 4.2.2021. Luettu 22.4.2021.

- 13 Müller, Julia. 2015. Ympäristövaikutukset. Verkkoaineisto. Finsolar.net <<https://finsolar.net/aurinkoenergia/ymparistovaikutukset/>>. 8/2015 Luettu 21.4.2021.
- 14 ARE TESLA SOLAR ROOFS WORTH THE MONEY? ARE THERE ANY COMPETITORS? OUR TAKE ON THE FUTURE OF BIPV. 2020. Verkkoaineisto. Ecohome. <<https://www.ecohome.net/guides/3502/tesla-solar-roof-cost-competitors-review/>>. 1.2.2020. Luettu 30.5.2021.
- 15 Yrityksen verkkosivut. Verkkoaineisto. Virte Solar. <<https://www.vir-tesolar.fi/>>. Luettu 27.4.2021.
- 16 Yrityksen verkkosivut. Verkkoaineisto. Miasolé. <<http://miasole.com/>>. Luettu 27.4.2021.
- 17 Yrityksen verkkosivut. Verkkoaineisto. Solar Stone. <<https://solars-tone.ee/fi/>>. Luettu 28.4.2021.
- 18 Yrityksen verkkosivut. Verkkoaineisto. Roofit.Solar. <<https://roofit.solar/fi/>>. Luettu 2.5.2021.
- 19 PVGIS-järjestelmä. 2021. Verkkoaineisto. Photovoltaic Geographical Information System. <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP>. Luettu 30.6.2021.

Laskelmat kohde 1

3,2 kWp aurinkopaneelijärjestelmä harjakaton kulman mukaisesti asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko teho Wp	3200	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m ²	21,76	neliometriä
Kennojen asennuskulma	20,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen sähkönkulutus	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/kWh	Aurinkosä- hkön ylijäämän muuttokinet	Aurinkosähkö- n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö- ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö- ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	1600	9,07	0,15	0,045	26	26	0	1574
Helmikuu	1400	26,35	0,15	0,045	75	75	0	1325
Maaliskuu	1400	74,62	0,15	0,045	211	211	0	1189
Huhtikuu	1200	114,08	0,15	0,045	323	323	0	877
Toukokuu	800	171,33	0,15	0,045	485	320	165	480
Kesäkuu	400	173,07	0,15	0,045	490	160	330	240
Heinäkuu	400	184,01	0,15	0,045	521	160	361	240
Elokuu	400	143,34	0,15	0,045	405	160	245	240
Syyskuu	800	86,01	0,15	0,045	243	243	0	557
Lokakuu	1200	41,52	0,15	0,045	117	117	0	1083
Marraskuu	1400	11,96	0,15	0,045	34	34	0	1366
Joulukuu	1500	6,30	0,15	0,045	18	18	0	1482
Yhteensä	12500				2947	1846	1100	10654

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	2947	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	37	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	
3952	€

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	2947,00	323,66		8,19 %
2	0,1509	2932,27	327,51	651,17	8,29 %
3	0,1539	2917,60	331,41	982,58	8,39 %
4	0,1570	2903,02	335,39	1317,97	8,49 %
5	0,1601	2888,50	339,42	1657,39	8,59 %
6	0,1633	2874,06	343,52	2000,91	8,69 %
7	0,1666	2859,69	347,69	2348,60	8,80 %
8	0,1699	2845,39	351,92	2700,52	8,90 %
9	0,1733	2831,16	356,22	3056,74	9,01 %
10	0,1768	2817,01	360,59	3417,33	9,12 %
11	0,1803	2802,92	365,03	3782,36	9,24 %
12	0,1839	2788,91	369,54	4151,90	9,35 %
13	0,1876	2774,96	374,12	4526,03	9,47 %
14	0,1913	2761,09	378,78	4904,80	9,58 %
15	0,1952	2747,28	383,51	5288,31	9,70 %
16	0,1991	2733,55	388,31	5676,62	9,83 %
17	0,2030	2719,88	393,19	6069,81	9,95 %
18	0,2071	2706,28	398,15	6467,96	10,07 %
19	0,2112	2692,75	403,18	6871,15	10,20 %
20	0,2155	2679,28	408,30	7279,45	10,33 %
21	0,2198	2665,89	413,50	7279,45	10,46 %
22	0,2242	2652,56	418,77	8111,71	10,60 %
23	0,2287	2639,29	424,13	8535,85	10,73 %
24	0,2332	2626,10	429,58	8965,43	10,87 %
25	0,2379	2612,97	435,11	9400,54	11,01 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	376,02
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	9,51 %

3,2 kWp aurinkopaneelijärjestelmä 15° harjakattoa jyrkempään kulmaan asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	3200	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m ²	21,76	neliometriä
Kennojen asenneskulma	35,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikokonaisten sähkönkulutus kWh/kk	Auriongon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän määrä kWh/kk	Aurinkosähkön tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkön käyttöön omaan kWh	Aurinkosähkön myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	1600	11,60	0,15	0,045	33	33	0	1567
Helmikuu	1400	31,36	0,15	0,045	89	89	0	1311
Maaliskuu	1400	83,13	0,15	0,045	235	235	0	1165
Huhtikuu	1200	119,16	0,15	0,045	337	337	0	863
Toukokuu	800	174,15	0,15	0,045	493	320	173	480
Kesäkuu	400	171,67	0,15	0,045	486	160	326	240
Heinäkuu	400	185,02	0,15	0,045	523	160	363	240
Elokuu	400	148,72	0,15	0,045	421	160	261	240
Syyskuu	800	93,35	0,15	0,045	264	264	0	536
Lokakuu	1200	48,00	0,15	0,045	136	136	0	1064
Marraskuu	1400	14,69	0,15	0,045	42	42	0	1358
Joulukuu	1500	8,55	0,15	0,045	24	24	0	1476
Yhteensä	12500				3082	1959	1122	10541

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	3082	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	36	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	4050	€
--	------	---

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	3082,00	341,66		8,44 %
2	0,1509	3066,59	345,76	687,41	8,54 %
3	0,1539	3051,26	349,92	1037,33	8,64 %
4	0,1570	3036,00	354,15	1391,48	8,74 %
5	0,1601	3020,82	358,45	1749,93	8,85 %
6	0,1633	3005,72	362,81	2112,74	8,96 %
7	0,1666	2990,69	367,25	2479,99	9,07 %
8	0,1699	2975,73	371,76	2851,75	9,18 %
9	0,1733	2960,86	376,34	3228,09	9,29 %
10	0,1768	2946,05	380,99	3609,08	9,41 %
11	0,1803	2931,32	385,72	3994,80	9,52 %
12	0,1839	2916,66	390,52	4385,32	9,64 %
13	0,1876	2902,08	395,40	4780,72	9,76 %
14	0,1913	2887,57	400,35	5181,07	9,89 %
15	0,1952	2873,13	405,39	5586,46	10,01 %
16	0,1991	2858,77	410,50	5996,97	10,14 %
17	0,2030	2844,47	415,70	6412,68	10,26 %
18	0,2071	2830,25	420,98	6833,64	10,39 %
19	0,2112	2816,10	426,34	7259,97	10,53 %
20	0,2155	2802,02	431,78	7691,75	10,66 %
21	0,2198	2788,01	437,31	7691,75	10,80 %
22	0,2242	2774,07	442,93	8571,99	10,94 %
23	0,2287	2760,20	448,63	9020,62	11,08 %
24	0,2332	2746,40	454,43	9475,05	11,22 %
25	0,2379	2732,67	460,31	9935,36	11,37 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	397,41
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	9,81 %

3,3 kWp aurinkokattojärjestelmä harjakaton kulman mukaisesti asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	3300	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m ²	22,44	neliometriä
Kennojen asennuskulma	20,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen sähkönkulutus	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/kWh	Aurinkosä- hkön yli jäämän osuus	Aurinkosähkö- n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö- ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö- ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	1600	10,25	0,15	0,045	30	30	0	1570
Helmikuu	1400	28,85	0,15	0,045	84	84	0	1316
Maaliskuu	1400	80,10	0,15	0,045	234	234	0	1166
Huhtikuu	1200	116,97	0,15	0,045	341	341	0	859
Toukokuu	800	164,03	0,15	0,045	479	320	159	480
Kesäkuu	400	165,88	0,15	0,045	484	160	324	240
Heinäkuu	400	171,18	0,15	0,045	499	160	339	240
Elokuu	400	136,04	0,15	0,045	397	160	237	240
Syyskuu	800	84,72	0,15	0,045	247	247	0	553
Lokakuu	1200	45,65	0,15	0,045	133	133	0	1067
Marraskuu	1400	12,87	0,15	0,045	38	38	0	1362
Joulukuu	1500	5,15	0,15	0,045	15	15	0	1485
Yhteensä	12500				2980	1922	1059	10578

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	2980	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	36	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	7910	€
--	------	---

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	2980,00	330,35		4,18 %
2	0,1509	2965,10	331,17	661,52	4,19 %
3	0,1539	2950,27	335,13	996,65	4,24 %
4	0,1570	2935,52	339,14	1335,79	4,29 %
5	0,1601	2920,85	343,22	1679,01	4,34 %
6	0,1633	2906,24	347,37	2026,38	4,39 %
7	0,1666	2891,71	351,58	2377,96	4,44 %
8	0,1699	2877,25	355,86	2733,82	4,50 %
9	0,1733	2862,87	360,21	3094,04	4,55 %
10	0,1768	2848,55	364,63	3458,66	4,61 %
11	0,1803	2834,31	369,12	3827,78	4,67 %
12	0,1839	2820,14	373,68	4201,46	4,72 %
13	0,1876	2806,04	378,31	4579,77	4,78 %
14	0,1913	2792,01	383,02	4962,79	4,84 %
15	0,1952	2778,05	387,80	5350,60	4,90 %
16	0,1991	2764,16	392,66	5743,25	4,96 %
17	0,2030	2750,33	397,59	6140,85	5,03 %
18	0,2071	2736,58	402,61	6543,46	5,09 %
19	0,2112	2722,90	407,70	6951,15	5,15 %
20	0,2155	2709,29	412,87	7364,03	5,22 %
21	0,2198	2695,74	418,13	7364,03	5,29 %
22	0,2242	2682,26	423,46	8205,61	5,35 %
23	0,2287	2668,85	428,88	8634,50	5,42 %
24	0,2332	2655,50	434,39	9068,89	5,49 %
25	0,2379	2642,23	439,98	9508,87	5,56 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	380,35
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	4,81 %

Laskelmat kohde 2

5,6 kWp aurinkopaneelijärjestelmä harjakaton kulman mukaisesti asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	5600	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelien pinta-alana m ²	38,08	neliömetriä
Kennojen asenneskulma	20,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen säteily kWh/m ² /kk	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosä- hkön ylijäämän kWh/kk	Aurinkosähkö- n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö- ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö- ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	2800	10,25	0,15	0,045	51	51	0	2749
Helmi	2800	28,85	0,15	0,045	143	143	0	2657
Maalis	2200	80,10	0,15	0,045	397	397	0	1803
Huhtik	1400	116,97	0,15	0,045	579	560	19	840
Toukok	1000	164,03	0,15	0,045	812	400	412	600
Kesäku	700	165,88	0,15	0,045	821	280	541	420
Heinäku	700	171,18	0,15	0,045	847	280	567	420
Eloku	700	136,04	0,15	0,045	673	280	393	420
Syysku	1000	84,72	0,15	0,045	419	400	19	600
Lokaku	1400	45,65	0,15	0,045	226	226	0	1174
Marrask	1500	12,87	0,15	0,045	64	64	0	1436
Jouluku	1900	5,15	0,15	0,045	25	25	0	1875
Yhteensä	18100				5058	3105	1952	14995

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	5058	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	39	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	5530	€
--	------	---

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	5058,00	545,10		9,86 %
2	0,1509	5032,71	551,45	1096,55	9,97 %
3	0,1539	5007,55	557,91	1654,46	10,09 %
4	0,1570	4982,51	564,47	2218,93	10,21 %
5	0,1601	4957,60	571,14	2790,08	10,33 %
6	0,1633	4932,81	577,92	3368,00	10,45 %
7	0,1666	4908,14	584,81	3952,81	10,58 %
8	0,1699	4883,60	591,81	4544,62	10,70 %
9	0,1733	4859,19	598,92	5143,54	10,83 %
10	0,1768	4834,89	606,15	5749,69	10,96 %
11	0,1803	4810,72	613,49	6363,19	11,09 %
12	0,1839	4786,66	620,95	6984,14	11,23 %
13	0,1876	4762,73	628,53	7612,68	11,37 %
14	0,1913	4738,91	636,24	8248,91	11,51 %
15	0,1952	4715,22	644,06	8892,98	11,65 %
16	0,1991	4691,64	652,01	9544,99	11,79 %
17	0,2030	4668,19	660,09	10205,07	11,94 %
18	0,2071	4644,84	668,29	10873,37	12,08 %
19	0,2112	4621,62	676,63	11550,00	12,24 %
20	0,2155	4598,51	685,10	12235,09	12,39 %
21	0,2198	4575,52	693,70	12930,79	12,54 %
22	0,2242	4552,64	702,44	13631,23	12,70 %
23	0,2287	4529,88	711,31	14342,54	12,86 %
24	0,2332	4507,23	720,33	15062,87	13,03 %
25	0,2379	4484,69	729,49	15792,35	13,19 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	631,69
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	11,42 %

5,6 kWp aurinkopaneelijärjestelmä 15° harjakattoa jyrkempään kulmaan asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	5600	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala m ²	38,08	neliometriä
Kennojen asennuskulma	35,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen säteily kWh/m ² /kk	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosä- hkön ylijäämän osuus %	Aurinkosähkö- n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö- ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö- ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	2800	13,26	0,15	0,045	66	66	0	2734
Heinäkkuu	2800	34,66	0,15	0,045	172	172	0	2628
Maaliskuu	2200	90,18	0,15	0,045	446	446	0	1754
Huhtikuu	1400	122,53	0,15	0,045	607	560	47	840
Toukokuu	1000	165,80	0,15	0,045	821	400	421	600
Kesäkuu	700	163,74	0,15	0,045	811	280	531	420
Heinäkuu	700	170,40	0,15	0,045	844	280	564	420
Elokuu	700	140,03	0,15	0,045	693	280	413	420
Syyskuu	1000	91,79	0,15	0,045	454	400	54	600
Lokakuu	1400	53,39	0,15	0,045	264	264	0	1136
Marraskuu	1500	15,95	0,15	0,045	79	79	0	1421
Joulukuu	1900	6,78	0,15	0,045	34	34	0	1866
Yhteensä	18100	1068,51			5290	3260	2029	14840

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	5290	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	38	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	5730	€
--	------	---

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	5290,00	575,54		10,04 %
2	0,1509	5263,55	582,32	1157,86	10,16 %
3	0,1539	5237,23	589,20	1747,06	10,28 %
4	0,1570	5211,05	596,20	2343,26	10,40 %
5	0,1601	5184,99	603,31	2946,57	10,53 %
6	0,1633	5159,07	610,53	3557,10	10,66 %
7	0,1666	5133,27	617,88	4174,98	10,78 %
8	0,1699	5107,60	625,34	4800,31	10,91 %
9	0,1733	5082,07	632,91	5433,23	11,05 %
10	0,1768	5056,66	640,62	6073,84	11,18 %
11	0,1803	5031,37	648,44	6722,28	11,32 %
12	0,1839	5006,22	656,39	7378,67	11,46 %
13	0,1876	4981,18	664,47	8043,14	11,60 %
14	0,1913	4956,28	672,67	8715,81	11,74 %
15	0,1952	4931,50	681,01	9396,82	11,88 %
16	0,1991	4906,84	689,48	10086,30	12,03 %
17	0,2030	4882,31	698,08	10784,38	12,18 %
18	0,2071	4857,89	706,82	11491,20	12,34 %
19	0,2112	4833,60	715,70	12206,90	12,49 %
20	0,2155	4809,44	724,72	12931,61	12,65 %
21	0,2198	4785,39	733,88	12931,61	12,81 %
22	0,2242	4761,46	743,19	14408,68	12,97 %
23	0,2287	4737,66	752,64	15161,32	13,14 %
24	0,2332	4713,97	762,24	15923,56	13,30 %
25	0,2379	4690,40	771,99	16695,56	13,47 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	667,82
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	11,65 %

5,0 kWp aurinkokattojärjestelmä harjakaton kulman mukaisesti asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	5000	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala m ²	34	neliometriä
Kennojen asennuskulma	20,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen sähkönkulutus	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosä- hkön ylijäämän muuttokierros	Aurinkosähk- ön tuotanto kWh/kk	Aurinkosähk- ö omaan käyttöön kWh	Aurinkosähk- ö myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	2800	10,25	0,15	0,045	45	45	0	2755
Helmikuu	2800	28,85	0,15	0,045	128	128	0	2672
Maaliskuu	2200	80,10	0,15	0,045	354	354	0	1846
Huhtikuu	1400	116,97	0,15	0,045	517	517	0	883
Toukokuu	1000	164,03	0,15	0,045	725	400	325	600
Kesäkuu	700	165,88	0,15	0,045	733	280	453	420
Heinäkuu	700	171,18	0,15	0,045	757	280	477	420
Elokuu	700	136,04	0,15	0,045	601	280	321	420
Syyskuu	1000	84,72	0,15	0,045	374	374	0	626
Lokakuu	1400	45,65	0,15	0,045	202	202	0	1198
Marraskuu	1500	12,87	0,15	0,045	57	57	0	1443
Joulukuu	1900	5,15	0,15	0,045	23	23	0	1877
Yhteensä	18100				4516	2940	1576	15160

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	4516	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	35	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	8130	€
--	------	---

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	4515,00	505,16	1016,43	6,21 %
2	0,1509	4492,43	511,27	1533,92	6,29 %
3	0,1539	4469,96	517,48	2057,71	6,37 %
4	0,1570	4447,61	523,79	2587,91	6,44 %
5	0,1601	4425,37	530,20	3124,63	6,52 %
6	0,1633	4403,25	536,72	3667,96	6,60 %
7	0,1666	4381,23	543,33	4218,01	6,68 %
8	0,1699	4359,33	550,05	4774,90	6,77 %
9	0,1733	4337,53	556,88	5338,72	6,85 %
10	0,1768	4315,84	563,82	5909,59	6,94 %
11	0,1803	4294,26	570,87	6487,82	7,02 %
12	0,1839	4272,79	578,03	7072,93	7,11 %
13	0,1876	4251,43	585,30	7665,62	7,20 %
14	0,1913	4230,17	592,69	8265,82	7,29 %
15	0,1952	4209,02	600,20	8873,64	7,38 %
16	0,1991	4187,97	607,82	9489,20	7,48 %
17	0,2030	4167,03	615,57	10112,64	7,57 %
18	0,2071	4146,20	623,43	10744,06	7,67 %
19	0,2112	4125,47	631,42	11383,59	7,77 %
20	0,2155	4104,84	639,54	12031,22	7,87 %
21	0,2198	4084,32	647,78	12687,95	7,97 %
22	0,2242	4063,89	656,15	13352,80	8,07 %
23	0,2287	4043,58	664,65	14025,87	8,18 %
24	0,2332	4023,36	673,29	14707,16	8,28 %
25	0,2379	4003,24	682,06		8,39 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	588,30
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	7,24 %

Laskelmat kohde 3

7,2 kWp aurinkopaneelijärjestelmä harjakaton kulman mukaisesti asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	7200	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala m ²	48,96	neliometriä
Kennojen asenneskulma	25,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen sähkönkulutus	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/kWh	Aurinkosä- hkön ylijäämän ostohinta	Aurinkosähkö- n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö- ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö- ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	4100	11,54	0,15	0,045	73	73	0	3127
Helmi	3200	31,32	0,15	0,045	199	199	0	2901
Maaliskuu	3100	86,20	0,15	0,045	549	549	0	1851
Huhtikuu	2400	117,92	0,15	0,045	751	680	71	1020
Toukokuu	1700	168,63	0,15	0,045	1073	480	593	720
Kesäkuu	1200	167,94	0,15	0,045	1069	400	669	600
Heinäkuu	1000	178,69	0,15	0,045	1137	440	697	660
Elokuu	1100	140,13	0,15	0,045	892	440	452	660
Syyskuu	1200	87,72	0,15	0,045	558	480	78	720
Lokakuu	1700	45,86	0,15	0,045	292	292	0	1408
Marraskuu	2400	13,72	0,15	0,045	87	87	0	2313
Joulukuu	3200	6,69	0,15	0,045	43	43	0	3157
Yhteensä	26300				6724	4163	2560	19137

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	6724	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	38	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	6935	€
--	------	---

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	6724,00	731,56		10,55 %
2	0,1509	6690,38	740,17	1471,73	10,67 %
3	0,1539	6656,93	748,92	2220,65	10,80 %
4	0,1570	6623,64	757,82	2978,46	10,93 %
5	0,1601	6590,53	766,85	3745,32	11,06 %
6	0,1633	6557,57	776,04	4521,35	11,19 %
7	0,1666	6524,78	785,37	5306,72	11,32 %
8	0,1699	6492,16	794,85	6101,57	11,46 %
9	0,1733	6459,70	804,48	6906,05	11,60 %
10	0,1768	6427,40	814,27	7720,33	11,74 %
11	0,1803	6395,26	824,22	8544,54	11,88 %
12	0,1839	6363,29	834,32	9378,87	12,03 %
13	0,1876	6331,47	844,59	10223,45	12,18 %
14	0,1913	6299,81	855,02	11078,47	12,33 %
15	0,1952	6268,32	865,61	11944,09	12,48 %
16	0,1991	6236,97	876,38	12820,46	12,64 %
17	0,2030	6205,79	887,31	13707,78	12,79 %
18	0,2071	6174,76	898,42	14606,20	12,95 %
19	0,2112	6143,89	909,71	15515,91	13,12 %
20	0,2155	6113,17	921,17	16437,08	13,28 %
21	0,2198	6082,60	932,82	16437,08	13,45 %
22	0,2242	6052,19	944,65	18314,55	13,62 %
23	0,2287	6021,93	956,66	19271,21	13,79 %
24	0,2332	5991,82	968,87	20240,08	13,97 %
25	0,2379	5961,86	981,27	21221,35	14,15 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	848,85
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	12,24 %

7,2 kWp aurinkopaneelijärjestelmä 15° harjakattoa jyrkempään kulmaan asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehosta Wp	7200	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala m ²	48,96	neliometriä
Kennojen asennuskulma	40,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh tainen sähkönkulutus	Auringon säteily kWh/m ² /kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosä hkon ylijäämän	Aurinkosähkö n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	4100	14,49	0,15	0,045	92	92	0	3108
Helmi	3200	36,66	0,15	0,045	233	233	0	2867
Maaliskuu	3100	95,09	0,15	0,045	605	605	0	1795
Huhtikuu	2400	121,25	0,15	0,045	772	680	92	1020
Toukokuu	1700	168,15	0,15	0,045	1070	480	590	720
Kesäkuu	1200	163,75	0,15	0,045	1042	400	642	600
Heinäkuu	1000	176,25	0,15	0,045	1122	440	682	660
Elokuu	1100	142,20	0,15	0,045	905	440	465	660
Syyskuu	1200	93,37	0,15	0,045	594	480	114	720
Lokakuu	1700	52,11	0,15	0,045	332	332	0	1368
Marraskuu	2400	16,47	0,15	0,045	105	105	0	2295
Joulukuu	3200	8,70	0,15	0,045	55	55	0	3145
Yhteensä	26300				6928	4343	2585	18957

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	6928	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	37	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	
7135 €	

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	6928,00	760,88		10,66 %
2	0,1509	6893,36	769,92	1530,80	10,79 %
3	0,1539	6858,89	779,11	2309,92	10,92 %
4	0,1570	6824,60	788,45	3098,36	11,05 %
5	0,1601	6790,48	797,93	3896,30	11,18 %
6	0,1633	6756,52	807,57	4703,87	11,32 %
7	0,1666	6722,74	817,37	5521,24	11,46 %
8	0,1699	6689,13	827,32	6348,56	11,60 %
9	0,1733	6655,68	837,43	7185,98	11,74 %
10	0,1768	6622,40	847,70	8033,69	11,88 %
11	0,1803	6589,29	858,14	8891,82	12,03 %
12	0,1839	6556,34	868,74	9760,57	12,18 %
13	0,1876	6523,56	879,51	10640,08	12,33 %
14	0,1913	6490,94	890,46	11530,53	12,48 %
15	0,1952	6458,49	901,57	12432,11	12,64 %
16	0,1991	6426,20	912,87	13344,97	12,79 %
17	0,2030	6394,07	924,34	14269,31	12,96 %
18	0,2071	6362,10	935,99	15205,31	13,12 %
19	0,2112	6330,29	947,83	16153,14	13,28 %
20	0,2155	6298,63	959,86	17113,00	13,45 %
21	0,2198	6267,14	972,07	17113,00	13,62 %
22	0,2242	6235,81	984,48	19069,55	13,80 %
23	0,2287	6204,63	997,08	20066,63	13,97 %
24	0,2332	6173,60	1009,88	21076,51	14,15 %
25	0,2379	6142,74	1022,88	22099,40	14,34 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	883,98
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	12,39 %

7,1 kWp aurinkokattojärjestelmä harjakaton kulman mukaisesti asennettuna

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	7100	Wp
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi	40	%
Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m2	48,28	neliometriä
Kennojen asenneskulma	25,0	astetta

Kuukaudet	Kiinteistön kuukausikoh- tainen sähkönkulutus	Auringon säteily kWh/m2/kk sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosä- hkön ylijäämän ostohinta	Aurinkosähkö- n tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkö- ä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkö- ä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh
Tammikuu	4100	11,54	0,15	0,045	72	72	0	3128
Helmi	3200	31,32	0,15	0,045	197	197	0	2903
Maaliskuu	3100	86,20	0,15	0,045	541	541	0	1859
Huhtikuu	2400	117,92	0,15	0,045	740	680	60	1020
Toukokuu	1700	168,63	0,15	0,045	1058	480	578	720
Kesäkuu	1200	167,94	0,15	0,045	1054	400	654	600
Heinäkuu	1000	178,69	0,15	0,045	1122	440	682	660
Elokuu	1100	140,13	0,15	0,045	880	440	440	660
Syyskuu	1200	87,72	0,15	0,045	551	480	71	720
Lokakuu	1700	45,86	0,15	0,045	288	288	0	1412
Marraskuu	2400	13,72	0,15	0,045	86	86	0	2314
Joulukuu	3200	6,69	0,15	0,045	42	42	0	3158
Yhteensä	26300				6630	4146	2484	19154

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	6630	kWh/v
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	37	%

Kannattavuuslaskelma

Järjestelmän hinta ilman asennuskustannuksia	
15160 €	

Vuosi	Sähkön hinta	Tuotettu sähkö	Tuotettu e/vuosi	Tuotto yht.	Tuoton korko
1	0,1479	6630,00	728,15		4,80 %
2	0,1509	6596,85	736,81	1464,96	4,86 %
3	0,1539	6563,87	745,60	2210,56	4,92 %
4	0,1570	6531,05	754,53	2965,09	4,98 %
5	0,1601	6498,39	763,61	3728,70	5,04 %
6	0,1633	6465,90	772,84	4501,54	5,10 %
7	0,1666	6433,57	782,21	5283,75	5,16 %
8	0,1699	6401,40	791,73	6075,48	5,22 %
9	0,1733	6369,39	801,41	6876,89	5,29 %
10	0,1768	6337,55	811,24	7688,13	5,35 %
11	0,1803	6305,86	821,23	8509,35	5,42 %
12	0,1839	6274,33	831,37	9340,73	5,48 %
13	0,1876	6242,96	841,68	10182,41	5,55 %
14	0,1913	6211,74	852,15	11034,56	5,62 %
15	0,1952	6180,69	862,79	11897,35	5,69 %
16	0,1991	6149,78	873,60	12770,96	5,76 %
17	0,2030	6119,03	884,58	13655,54	5,83 %
18	0,2071	6088,44	895,73	14551,27	5,91 %
19	0,2112	6058,00	907,06	15458,33	5,98 %
20	0,2155	6027,71	918,57	16376,90	6,06 %
21	0,2198	5997,57	930,26	16376,90	6,14 %
22	0,2242	5967,58	942,13	18249,29	6,21 %
23	0,2287	5937,74	954,19	19203,49	6,29 %
24	0,2332	5908,05	966,44	20169,93	6,37 %
25	0,2379	5878,51	978,89	21148,82	6,46 %

Keskimääräinen vuosituotto (€/vuosi):	845,95
Keskimääräinen tuoton vuosikorko (%):	5,58 %