



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jari Hautamäki

---

# **Aurinkosähköpaneelijärjestelmän hankinnan suunnittelu ja kannattavuuden laskelmointi omakotitaloon**

Opinnäytetyö

Syksy 2022

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Jari Hautamäki

Työn nimi: Aurinkosähköpaneelijärjestelmän hankinnan suunnittelu omakotitaloon

Ohjaaja: Marko Hietamäki

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 47

Liitteiden lukumäärä: 6

---

Tämä työ suoritettiin itselle oman sähkönkulutuksen pienentämiseksi ja rahan säästämiseksi. Tavoitteena oli laskea ja selvittää Aurinkopaneeli-investoinnin kannattavuus, takaisinmaksuaika ja järjestelmän mahdolliset asennuspaikat.

Työ eteni selvittämällä asioita järjestelmistä ja niiden hinnoista. Tämän jälkeen tutkittiin mahdollista säteilyn määrää mahdollisella asennuspaikalla. Näiden tietojen selvittämisen jälkeen laskettiin tuottojen määrää ja vertailtiin eri sähkönhintojen vaikutusta takaisinmaksu aikoihin. Lopulta järjestelmä todettiin kannattavaksi investoinniksi ja aloitettiin hankinnan suunnittelu.

Hankinnassa oli ongelmia suuren aurinkopaneelien kysynnän takia. Tämä aiheutti laitteistoon muutoksia lähes kaikkien laitteiden osalta ja hankinta viivästyi elokuulle, koska komponentteja ei ollut enemminkin saatavilla. Laitteiston hankinnan venymisen takia keskikesän sähköntuotanto meni ohitse. Kuitenkin laitteiston käyttöönoton jälkeen saatiin dataa vielä loppusyksyltä, jota verrattiin arvioituihin tuotantomääriin.

Lopputuloksena voidaan todeta aurinkopaneelien olevan kirjoitushetkellä kannattava investointi. Sähkön markkinahintojen vaikutus laitteiston takaisinmaksu aikaan on merkittävä, sillä takaisinmaksun arvioaika on 5–12 vuotta riippuen toteutuvista sähköhinnoista.

<sup>1</sup> Asiasanat: aurinkopaneeli, uusiutuvaenergia, energiantuotanto, aurinkoenergia, kannattavuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Jari Hautamäki

Title of thesis: Planning the acquisition of a solar power system for a house

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2022

Number of pages: 47

Number of appendices: 6

---

The thesis examined the profitability and payback period of investing in a solar power system for a house. Possible installation locations, directions and sizes of the system were considered in the calculations.

After establishing profitability, the equipment was acquired. There were some availability problems because of the great demand for solar systems, so the purchase of the system was delayed until the fall. This also caused changes in the system. The panel models and inverter had to be changed to another brand and model.

After the acquisition, the realized electricity production amounts were compared with the estimated ones and analyzed. Unfortunately, the mid-summer measurement data was not received due to the late installation.

As the result, it could be stated that the payback period of solar panels largely depends on future electricity prices. In any case, the payback period will be less than 12 years. In the best case it can be only 5 years.

<sup>1</sup> Keywords: solar panels, renewable energy, energy production, solar energy, profitability

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO .....	9
1.1 Työn tausta .....	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne .....	9
2 AURINKOENERGIA.....	11
2.1 Aurinko .....	11
2.2 Auringon säteily.....	11
2.3 Auringon kulman ja olosuhteiden vaikutus säteilyn määrään .....	12
3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ .....	15
3.1 Yleisesti.....	15
3.2 Paneelit .....	15
3.2.1 Monokide (Monocrystalline) .....	16
3.2.2 Monokidepaneelien valmistus .....	17
3.2.3 Monikide eli monikidepii- (poly, polycrystalline).....	17
3.2.4 HALF CUT (PERC).....	18
3.3 Invertteri eli vaihtosuuntaaja.....	20
3.3.1 Ketjuinvertteri .....	20
3.3.2 Mikroinvertteri .....	21
3.4 Kaksisuuntainen etäluettava kWh-mittari .....	22
3.5 Suojalaitteet ja katkaisijat .....	22
3.6 Standardit.....	24
4 ASENNUSKOHDE .....	25
4.1 Nykytilanne sähkönkulutuksessa.....	25
4.2 Mahdolliset asennuspaikat .....	25

4.3	Järjestelmän koko .....	26
5	KANNATTAVUUSLASKELMAT .....	30
5.1	Sähkön hinta .....	30
5.2	Verotus.....	30
5.3	Laskelmat.....	31
5.3.1	Järjestelmävaihtoehto 1.....	32
5.3.2	Järjestelmävaihtoehto 2 .....	33
5.3.3	Järjestelmävaihtoehto 3 .....	34
5.3.4	Järjestelmävaihtoehto 4 .....	35
6	JÄRJESTELMÄN HANKINTA.....	36
6.1	Hankinnan ongelmat .....	36
6.2	Järjestelmän hankinta .....	36
6.3	Järjestelmän asennus .....	36
7	TULOKSET JA JÄRJESTELMIEN VERTAILUA .....	39
7.1	Toteutuneet arvot syyskuussa 2022.....	39
7.1	Toteutuneet arvot lokakuussa 2022 .....	41
7.2	Tulokset.....	41
7.3	Kiinteän ja kääntyvän järjestelmän erot tuotoissa.....	42
8	POHDINTA JA YHTEENVETO.....	44
	LÄHTEET .....	45
	LIITTEET .....	47

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Monokide Half-cut paneeli 405W Astroenergy .....	16
Kuva 2. Monikidepaneeli 290W Astroenergy .....	18
Kuva 3. Half cut paneelin virtapiiri.....	19
Kuva 4. Yhdestä piiristä koostuvan paneelin virtapiiri. ....	19
Kuva 5. Growatt 3-vaihe sarjainvertteri .....	21
Kuva 6. Mikroinvertteri .....	22
Kuva 7. DC erotuskytkin .....	23
Kuva 8. AC erotuskytkin.....	23
Kuva 9. Mc4 sulake. ....	24
Kuva 10. Asennuspaikka. ....	26
Kuva 15. Invertteri ja katkaisijat seinälle asennettuna. ....	37
Kuva 16 Kiinnityskiskot asennettuna .....	38
Kuva 17 Paneelit katolle asennettuna.....	38
Kuvio 1. Aikavakion suuruus 1976-2017.....	11
Kuvio 2 Säteilymäärät kuukausittain aurinkoon kohdistettuna. ....	13
Kuvio 3 Säteilymäärät kuukausittain vaakatasossa .....	14
Kuvio 4 Säteilymäärät vuodessa.....	14
Kuvio 5. Sähkökulutukset kuukausittain 2021.....	25

Kuvio 6. Talon katolle 9,3kW paneelisto .....	28
Kuvio 7. Autotallin mahdolliset paneelit .....	28
Kuvio 8. Talon paneelit, jos osa laitetaan tallin katolle .....	29
Kuvio 9 Pörssisähkö 1.1–30.9 .....	30
Kuvio 10 EU:n aurinkoenergia laskuri .....	32
Kuvio 11. Syyskuun päivätuotannot .....	40
Kuvio 12. Syyskuun paras tuotantopäivä 43.5 kWh .....	40
Kuvio. 13 Syyskuun huonoin tuotantopäivä 3.4 kWh .....	41
Kuvio 14. Kiinteän ja seuraavan järjestelmän kuukausituotannot .....	42
Kuvio 15. Tuotantomäärät päivittäin .....	43
Taulukko 1. 9.3kWp järjestelmän laskelma .....	33
Taulukko 2. 6kWp järjestelmä .....	33
Taulukko 3 6kWp järjestelmä, myyntisähkön hinnat 2022 vuoden keskiarvolla .....	34
Taulukko 4. 3kWp järjestelmä .....	34
Taulukko 5. 12kWp hajautettuna kolmeen ilmansuuntaan .....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Nordpool</b>	Pohjoismaiden ja Baltian maiden kantaverkkoyhtiöiden yhdessä omistama sähköpörssi.
<b>kWp</b>	KWp tarkoittaa kilowattipiikkiä eli aurinkosähköjärjestelmän huipputehoa.
<b>kWh</b>	kWh tarkoittaa kilowattituntia, joka on energian mittayksikkö. Se ilmaisee energiamäärää, joka kuluu tunnissa
<b>Atsimuutti</b>	Atsimuutti on suunnan horisontaalinen komponentti, joka mitataan horisonttia pitkin aloittaen yleensä pohjoisesta itään siis myötäpäivään ja yleensä mitaten asteissa. Aurinkopaneelijärjestelmissä oletus on kuitenkin monesti 0 astetta etelässä.
<b>MPPT</b>	Säätötekniikka, joka mittaa paneeliston ominaisuuksia jatkuvasti ja mukauttaa toimintajännitettä parhaimman hyötysuhteen saavuttamiseksi
<b>Puolijohde</b>	Puolijohde on materiaali, jonka ominaisuudet ovat johtimen ja eristeen väliltä. Se on yleensä kiinteä kemiallinen alkuaine tai yhdiste, joka johtaa sähköä vain tietyissä olosuhteissa, mikä tekee siitä ihanteellisen elektronisten laitteiden sähkövirran hallintaan.
<b>MC4</b>	Yleinen pikaliitin tyyppi aurinkosähköjärjestelmissä



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Työn taustana on selvittää aurinkopaneelijärjestelmän kannattavuus omakotitalossa, koska kohonneet sähkön hinnat ovat pistäneet miettimään keinoja vähentää sähkön ostamista. Auramieskin (2022). Kirjoittaa Mtv3:sen verkkoartikkelissa sähkönhintojen 10-kertaistumisesta ja suosittelee kaikkia energian säästöön Ukrainan sodan aiheuttaman energiakriisin vuoksi.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on selvittää aurinkopaneelijärjestelmän hankintaan liittyviä kysymyksiä, kuten järjestelmän koko, takaisinmaksuaika, asennustapa ja kannattaako kyseiseen kohteeseen hankkia aurinkopaneelit. Lisäksi mahdollisen hankinnan jälkeen analysoidaan ja verrataan tuloksia muutamaa verrokki järjestelmään ja alustaviin laskelmiin.

## 1.3 Työn rakenne

Työn alussa selvitetään teoriaa aurinkosähköstä, sisältäen itse aurinkoenergian perusteet ja erilaiset markkinoilla olevat laitteistot. Tämän jälkeen selvitetään, mikä tehoinen järjestelmän tulisi olla parhaan hyödyn saavuttamiseksi kyseisessä kohteessa. Tämän jälkeen tutkitaan mahdolliset paneeli vaihtoehdot ja hinnat, selvitetään paras mahdollinen ilmansuunta järjestelmälle ja onko siinä suunnassa tarvittavaa tilaa tarpeeksi. Lopuksi lasketaan kyseisillä paneelien asennuskulmilla säteilyn määrä ja lasketaan sen perusteella vuosituottoja. Tuottoarvion ja sähkön hinta-arvion perusteella voidaan laskea arvio takaisinmaksuajoista. Tämän perusteella nähdään, kannattaako investointi ja siirrytään hankinnan suunnitteluun.

Hankinta-osio sisältää selvitystä saatavilla olevista paneeleista ja niistä saaduista tarjouksista, hintojen muutoksista suuren kysynnän seurauksena ja saatavuusongelmista.

Hankinnan päätökseen saatettua siirrytään lyhyesti laitteiston asennukseen ja sen yleisimpiin määräyksiin.

Viimeisenä analysoidaan alkulaskelmien ja toteutuneiden sähköntuotto määrien välillä ja vertaillaan järjestelmän sähkön tuottoa vastaavan kokoiseen järjestelmään, joka toimii kääntyen aina auringon suuntaa.

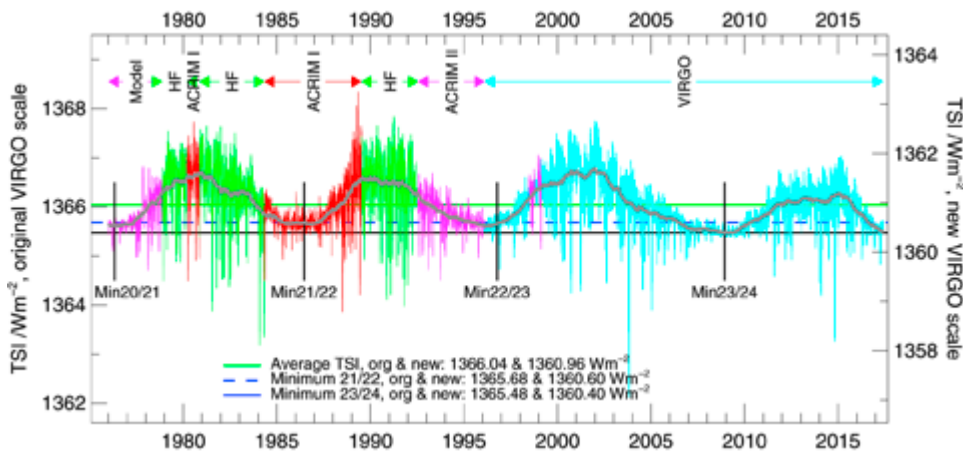
## 2 AURINKOENERGIA

### 2.1 Aurinko

Aurinko on tähti, joka mahdollistaa elämän maapallolla (Tahkokorpi ym., 2016, s.11–13). Nykytietämyksen mukaan aurinko koostuu pääasiassa vedystä (75 %) ja heliumista (23 %). Spektrianalyysin mukaan loppuosa auringosta sisältää natriumia, rautaa, kalsiumia, magnesiumia, nikkeliä, bariumia, kuparia, typpeä ja hiiltä. Lisäksi aurinko sisältää myös tuntemattomia kemiallisia yhdisteitä. Aurinko on läpimitaltaan 1,4 miljoonaa kilometriä eli 109 kertaa maan halkaisija. Aurinko on käytännössä valtava ydinvoimalaitos, koska auringon energia syntyy fuusioreaktiosta. Teho voidaan havainnollistaa sillä, että se tuottaa 1,5 miljoonasosasekunnissa enemmän energiaa kuin koko maapallon kulutus on vuodessa ja maapallolle säteilyä tulee noin 10 000 kertaa ihmiskunnan vuodessa käyttämä teho.

### 2.2 Auringon säteily

Auringosta maapallolle tuleva säteily on infrapunasäteilyä eli lämpöä, valoa ja ultraviolettisäteilyä (Ilmatieteen laitos, i.a). Aurinko säteilee maahan noin 1366W teholla neliometriä kohden ja tätä kutsutaan aurinkovakioksi. Kuviossa 1 nähdään aurinkovakion vaihtelu vuosina 1976—2017. Eteläisimmässä Suomessa kokonaissäteilyenergian määrä vaakatasolle on Ilmatieteen laitoksen testivuoden mukaan noin 980 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa, Keski-Suomessa määrä on noin 890 kWh/m<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa noin 790 kWh/m<sup>2</sup>.



Kuvio 1. Aikavakion suuruus 1976-2017 (Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos / World Radiation Centre, 2022.)

Auringon säteilyn teho vaihtelee vähän (Ilmatieteen laitos, i.a). Auringon pinnalla on välillä aurinkopilkkuja, jotka näkyvät tummempina läiskinä. Pilkut muodostuvat kohtiin, joissa auringon pinnan läpäisee voimakas magneettikenttä. Pilkkujaksot kestävät yleensä noin 11 vuotta. Pilkkujen ulkopuolinen osa auringon pinnasta on normaalia kirkkaampi, joten pilkkujakson maksimin aikana säteilyteho voi olla  $1\text{W}/\text{m}^2$  suurempi kuin pilkkuminimi jakson aikana.

### 2.3 Auringon kulman ja olosuhteiden vaikutus säteilyn määrään

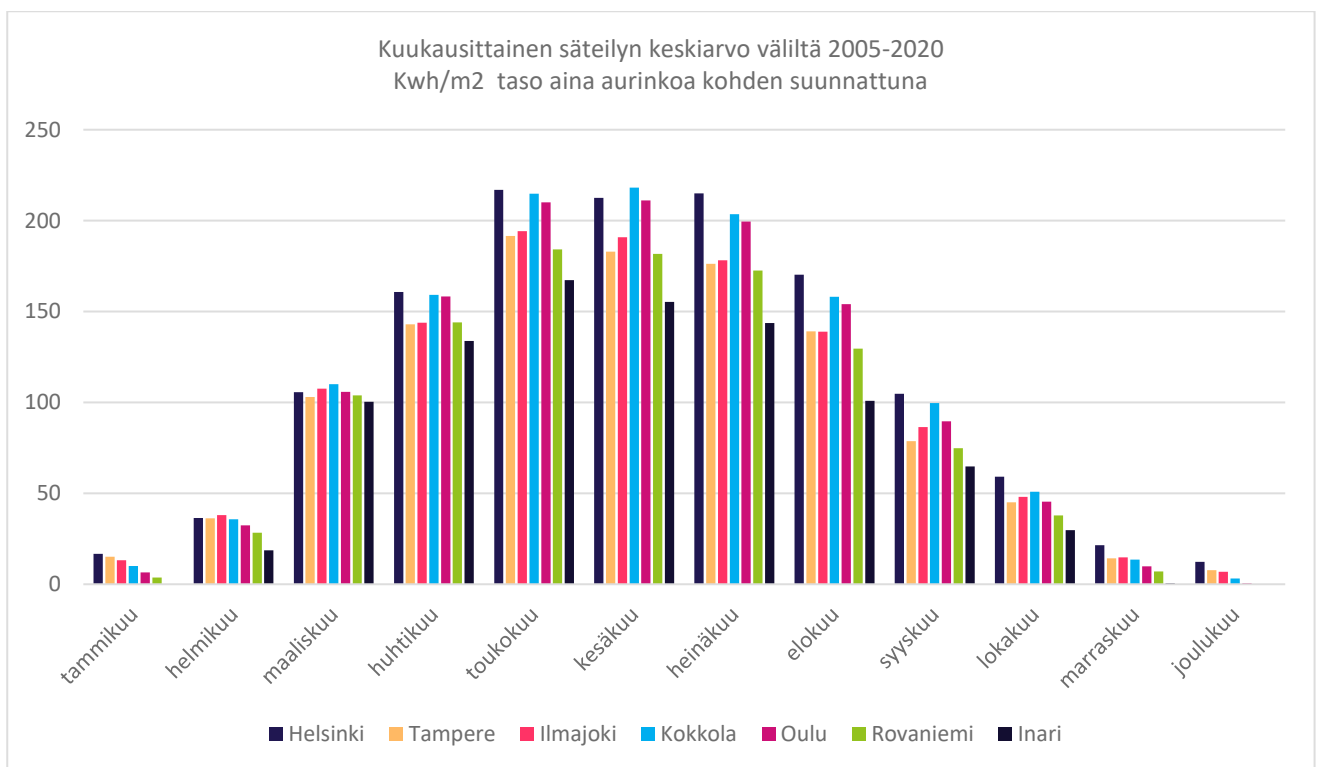
Auringosta maahan päätyvän säteilyn määrään vaikuttaa ilmakehä (Tahkokorpi ym., 2016, s.14). Ilmakehä koostuu pääosin kaasumolekyyleistä ja vesihöyrystä sekä erilaisista epäpuh-  
tauksista. Mitä pidemmän matkan säteily kulkee ilmakehässä, sitä heikommaksi se tulee. Tä-  
män takia säteilyteho on pienempi aamulla ja illalla niin kuin myös talvella paistaessaan ma-  
talalta.

Maanpinnalle tuleva säteily voidaan jakaa 3 luokkaan (Tahkokorpi ym., 2016, s.14). Suora auringonsäteily, haja – diffuusinen säteily ja ilmakehän vastasäteily. Suora auringonsäteily on suoraan ilmakehän läpi tullutta säteilyä. Hajasäteilyssä säteily heijastuu ilmakehän molekyyleistä, pilvistä ja maanpinnasta. Vastasäteily heijastuu vesihöyrystä, hiilidioksidista ja otsonista ilmakehässä. Tätä kutsutaan kasvihuonevaikutukseksi. Säteilyn hetkelliseen määrään sääolosuhteiden muutokset vaikuttavat suuresti. Pilvisellä säällä hajasäteilyn määrä saattaa olla 80 %, kun taas kirkkaana päivänä se on noin 20 %.

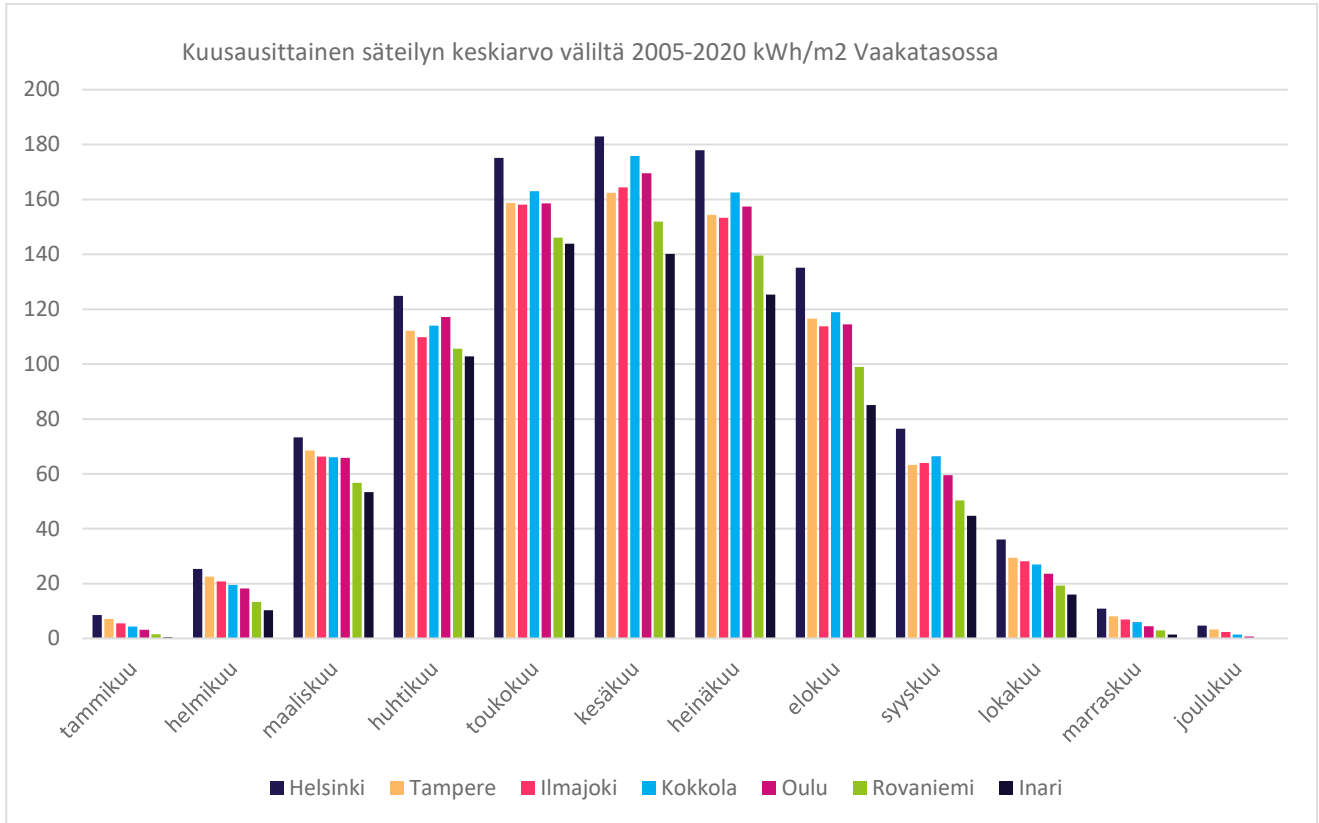
Aurinkoenergian määrään vaikuttaa olennaisesti kallistus, suuntaus ja varjostukset, koska suora säteily on kaikista voimakkainta (Lehto ym., 2016, s.21–23). Suuntauksella on myös vaikutusta siihen, mihin aikaan säteily on voimakkainta, joten suuntauksella voidaan optimoida korkein tuotto ajalle, jolloin kulutus on suurinta. Aurinkosähköjärjestelmistä puhuttaessa suuntakulma tarkoittaa astepoikkeamaa etelän suunnasta. Suuntakulmasta puhutaan myös atsimuuttina (engl. azimuth), suuntakulman ollessa 0 astetta suunta on etelään, -90 itään ja +90 länteen. Kallistus ilmoitetaan astekulmana suhteessa horisonttiin eli 0° on vaakataso ja 90° on pystysuorassa. Varjostuksia aiheuttavat eniten pilvet sään vaihdellessa, mutta ihminen voi vähentää vain puista ja rakennuksista aiheutuvia varjostuksia paikan valinnalla tai varjostuksia aiheuttavia objekteja poistamalla. Yksikin iso puu laskee huomattavasti varjollaan energian määrää. Puiden varjostuksella on vähiten vaikutusta kesäaikana, kun aurinko on korkeimmillaan. Iso puu kaakon suunnassa 10 metrin etäisyydellä laskee vuosituottoa jo

noin 15 prosenttia. Loppusyksystä pitkälle keväeseen aurinko on Suomessa niin matalalla, että 50 metrin päässäkin oleva puusto aiheuttaa varjostuksia, vaikkakin tällä on enää pieni vaikutus vuosituottoihin.

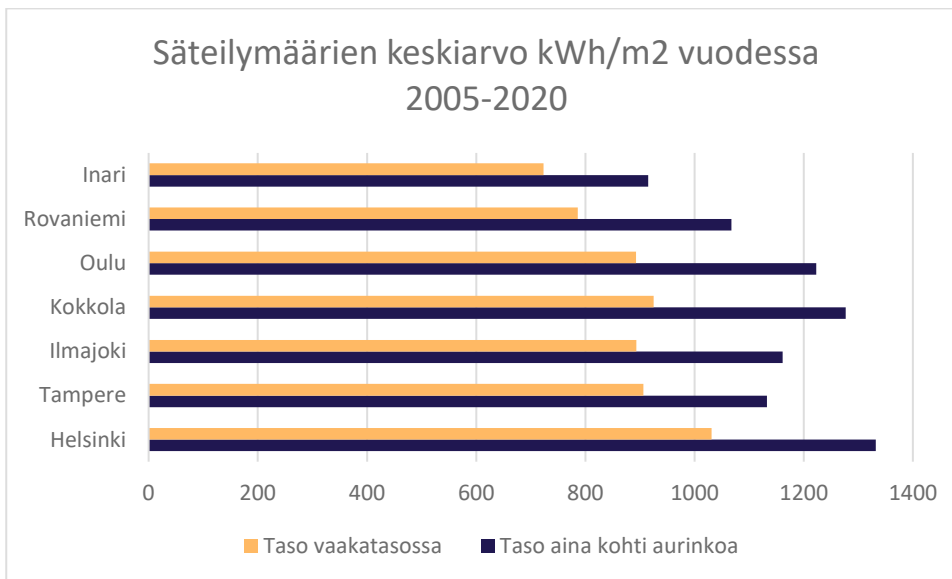
Auringonsäteilyä energiaa talteen ottaessa säteilyä saadaan siis tehokkaimmin kerättyä pinnalle kohtisuoralla pinnan kohdistuksella. Kuvioista 2 ja 3 nähdään säteilyn tehon eroavaisuudet kuukausittain (European Commission, 2022) Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen keräämän tiedon perusteella, vaakatasossa maanpinnalla ja suoraan aurinkoa kohden suunnatussa tasossa. Kuvioista 4. nähdään, kuinka vuosittaisessa säteilyn määrässä on eroa noin 30 % riippuen siitä onko taso vaakatasossa vai suoraan aurinkoa kohden. Tästä voidaan päätellä, että aurinkopaneelien suuntauksella kohti aurinkoa on sama 30 prosentin vaikutus vuosituottoon verrattuna vaakatasoon asennettuun paneeliston.



Kuvio 2 Säteilymäärät kuukausittain aurinkoon kohdistettuna.



Kuvio 3 Säteilymäärät kuukausittain vaakatasossa



Kuvio 4 Säteilymäärät vuodessa

## 3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

### 3.1 Yleisesti

Auringosta energiaa kerätään joko lämpönä tai sähköinä (Perälä, 2017, s. 19–23). Lämpöenergiaa saadaan kerättyä paljon paremmalla hyötysuhteella, mutta toisaalta sitä ei pystytä käyttämään hyödyksi kuin lämmitykseen, jota taas kesällä ei juurikaan tarvita. Lämpökeräimet eivät sovellu myöskään käytettäväksi ilman vesikiertoistajärjestelmää ja suurta vesivaraajaa, koska lämpö kerätään nesteeseen. Tästä syystä sähköenergia auringosta on helpommin hyödynnettävissä ja käytettävissä joka taloudessa riippumatta lämmitystavasta. Aurinkosähköä voidaan myös käyttää sähköauton lataamiseen ja muihin kodin laitteisiin.

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu useista paneeleista, jotka kytketään joko sarjaan tai yksittäin ja vaihtosuuntaajasta, joka muuntaa tasajännitteen yleisesti käytetyksi 230vac vaihtojännitteeksi (Tahkokorpi ym., 2016, s.14). Nykyään yleisesti käytössä on joko yksi- tai monikiteisiä piistä valmistettuja paneeleja (Lumo energia, 28.2.2022). Näistä monikitepaneelit ovat yleisempiä halvemman hinnan takia. Paneelien mitat ovat yleisimmin noin 1,1x1,7 m tai noin 1,2x2m ja tehot liikkuvat 250-550W välillä. Markkinoilla on nykyään jopa yli 600W paneeleja, mutta yleisempiä on pienemmät paneelit. Paneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina (Wp), joka on paneelien teho standarditestiolosuhteissa. Paneelien teho voi olla myös hieman enemmän säteilystä ja lämpötilasta riippuen.

### 3.2 Paneelit

Aurinkopaneelimarkkinoilla tällä hetkellä olevat kennot on valmistettu kahdesta erityyppisestä puolijohdesta, eli p-tyypin ja n-tyypin (Motiva, 2022). Auringon säteilemät fotonit vapauttavat puolijohde materiaaliin osuessaan sen elektroneja. Kun vierekkäin asetetaan n-tyypin ja p-tyypin puolijohdet, n-puolen ylimääräiset elektronit kulkeutuvat p-puolen aukkoihin. Elektronien siirtyessä n-puolelta p-puolelle n-tyypin puolijohdeeseen syntyy positiivinen varaus ja p-tyypin puolijohdeeseen negatiivinen varaus. Elektronit toimivat siis negatiivisen varauksen kuljettajina jättäen jälkeensä aukon, joka toimii positiivisen varauksen kuljettajana. Puolijohde sähköjohtavuus perustuu näin ollen vapaiden elektronien ja aukkojen liikkeeseen. Kennon sisällä muodostuvassa sähkökentässä fotonilta energiaa saavat elektronit voivat kulkeutua vain p-puolelta n-puolelle, josta ne voidaan johtaa ulkoisen virtapiirin kautta takaisin p-

puolelle. Aurinkosähköjärjestelmän elektroniikka muuttaa ulkoisessa virtapiirissä kulkevan sähkövirran muotoon, jossa sitä voidaan hyödyntää sähkölaitteissa tai jossa sähköenergia voidaan varastoida akkuihin.

### 3.2.1 Monokide (Monocrystalline)

Monokidepaneelit ovat yleisin paneelityyppi (Linqip, 2020). Ne ovat hyötysuhteeltaan parhaita tällä hetkellä markkinoilla olevista massatuotantopaneelityypeistä. Paneeleilla päästään jopa 24 prosentin hyötysuhteeseen. Sähköntuotto ei kärsi kuumasta lämpötilasta myöskään niin paljon kuin monikiteisellä. Monokide hyödyntää myös paremmin pientä säteilyn määrää, joten ne ovat parempia pilvisille alueille. Huonona puolena on korkeampi hinta, joka johtuu vaikeammasta valmistustavasta kuin monikiteillä. Monokiteiden väri on yleensä musta, joten mustalla katolla ne eivät erotu niinkään kuin sinertävän väriset monikiteet. Monokidepaneeli koostuu useista piikiekko kennoista, jotka taas koostuvat yhdestä puhtaasta piikiekosta.

Esimerkkinä kuvassa 1. olevassa paneelissa on kennoja 108 kpl, mutta kennojen määrä vaihtelee paneelin koon mukaan.



Kuva 1. Monokide Half-cut paneeli 405W Astroenergy (Hautamäki, 2022).



### 3.2.2 Monokidepaneelien valmistus

Paneeleissa käytettävä pii pelkistetään murskatusta kvartsista (Perälä, 2017, s. 40). Piimateriaali puhdistetaan vieraista aineista ns. vyöhykesulatus menetelmällä. Piitankoa vedetään hitaasti tunneliuunin läpi, jolloin uunin keskiosan kuumennuskohdassa tanko sulaa. Sulanut vyöhyke etenee tankoa pitkin ja kiteytyy uudelleen kuumennuskohdan ohitettuaan. Uudelleen kiteytyneessä piissä on tämän jälkeen pelkkiä piiatomeita ja sulaan tangonpäähän jää epäpuhtaudet. Seuraavaksi piimateriaali seostetaan p-tyyppiseksi lisäämällä pieni määrä booria. Kennoihin tarvittavaa yksikiteistä piitä saadaan ns. Chochralskin menetelmällä. Vähän sulamispisteen yläpuolelle kuumennettuun piihin lasketaan piistä leikattu ohut ja pitkä siemenkide. Kidettä pyöritetään hitaasti sulassa piissä, jolloin sen pintaan tarttuu sulasta piistä lisää materiaalia. Vähitellen siemenkide kasvaa pyöreäksi yhtä ja samaa piikidettä olevaksi lieriöksi. Lieriön jäähtyttyä se leikataan neliön muotoiseksi palaksi, jonka jälkeen kappaleesta sahataan 0,2 mm paksuja siivuja. Siivutettujen puolijohde levyjen yläpintaan seostetaan tämän jälkeen diffuusiouunissa fosforilla vajaan tuhannesosamillimetrin paksu n-tyypin kerros. Tämän kerroksen ja levyn p-tyypin pii kerroksen välille muodostuu rajapinta. Levyn pintaan kiinnitetään tiheästi kapeita johtimia, joita pitkin sähkö johdetaan paksumpiin keruujohtimiin siirtämään sähkövirran kennosta eteenpäin. Lopuksi yksittäiset kennot liitetään toisiinsa kaapeilla tinatulla kuparinauhalla kokonaiseksi aurinkopaneeliksi.

### 3.2.3 Monikide eli monikidepii- (poly, polycrystalline)

Monikidepaneeleita valmistettaessa pii voidaan sulattaa ja valaa muotteihin, joista leikataan oikean kokoisia kennon paloja (Renewableenergyhub i.a.). Valmistuskustannukset ovat matalammat kuin ei tarvita yhtenäistä ehjää piikiekkoa, tämän vuoksi myöskään hukajätettä ei synny paljoa. Monokidepaneelien piikiekkujen muotoon leikkauksesta syntyy jätettä, joka voidaan vielä käyttää Monokidepaneelien kennojen valmistukseen. Monikiteisissä paneeleissa on kidevirheitä ja se aiheuttaa rekombinaatiota, jonka takia virtaa menetetään. Tämän koostumuksen takia hyötysuhde on muutaman prosentin alempi kuin monokidepaneeleilla. Monikidepaneelit ovat kuitenkin hieman parempia hyödyntämään heijastuksia, mutta häviävät hyötysuhteessa monokidepaneelille. Vuosituotoissa verrattuna paneelien välillä ei ole kuitenkaan kuin noin 1–2 prosentin ero. Hyötysuhteet vaihtelevat 13–16 prosentin välillä riippuen

paneelista. Pienempi hyötysuhde tarkoittaa sitä, että monikide vaatii enemmän asennustilaa verrattuna monokiteiseen.

Monikidepaneelien kidemäisestä rakenteesta johtuva sinertävä väri nähdään hyvin alla olevassa kuvassa (kuva 2.)



Kuva 2. Monikidepaneeli 290W Astroenergy (Hautamäki, 2022).

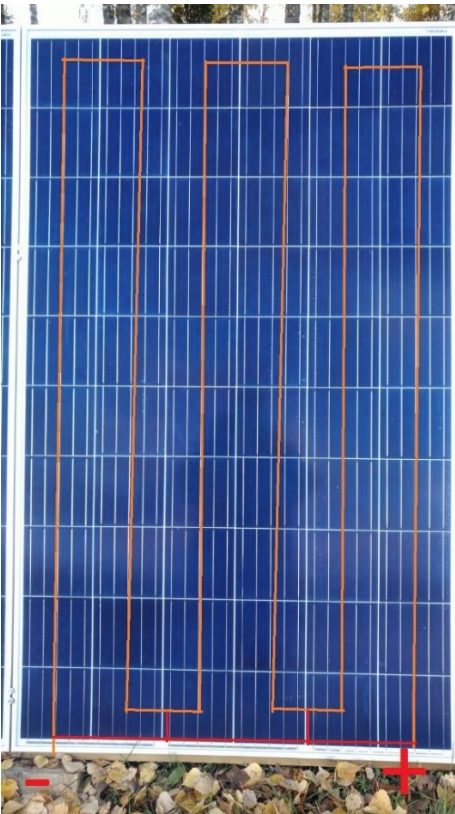
### 3.2.4 HALF CUT (PERC)

REC julkaisi vuonna 2014 mallin puolitetuista kennoista ensimmäisenä (Pickerel, 2018; Almerini, A, 23.08.2021). Parin viimevuoden aikana markkinoille on tullut molemmista paneelityypeistä Half-cut malleja monilta valmistajilta. Näissä malleissa paneelin kennot puolitetaan, joten myös virta puolittuu kennoa kohden. Tällä saadaan laskettua resistiivisiä häviöitä ja hukkalämpöä, joten hyötysuhde paranee. Half-cut paneeleissa ylä- ja alaosa on riippumattomia toisistaan, eli yläosan ollessa varjossa alaosa toimii normaalisti.

Kuvasta 3. selviää, kuinka paneelin ylä- ja alaosa on erotettu kahdeksi eri piiriksi ja liitännäspisteet ovat keskellä paneelia, toisinkuin yhden piirin paneelissa, kuten kuvassa 4. liitännäspisteet ovat paneelin toisessa päässä.



Kuva 3. Half cut paneelin virtapiiri (Hautamäki, 2022).



Kuva 4. Yhdestä piiristä koostuvan paneelin virtapiiri (Hautamäki, 2022).

### 3.3 Invertteri eli vaihtosuuntaaja

Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä (DC), jotta aurinkopaneelijärjestelmä voitaisiin kytkeä sähköverkkoon Suomessa, tarvitaan vaihtosuuntaaja muuntamaan se vaihtosähköksi (Lehto ym., 2021. s. 49–50). Tuotetun sähkön tulee vastata laadultaan jakeluverkon standardeja. Verkkoon syöttäviä vaihtosuuntaajia on 1- tai 3-vaiheisia. 3-vaiheisia on saatavilla yli 3 kW:n teholuokasta ylöspäin ja 1-vaiheiset on pääsääntöisesti alle 3 kW järjestelmissä, mutta 1-vaihe liittymällä varustetussa kiinteistössä käytetään 1-vaiheisia vaihtosuuntaajia.

Invertterin teho määritetään aurinkopaneelijärjestelmän koon mukaan (Lumoenergia, 2022). Teho voidaan määrittää Suomessa vastaamaan 85 prosentin aurinkopaneelijärjestelmän nimellistehosta, koska Suomen olosuhteissa paneelien tehontuotto ei yllä niiden nimellistehoon.

Aurinkovirran (i.a) mukaan invertterien hyötysuhteet vaihtelevat 96,5–98 prosentin välillä. Tämä osa saadaan sähköksi ja loppu menee käytännössä hukkalämmöksi. Tämän takia koosta suuri osa on alumiinista valmistettua jäähdytyslementtiä. Growatin invertterin asennusohjeiden mukaan ei myöskään asennusta saa suorittaa palavalle alustalle jäähdytyslementin kuumuuden aiheuttavan palovaaran takia. (Shenzhen Growatt New Energy, 2021).

#### 3.3.1 Ketjuinvertteri

Paneelit kytketään joko yhteen tai useampaan sarjaan inverttereille, jotta saadaan piirijännite nousemaan invertterin toiminta-alueelle (Aurinkovirta i.a.). Yleisesti käynnistysjännitteet ovat 140-200VDC ja piirin maksimi jännitteet noin 1000VDC. Tietyissä tilanteissa jännite nousee liian korkeaksi yhdellä piirillä ja paneelisto joudutaan jakamaan kahteen eri piiriin. Paneelien yhteenlaskettu jännite nousee jokaisen paneelin lisääntyessä, joten on toimittava ketjun mitoituksessa valmistajan ohjeen mukaan. Jos paneeleita sijoitetaan useampaan kuin yhteen suuntaan on neärkevintä jakaa kahdelle eri sisääntulolle, ettei varjossa oleva sarja laske aurinkossa olevan jännitettä. Tällaisissa tilanteissa tarvitaan siis käyttöön eri MPPT piirit jokaiselle ilmansuunnalle. Melkein kaikissa inverttereissä on kuitenkin yleensä useampi kuin yksi paneelistiketjun kytkentäpaikka, kuten kuvassa 5. olevassa Growatin mod 10000tl3-x mallissa. Ketjuinvertterit sopivat hyvin sellaiseen asennuskohteeseen, jossa ei ole varjostuksia ja kun sijoitetaan isompia kokonaisuuksia samaan suuntaan.

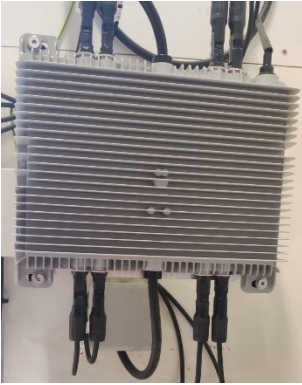


Kuva 5. Growatt 3-vaihe sarjainvertteri (Hautamäki, 2022)

### 3.3.2 Mikroinvertteri

Mikroinvertterien suurin ero perinteisiin sarjakytkeä tyyppisiin on paneelien kytkentä. Jokaiselle aurinkopaneelille on oma MPPT eli jokainen paneeli on kytketty erikseen suoraan invertteriin. Tämä mahdollistaa paneelien sijoitukset erisuuntiin ja varjostus yhteen paneeliin ei vaikuta muiden toimintaan. Mikroinverttereitä löytyy markkinoilta 1–6 paneelin sisääntulolla. Pienemmät mallit eli alle 4 paneelin ovat yksivaiheisia ja suuremmat 3 vaiheisia. Kuvassa 6 nähdään 4 paneelin mikroinvertteri.

Turvallisuus näkökulmasta hyvä puoli on matala DC-puolen jännite. Jokainen paneeli, kun kytketään erillisenä, niin jännite pysyy aina alle 50VDC (Beny, 2022). Asennuspaikaltaan mikroinvertterit eroavat sillä, että ne usein asennetaan heti paneelien alle piiloon ja AC-puoli johdotetaan esim. katolle sijoitettaessa alas keskukselle, toisinkuin ketjuinverttereissä katolta tullaan alas DC-jännitteenä ja se muunnetaan invertterillä keskuksen läheisyydessä vasta AC-jännitteeksi.



Kuva 6. Mikroinvertteri (Hautamäki, 2022)

### 3.4 Kaksisuuntainen etäluettava kWh-mittari

Liitettäessä tuotantolaitosta yleiseen sähköverkkoon, tarvitaan alle 100 kVA:n järjestelmissä sähkön ylituotannon myyntiä varten aina kaksisuuntainen mittari (Lehto ym., 2021. s. 33–34). Tämän laitteen verkkoyhtiö toimittaa valmiiksi ennen laitteiston kytkentää kodin sähkökeskukseen. Kun verkkoyhtiöltä haetaan lupa aurinkojärjestelmän kytkentään, niin samalla verkkoyhtiö tarkastaa tarpeen mittarin vaihdolle. Laitteistoa ei saa kytkeä käyttöön ennen kuin laitos täyttää sille asetetut tekniset vaatimukset eli sähkön myynnistä on saatavilla mitattu tieto ja sähkönmyyntisopimus on tehtynä.

### 3.5 Suojalaitteet ja katkaisijat.

Standardin IEC 62548:2016:fi mukaan aurinkosähköpaneelisto tulee olla erotettavissa tehomuuntimesta, jotta laitteiston kunnossapito ja tarkastus voidaan tehdä turvallisesti. Ketjuinvertteri järjestelmissä paneelien ja invertterin väliin yleisesti asennetaan katkaisija, standardi sallii myös pois jättämisen tietyissä tapauksissa. Erillisellä DC katkaisijalla, kuten kuvassa 7, saadaan kuitenkin paneelien jännite katkaistua turvallisesti, esimerkiksi hajonneen laitteen vaihdon ajaksi. Lisäksi koko järjestelmä pitää olla erotettavissa verkosta, joka tapahtuu AC puolelle sijoitettavalla katkaisijalla. AC-puolen verkkoerotin täytyy sijoittaa ulkoseinälle näkyvälle paikalle (kuva 8).

Paneeliketjun päähän voidaan lisäsuojaksi asentaa MC4 pikaliittimillä varustettu sulake (kuva 9). Tämä katkaisee DC-kaapelien oikosulku tilanteessa sähkön syötön jatkumisen paneelilta.



Kuva 7. DC erotuskytkin (Hautamäki, 2022).



Kuva 8. AC erotuskytkin (Hautamäki, 2022).



Kuva 9. Mc4 sulake (Hautamäki, 2022).

### 3.6 Standardit

Aurinkosähköjärjestelmiä niin kuin kaikkia muitakin sähköasennuksia koskettavat monet lait. Velvoittavin näistä on sähköturvallisuuslaki (1135/2016), joka velvoittaa tekemään asennukset turvallisesti. Laissa velvoitetaan tekemään asennukset sähköturvallisuus viranomaisen (TUKES) standardiluettelossa olevien standardien mukaan:

Aurinkosähkö järjestelmien koskevat asiat löytyvät alla olevista standardeista.

1. SFS 6000-7-712:2022 Pienjännitesähköasennukset Aurinkosähköjärjestelmät
2. SFS-EN 50380:2017 Aurinkosähköpaneelien merkintä ja dokumentointivaatimukset
3. SFS-EN IEC 60904-1:2020 Aurinkosähkölaitteet Osa 1: virtajännite- ominaisuuksien mittaus
4. SFS-EN 61829:2016 Aurinkosähköpaneelisto Laitteiston virta-jännite-ominaisuuksien mittaus
5. SFS-EN 62446-1:2016: Aurinkosähköjärjestelmät: Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle
6. SFS-EN IEC 62446-2:2020 Aurinkosähköjärjestelmät: Aurinkosähköjärjestelmän kunnossapito
7. IEC 62548:2016:fi Aurinkosähköpaneeliset Suunnitteluvaatimukset

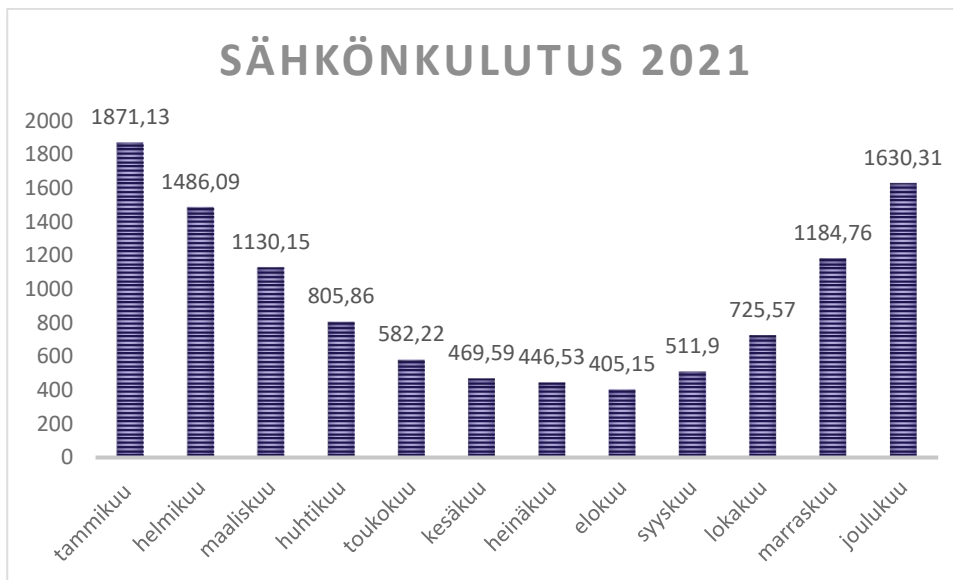


## 4 ASENNUSKOHDE

Asennuskohde sijaitsee Etelä-Pohjanmaalla, Ilmajoella. Kiinteistössä on asuintilaa 122m<sup>2</sup> ja ulkorakennuksessa on lämmintä tilaa 65m<sup>2</sup>. Lämmitys on toteutettu maalämmöllä.

### 4.1 Nykytilanne sähkönkulutuksessa

Kuviossa 5. nähdään kohteen vuosikulutus, joka oli vuonna 2021 11249 kWh. Tästä reilusti yli puolet kuluu marraskuun ja maaliskuun välillä. Kesäaikaana kulutus on pientä, koska lämmitykseen tarvittavan energian määrä laskee. Tulevaisuudessa kuitenkin mahdolliset sähköautot voivat nostaa kesäaikaista kulutusta huomattavasti.



Kuvio 5. Sähkönkulutukset kuukausittain 2021.

### 4.2 Mahdolliset asennuspaikat

Asennuspaikka vaikuttaa suuresti vuosituotantoihin, joten kiinteistön kaikki mahdolliset paikat arvioitiin erikseen. Kuvassa 10. on esitettyinä mahdolliset kiinteistöllä olevat rakennukset.

Talon takapuolinen lape on etelä-lounas välillä, joten ilmansuunnan puolesta paras paikka paneeleille olisi siinä. Atsimuutti kulma on 19 astetta eli aurinko on kohtisuorassa tätä lapetta kohden kello 14.30. Katon kaltevuus on 1:2.5 eli 21.80 astetta.

Ulkorakennuksen etupuoli on itä-lounas välillä, atsimuuttikulma on  $-90$  astetta ja takalappeen  $110$  astetta. Tässä olisi toinen mahdollinen paikka aamu- ja ilta-aurinkoa ajatellen. Parhaaseen tuottoon tässä ei päästä, mutta jos paneeleita hajautettaisiin esim.  $30\text{--}50\%$  tähän, saataisiin aurinkoenergiaa jo aikaisin aamusta ja pitemmälle iltaan. Ulkorakennuksen etulapteen katon kallistuskulma on myös loiva, vain  $16$  astetta. Takalapteen kallistuskulma on huono aurinkoenergian kannalta, koska auringon ollessa takalapetta kohden se on jo laskenut keskikesälläkin lähelle horisontin tasoa. Etupuolelta kohdistus olisi kohtuullinen ja energiaa saataisiin aikaisin aamusta.



Kuva 10. Asennuspaikka (Maanmittauslaitos, 2022).

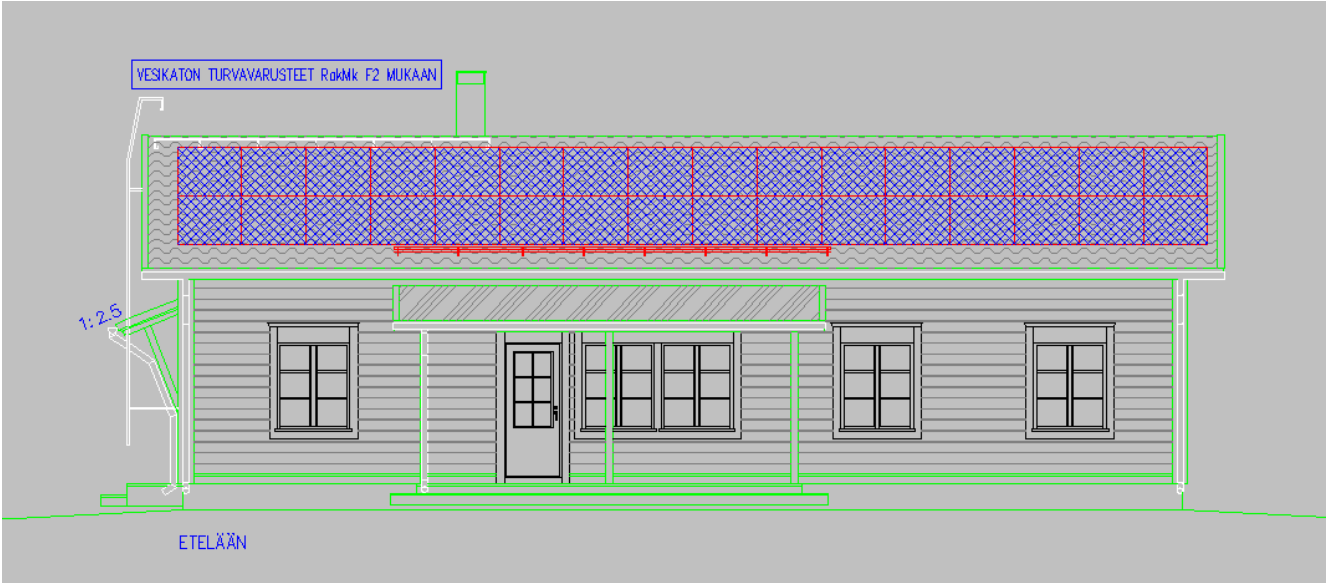
### 4.3 Järjestelmän koko

Järjestelmän koolle rajoituksia aiheuttaa yleensä oikosulkuvirran määrä ja verkkoyhtiön rajoittamat rajoitteet verkon rakenteesta liittyen. Tässä tilanteessa ollessamme Carunan verkossa, heidän ohjeensa mukaan verkkoon voi aina liittää teholtaan enintään  $10\text{kW}$  aurinkovoimalan,

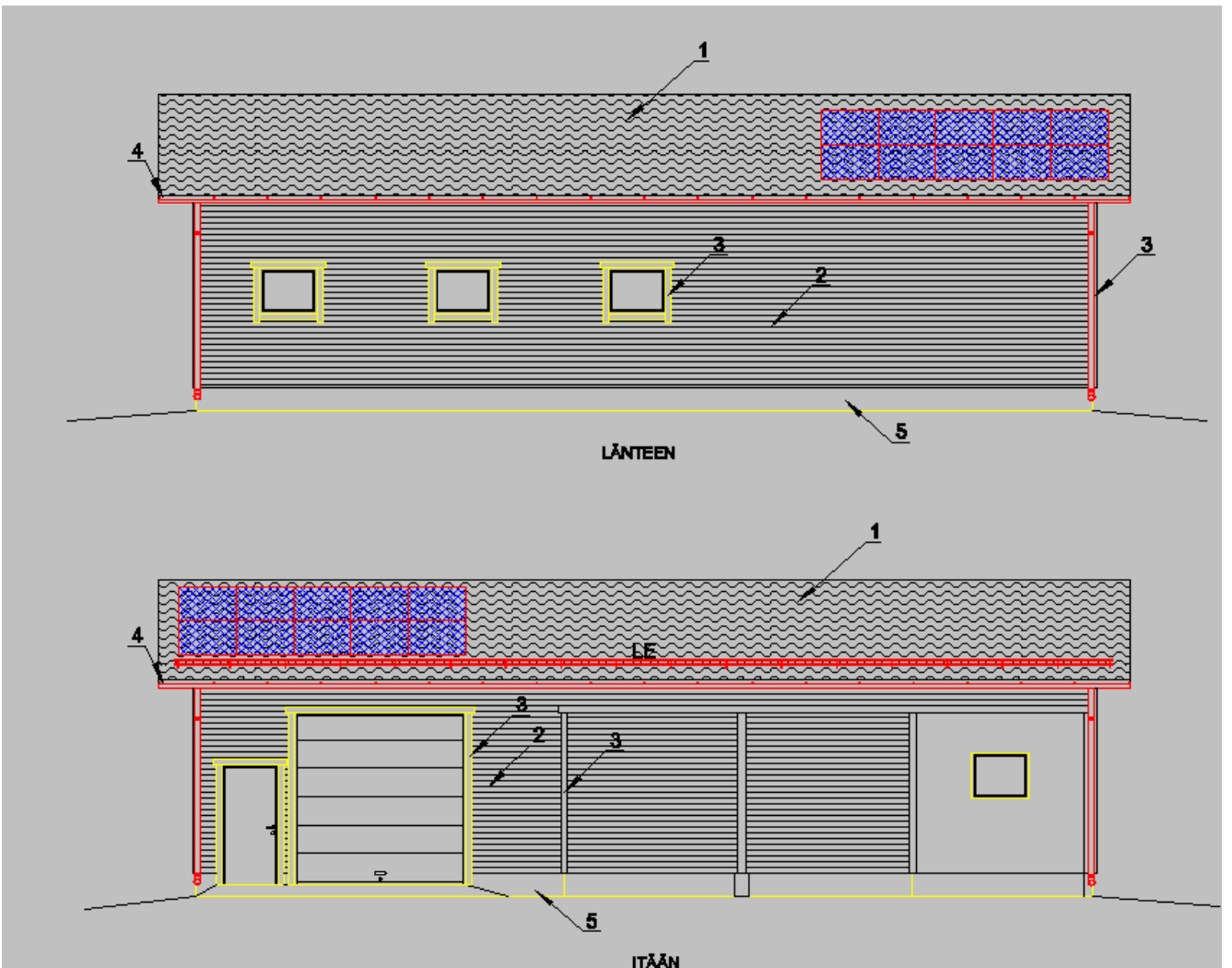
kun käytössä on 3x16 ampeerin tai suuremmat sulakkeet. 25A pääsulakkeilla suurin mahdollinen teho on 17kW, mutta yli 10kW pitää tarkastaa verkkoon liitettävyyys Carunalta etukäteen.

Talon katolle suunniteltiin 9,3kw järjestelmää eli koko takalappeen täyttävää paneelistoa, kuten kuviossa 6. Toisena vaihtoehtona tarkasteltiin myös kahden rakennuksen katoille jakautuvaa järjestelmää, jossa talon katolle sijoitettaisiin 6kW edestä paneeleja ja ulkorakennuksen katolle 3+3kW paneelistot (kuviot 7 ja 8). Aurinkosähköjärjestelmien myyjät suosittelevat kohteelle vain 3kW järjestelmää yleisen ohjeistuksen mukaan. Normaali mitoitus on yksi kolmasosa vuosikulutuksesta, mutta tämänhetkiset sähkön hinnat antavat uskoa myös sähkön myynnin kannattavuuteen. Myös järjestelmän ylimitoitus antaa pienemmällä säteilymäärillä jo virtaa paremmin, eli syys ja kevät menee aikaisemmin omalla sähköllä isommalla järjestelmällä. Tästä syystä järjestelmää on suunniteltu ylimitoitetuksi, vaikka pienemmän järjestelmän takaisin maksu aika olisi hieman lyhyempi ja riski pienempi, jos sähkön hinnat laskee takaisin vuoden 2020 tasolle.

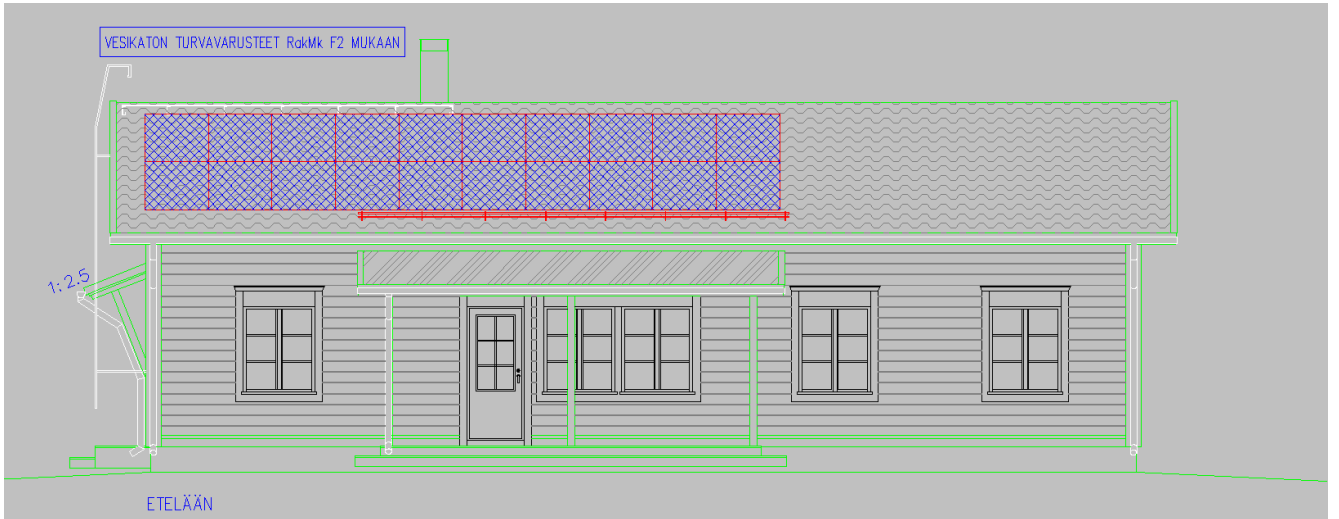
Kahden rakennuksen katolle sijoittuvan järjestelmän hinta nousee suhteessa hieman enemmän, koska tarvitaan toinen ketjuinvertteri, joka on järjestelmän kallein komponentti. Vaihtoehtoisesti mikroinverttereillä toteuttaessa asennuspaikkojen hajautuksella ei ole merkitystä laitteisto määriin, mutta hinta on lähtökohtaisesti aina korkeampi mikroinverttereitä käyttäen. Lisäksi toisen rakennuksen tuotto jää alemmaksi talon lukemista koska on suurin piirtein itälänsi suunnassa. Tästä saataisiin tietenkin hyötyä tuotto aikojen pituuteen, joka parantaisi oman käytön osuutta, mutta pienentäisi hieman kokonaisvuosituotantoa.



Kuvio 6. Talon katolle 9,3kW paneelisto (Hautamäki,2022).



Kuvio 7. Autotallin mahdolliset paneelit (Hautamäki,2022).

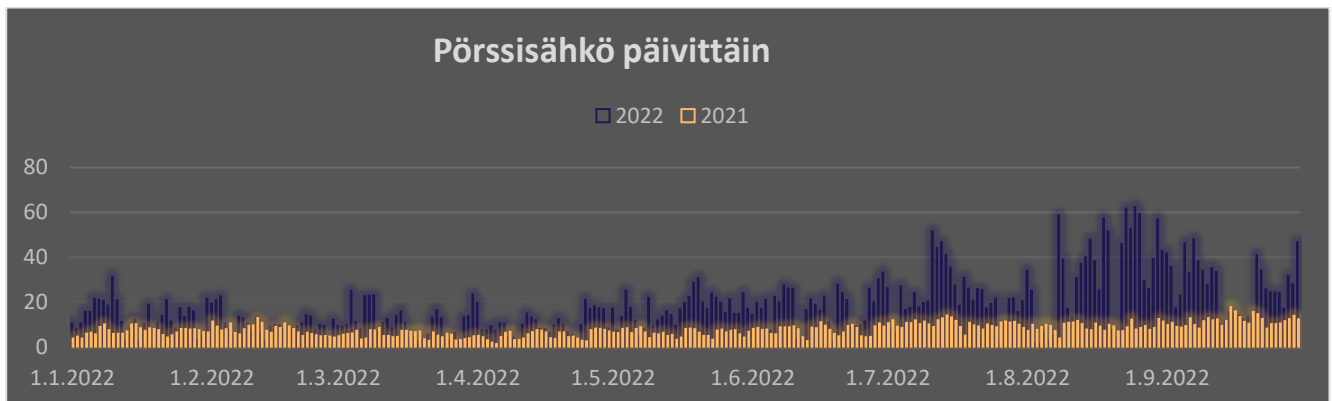


Kuvio 8. Talon paneelit, jos osa laitetaan tallin katolle (Hautamäki, 2022).

## 5 KANNATTAVUUSLASKELMAT

### 5.1 Sähkön hinta

Sähkön ostohinnasta on kohteessa tällä hetkellä kiinteähintainen sopimus, joka on 10.39snt/kWh eli siirtomaksuineen Carunan verkossa 22snt/kWh. Tämä on vuoden takaisesta noussut noin kolmasosan eli, jos tällä hintatasolla jatketaan, tulevaisuudessa maksaa aurinkopaneelit itsensä takaisin nopeammin jo pelkän ostosähkön osalta. Tähän lisätään vielä jatkuvasti nousevat sähkönmyynti spotti hinnat, niin myyntiin ylimitoituskin on tällä hetkellä järkevää. Laskelmien kirjoitus hetkellä 13.5.2022 klo 16:00 sähköstä maksettiin 12,35 snt/kwh. Kyseisessä kohteessa on Vattenfallin sähkösopimus ja heille myydessä välityksestä veloitetaan 0.3snt/kWh marginaali spotti hinnasta. Yleisesti sähköyhtiöt maksavat ostosähköstä Nordpoolin spot tunti hinnan ja veloittavat siitä välitys marginaalin 0,2–0,3 snt/kWh riippuen yhtiöstä. Muitakin hinnoitteluja voi olla, mutta tässä tarkisteltu hintoja muutaman isomman sähkönmyyntiyhtiön hinnastoista. Lisäksi Valtioneuvoston asetus sähkömarkkinoista (65/2009) sanoo, että jakeluverkkoyhtiö voi periä pientuottajan verkkoon syöttämästä sähköstä siirtomaksua korkeintaan 0,07 c/kWh alv 0 %. kuvio 9 nähdään vuosien 2021 ja 2022 erot pörssisähkön hinnoissa.



Kuvio 9 Pörssisähkö 1.1–30.9

### 5.2 Verotus

Yksittäisen kuluttajan kiinteistöön asennetusta aurinkosähköjärjestelmästä on verottaja antanut ohjeen (VH/6731/00.01.00/2020). Ohje koskee enintään 50kVA:n tuotantolaitoksia, joilla kotitalous tuottaa sähköä ensisijaisesti omaan käyttöön. Ohjeen mukaan mahdollinen

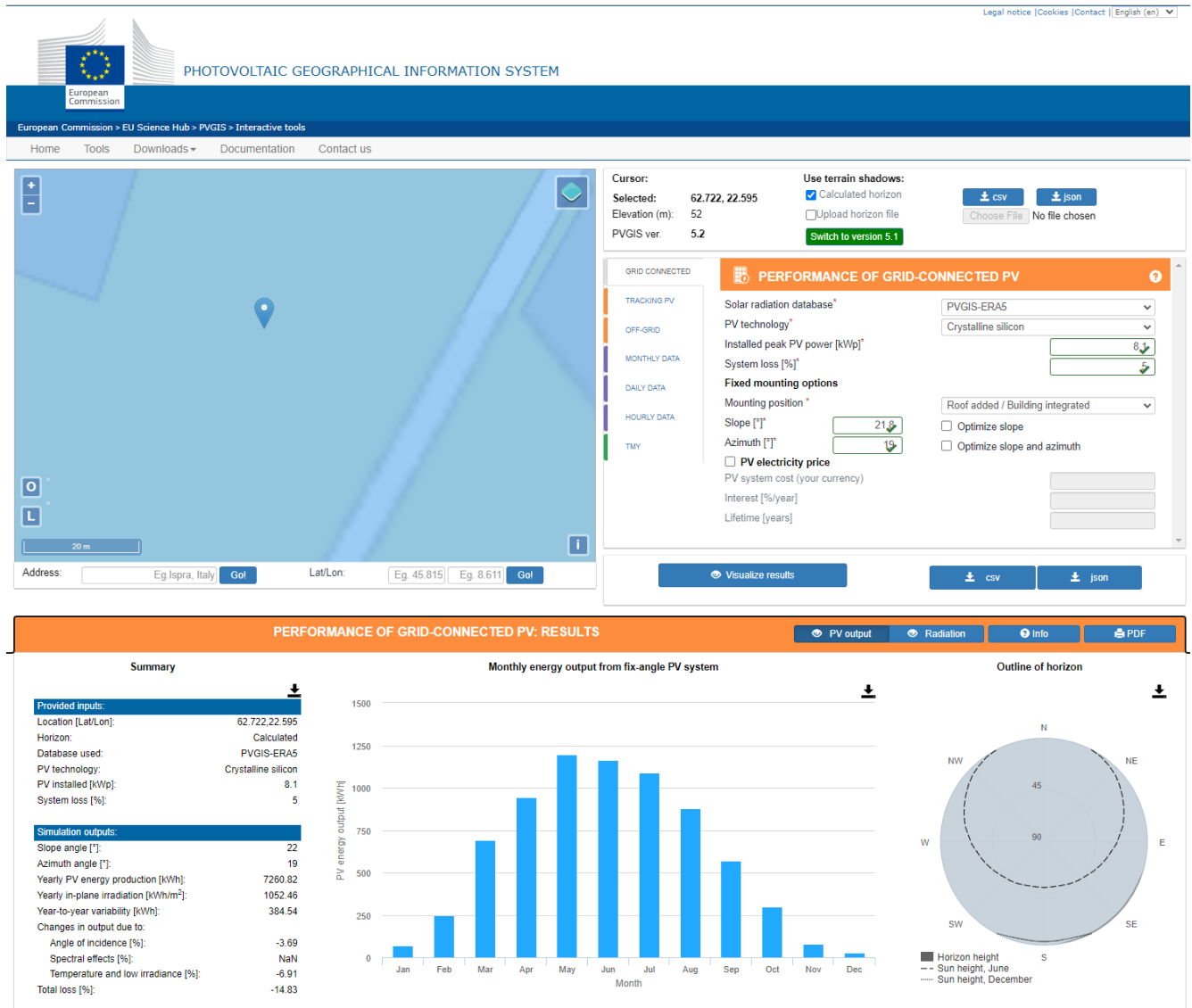
ylijäämänsähkön myyntitulo on kotitaloudelle ansiotuloa. Verotettavaa ansiotuloa ei ohjeen mukaan käytännössä synny, mikäli myydyn sähkön määrä on verovuoden aikana pienempi kuin ostetun. Kotitalouden myydessä sähköä enemmän vuositasolla kuin kuluttaa, voidaan mahdollinen verotettava ansiotulo periä ennakonkantonana tai jäännösverona.

Omaa sähköntuotantoa ei tarvitse ilmoittaa veroilmoituksella, mutta tositteet on kuitenkin säilytettävä viisi vuotta verotuksen päättymistä seuraavan vuoden alusta lukien (Lehto ym., 2021 s. 37). Laitteiston poistamattomasta hankintamenosta kannattaa säilyttää muistiinpanot verovuoden poiston määrän laskemiseksi.

### 5.3 Laskelmat

Laskelmat suoritettiin muutamalla eri järjestelmä koolla. Auringon säteily määriä ja tuottoarvioita tutkittiin Euroopan komission (European Commission, 2022) sivuilta löytyvästä aurinkoenergia laskurista (kuva 16). Kohteen sijainti voitiin merkitä suoraan kartalle ja tämän perusteella saatiin menneiden vuosien mittausdataan perustuvat arviot. Katon kaltevuuskulmat ja suuntakulmat ilmoittamalla nähdään kuukausittaiset säteilymäärät ja arvioitu sähköntuotto hyvinkin tarkasti. Paneelien tuotto laskee noin 0,5 % vuodessa, tämä huomioitiin takaisinmaksu ajoissa. Laskelmissa käytetyt hinnat sisältävät Froniuksen invertterin, Amerisolar 290W paneelit, tarvikkeet ja sähkömiehen kytkentätöiden osuuden. Mekaaninen kiinnikkeiden ja paneelien asennus itsetoteutettuna/apuna. Velkarahalla ostamisen rahoituskuluja ei tässä työssä laskettu, koska työhön oli suunniteltu käytettävän omaa pääomaa. Hinnat ovat 2022

loppukevään hintoja, tämän työn valmistuessa hinnat olivat muuttuneet jo huomattavasti ylöspäin.



Kuvio 10 EU:n aurinkoenergia laskuri (European Commission, 2022)

### 5.3.1 Järjestelmävaihtoehto 1.

Koko talon takalape 9,3kW järjestelmällä suunnattuna kaikki paneelit suurin piirtein etelään. Laskelmassa järjestelmän hinnaksi arvioitiin noin 8000 euroa. Laskelman mukaan tämänhetkisillä sähköhinnoilla 9,3kW järjestelmällä vuodessa voitaisiin säästää 481 euroa ostosähkössä. Myyntisähkö on arvioitu 5 snt/kWh, joka voi olla ainakin seuraavat pari vuotta liian pieni hinta-arvaus, mutta edellisvuosina hinnat ovat olleet jopa alle tämän. Tällä hinnalla myynnissä päästäisiin melkein samaan rahan säästöön kuin ostossa, koska ylijäämän osuus



olisi noin 70 %. Tämä perustuu suurelta osin arvioihin, niin sähkön hinnan kuin myös sähkön myyntiin ja käytön jakautumisen osalta, joten loppukäyttäjän tulevaisuuden sähkökulutustavat voivat vaikuttaa myös suuresti. Taulukossa 1. on merkittävimmät tulokset laskelmista koskien 9,3kWp järjestelmää.

Taulukko 1. 9.3kWp järjestelmän laskelma

Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi € (maaliskuu – marraskuu laskelmassa)	436,60 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena (5snt/kWh)	346,70 €
Ylijäämän osuus	71 %
Takaisin maksuaika arvio	10
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	9202
Omaan käyttöön kWh/v	2286
Myyntiin kWh/v	6934

### 5.3.2 Järjestelmävaihtoehto 2

Toisena vaihtoehtona laskettiin 6kWp järjestelmää etelään suunnattuna samoilla paneeleilla ja 6kW invertterillä, hinta noin 6000 euroa. Tämänhetkisillä sähköhinnoilla 6kW järjestelmällä vuodessa voitaisiin säästää 432 euroa ostosähkössä ja 178 euroa myyntisähkössä. Takaisinmaksuaika vaikuttaisi annetuilla sähköhinnoilla hyvin samalta kuin isommalla järjestelmällä. Taulukossa 2. on merkittävimmät tulokset laskelmista koskien 6kWp järjestelmää.

Taulukko 2. 6kWp järjestelmä

Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi € (maaliskuu – marraskuu laskelmassa)	412,94 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena (5snt/kWh)	193,85 €
Ylijäämän osuus	62 %
Takaisinmaksuaika arvio	10
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	5948
Omaan käyttöön kWh/v	2071
Myyntiin kWh/v	3877

2022 vuosi on ollut poikkeuksellinen monellakin tapaa. Energian hinnoissa tämä on näkynyt nousukäyränä, ja sähkön hinnat ovat nousseet monin kertaiseksi. Tämä laskelma on toteutettu korkeammilla myyntihinnoilla (20 snt/kWh), jotka ovat toteutuneet 2022 vuoden aikana. Todelliset pörssisähkön keskiarvot olivat vielä vähän suuremmat. Taulukossa 3. olevissa

tuloksissa nähdään myynnin osalta selvä nousu, joka tiputtaa myös takaisinmaksuaikaa reilusti. Tämän hinnan pysyminen ns. normaalina muuttaa järjestelmän hankinnan todella paljon kannattavammaksi. Tulevaisuudessa sähkön hinnat voivat toki olla aivan eri luokkaa, mutta sitä emme voi kuin arvailla tässä vaiheessa.

Taulukko 3 6kWp järjestelmä, myyntisähkön hinnat 2022 vuoden keskiarvolla

Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi € (maaliskuu – marraskuu laskelmassa)	412,94 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena (20snt/kWh)	775,38 €
Ylijäämän osuus	62 %
Takaisinmaksuaika arvio	5
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	5948
Omaan käyttöön kWh/v	2071
Myyntiin kWh/v	3877

### 5.3.3 Järjestelmävaihtoehto 3

Aurinkopaneelijärjestelmiä myyvät yritykset tarjosivat yleisesti järjestelmän kooksi yhtä kolmasosaa vuosikulutuksesta. Tämän perusteella laskettiin myös järjestelmä 3kWp paneeleilla ja 2,7kW invertterillä suunnattuna etelään. Hankintahinta järjestelmälle on noin 4000 €, joten pienemmässä järjestelmässä hinta-/tehosuhde nousee korkeammaksi. Kuten taulukosta 4. nähdään, omaan käyttöön tuotetun sähkön arvo olisi 388 € vuodessa ja myyntisähkön 55 €. Myyntisähkön osalta käytettiin 5 snt/kWh hinnoittelua. Takaisinmaksuajoissa ei tule selvää eroa isompiin, mutta järjestelmän takaisinmaksuaika ei ole riippuvainen niinkään myyntisähkön hinnasta. Pienemmällä järjestelmällä riski on selvästi pienempi, mutta silti omankäytön korvaa lähes samoin kuin isommat järjestelmät.

Taulukko 4. 3kWp järjestelmä

Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi € (maaliskuu – marraskuu laskelmassa)	388,69 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena (5snt/kWh)	55,51 €
Ylijäämän osuus	35 %
Takaisin maksuaika arvio	9
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	2974
Omaan käyttöön kWh/v	1864
Myyntiin kWh/v	1110

### 5.3.4 Järjestelmävaihtoehto 4

Viimeiseinä vaihtoehtona laskettiin järjestelmä sijoitettuna kolmeen ilmansuuntaan. 6kWp paneelista talon katolla ja 3+3kWp ulkorakennuksen katolla. Taulukosta 5. Nähdään, että ostosähkössä ja myyntisähkössä säästöä kertyisi molemmista noin 430 € vuodessa eli yhteensä 860 €. Järjestelmän hankintahinta on vaihtoehtoista selvästi kallein, kun kahdella 6kw invertterillä hinta olisi noin 12 000 euron paikkeilla. Tämä osoittautui selvästi huonoimmaksi vaihtoehdoksi, koska takaisinmaksuaika hyppäsi jo 14 vuoteen. Tuotantoa on selvästi liikaa kiinteistön omaa käyttöä ajatellen 12kWp kokoisella järjestelmällä ja kannattavuus on suurimaksi osin myyntisähkön hinnan varassa. 20 snt/kWh sähkön keskiarvo myyntihinnalla tämänkin järjestelmän takaisinmaksuaika kuitenkin laski 6 vuoteen. Takaisinmaksun jälkeen rahallinen hyöty olisi pitkällä aikavälillä suurempi, jos myyntihinnat pysyvät edes 5 snt/kWh tasossa eli isommalla järjestelmällä riski kasvaa, jos luotetaan korkeisiin myyntihintoihin ja ne jäävät toteutumatta. Ongelmaksi voi myös tulla liiallinen vuosituotanto siinä mielessä, että verottajan silmissä verovapaata on myynti, jos sitä on vähemmän kuin vuosittaista ostoa.

Taulukko 5. 12kWp hajautettuna kolmeen ilmansuuntaan

Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi € (maaliskuu – marraskuu laskelmassa)	436,00 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena (5snt/kWh)	427,32 €
Ylijäämän osuus	75 %
Takaisinmaksuaika arvio	14v
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	10834
Omaan käyttöön kWh/v	2288
Myyntiin kWh/v	8546

Liitteissä tarkemmat laskelmataulukot, tässä vain merkittävimmät tulokset.

## 6 JÄRJESTELMÄN HANKINTA

### 6.1 Hankinnan ongelmat

Saatavuudessa oli suuria ongelmia suuren kysynnän vuoksi. Suomessa asennettiin 2022 kesällä ennätysmäärä aurinkojärjestelmiä ja monien asennusyrietysten jonot olivat venyneet puoleen vuoteen. Myös tarvikkeiden osalta oli saatavuusongelmia kesällä niin asennuskiskoissa kuin sähköisissä osissa. Eurooppalaisen Froniuksen kohdalla inverttereiden toimitusaika meni jo seuraavalle keväälle tietyissä malleissa. Nämä ongelmat tietenkin heijastuivat hintoihin ja järjestelmien hinnat nousivat noin 15 % keväästä syksyyn. Asennusten osalta hinnoittelu muuttui vielä hurjemmaksi. Osalla urakoitsijoista hinnat olivat jopa 9000 euroa asennuksen osalta 10kWp järjestelmään, kun taas toisilla se oli niin sanotusti normaalimpi eli 2000–4000 €.

### 6.2 Järjestelmän hankinta

Lopuksi laitteistoksi valikoitui 8kWp kokoinen järjestelmä Chintin valmistamilla Astroenergy 405W paneeleilla ja Growatt Mod 10ktl3-x 10kW Invertterillä. Tarkoituksena oli hankkia 8kW invertteri tähän pakettiin, mutta sen saatavuus olisi venynyt kuukaudella ja tämä isompi oli hankintahinnaltaan vain 100 € kalliimpi. Katolle jäi myös vielä tilaa 6 paneelille, tarpeen tullen lisäpaneelien hankintaa ei ainakaan haittaa liian pieni invertteri. Järjestelmä tuli lopulta maksamaan noin 7000 €. Järjestelmän kytkennöissä käytettiin sähköurakoitsijaa, jolta myös paneelit hankittiin. Mekaaninen asennus kiinnityskiskojen ja paneelien osalta tehtiin itse, joten vain sähköinen puoli jäi urakoitsijalle.

### 6.3 Järjestelmän asennus

Asennuspaikaksi järjestelmälle päätettiin talon etelälape ja invertteri sijoitettiin länsi seinälle mittauskeskuksen viereen. Asennus ohjeissa kiellettiin asentamasta sitä palavalle alustalle, joten sille tehtiin 2 mm sinkitystä pellistä asennusalusta ja samalla sadelippa. DC-puolen johdot vietiin JAPP alumiini putkessa katolle ja aina paneelien alle asti yhtenäisessä putkessa (kuva 15). Paneelit kiinnitettiin talon katolle kuvassa 16. näkyvillä kiinnityskiskoilla. Kuvassa 17. kaikkien järjestelmän komponenttien asennus on saatettu loppuun. Tämän jälkeen

sähköurakoitsija suoritti vielä määräysten mukaiset käyttöönotto tarkastukset ja mittaukset, jonka jälkeen laitteisto kytkettiin verkkoon ja tuotannon analysointi voitiin aloittaa.



Kuva 11. Inverteri ja katkaisijat seinälle asennettuna (Hautamäki, 2022).



Kuva 12. Kiinnityskiskot asennettuna (Hautamäki, 2022).



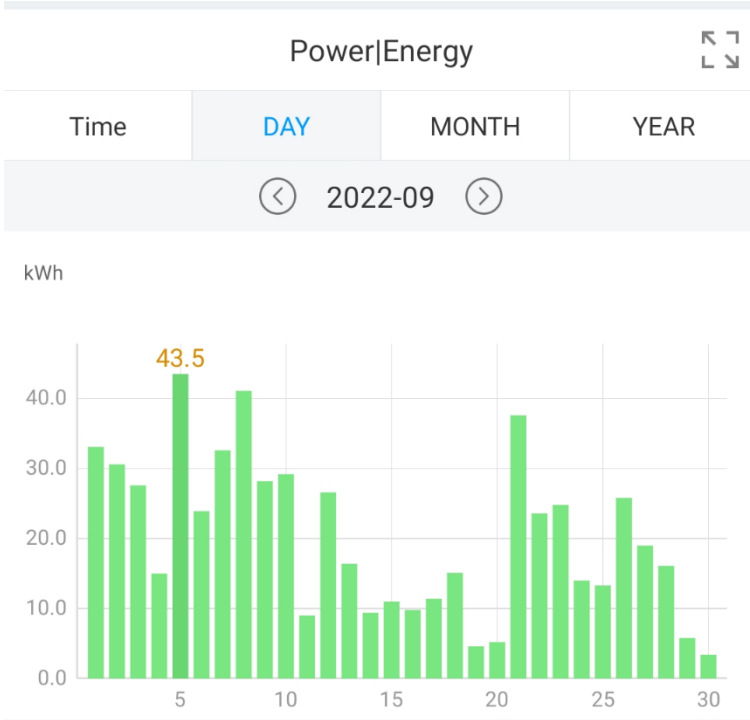
Kuva 13. Paneelit katolle asennettuna (Hautamäki, 2022).

## 7 TULOKSET JA JÄRJESTELMIEN VERTAILUA

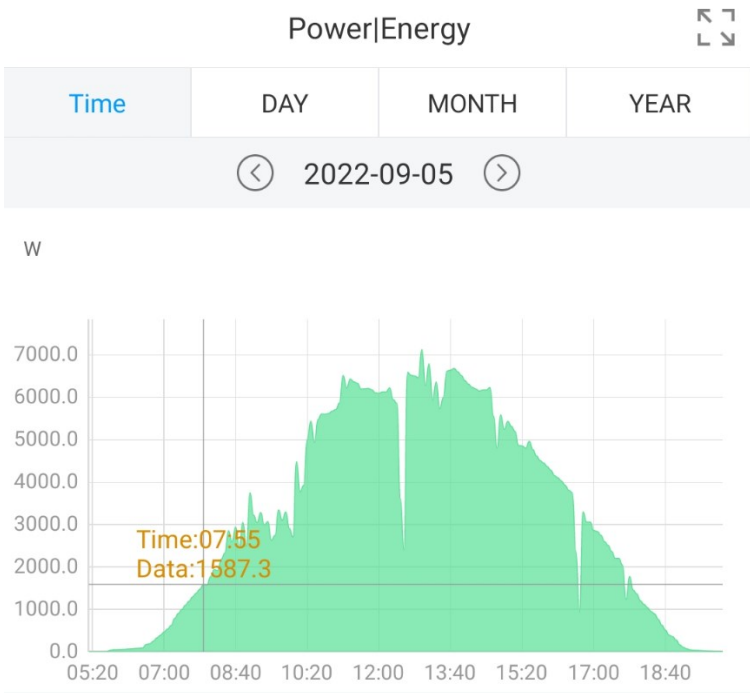
### 7.1 Toteutuneet arvot syyskuussa 2022

Valitettavasti kesäkuukausilta jäi data saamatta ja vertailua saatiin toteutettua vasta syyskuulta. Kuvioista 11. nähdään syyskuun tuotannot päivittäin. Synkkänä syksyisenä sadepäivänä huonoimmaksi päiväkohtaiseksi tuotoksi jäi 3,4 kWh, kuviossa 13 esitettynä kyseisen päivän tuotanto. Paras tuotantopäivä oli viides päivä, jolloin päästiin 43,5 kWh päivätuottoon (kuvio 12). Tästä voidaan todeta aurinkoenergian olevan hyvin riippuvainen aurinkoisesta säästä, koska pilvisinä päivinä tuotanto jäi alle 10 prosenttiin kirkkaista päivistä.

Syyskuun aikana järjestelmä tuotti sähköä 606,7 kWh, joka oli hyvin lähellä EU:n aurinkoenergia laskurin antamaa syyskuun keskiarvoa (590 kWh). Tästä myyntiin meni 399,6 kWh eli sähköä pystyttiin käyttämään 206,3 kWh, joka on noin kolmasosa tuotannosta. Myyntiin menevä sähkönmäärä yllätti hieman suuruudellaan vielä näin syksyllä. Tämä tarkoittaa sitä, että kesäkuukausina kiinteistön oman käytön osuus jää vielä reilusti pienemmäksi. Myydyn ylijäämän keskihinnaksi jäi 30,9 snt/kWh ja kokonaishinta myynnistä oli 123,64 €. Käytetyn sähkön tuoma säästö oli 45,4 €. Kiinteistön oman käytön osuus oli 34 % kokonaistuotannosta.

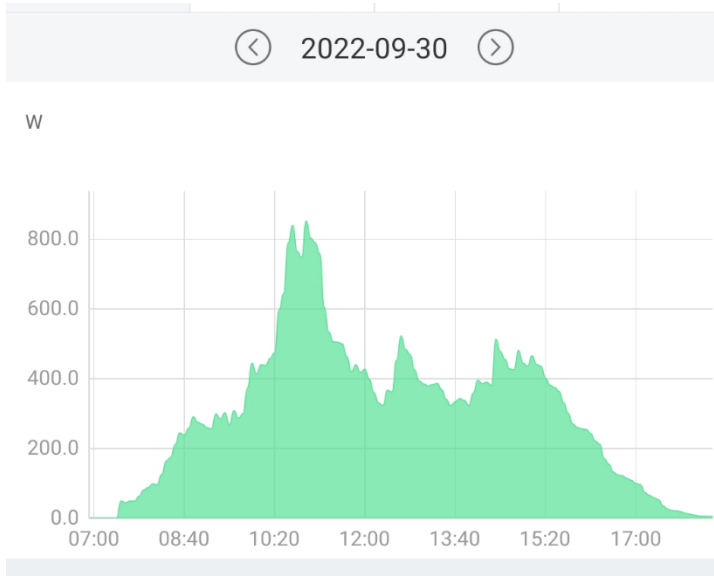


Kuvio 11. Syyskuun päivätuotannot.



Kuvio 12. Syyskuun paras tuotantopäivä 43.5 kWh





Kuvio. 13 Syyskuun huonoin tuotantopäivä 3.4 kWh

## 7.1 Toteutuneet arvot lokakuussa 2022

Lokakuussa järjestelmä tuotti sähköä vielä 342,4 kWh. EU:n laskurin arvio oli 309 kWh, joten tuotanto on ollut laskurin mukaista keskiarvoa parempi myös lokakuussa. Kiinteistön omaan käyttöön kului 137 kWh ja loput 205,4 kWh meni myyntiin. Myyntisähköstä Fortum maksoi 29,29 € ja sähköä käytettiin 30,14 € edestä. Kokonaissäästö lokakuulta oli 59,43 €. Kiinteistön oman käytön osuus nousi syyskuusta 7 % eli 41 prosenttiin. Tästä voidaan päätellä, että kiinteistön oma kulutus on aika pientä päiväaikaan, jolloin auringosta saadaan sähköä.

## 7.2 Tulokset

Lokakuun loppuun mennessä järjestelmän tuottama rahallinen hyöty oli 277,14 € eli 4 % sijoitetusta hinnasta. Tämä syksy on tietenkin ollut korkean sähkönhinnan aikaa, mutta 4 % takaisinmaksu 2 kuukauden aikana antaa uskoa alle 10 vuoden takaisinmaksuajalle. Aika näyttää, olisiko kiinteistöön kannattanut hankkia pienempi järjestelmä ja mahdollisimman suuri oman käytön osuus. Joka tapauksessa näyttää siltä, että oli kyseessä sitten pienempi järjestelmä vai hieman ylimitoitettu, se maksaa itsensä takaisin varmasti paneelien 25 v tehontuottotakuun aikana, jos invertteriä ei tarvitse uusia heti 10 vuoden takuun päätyttyä.

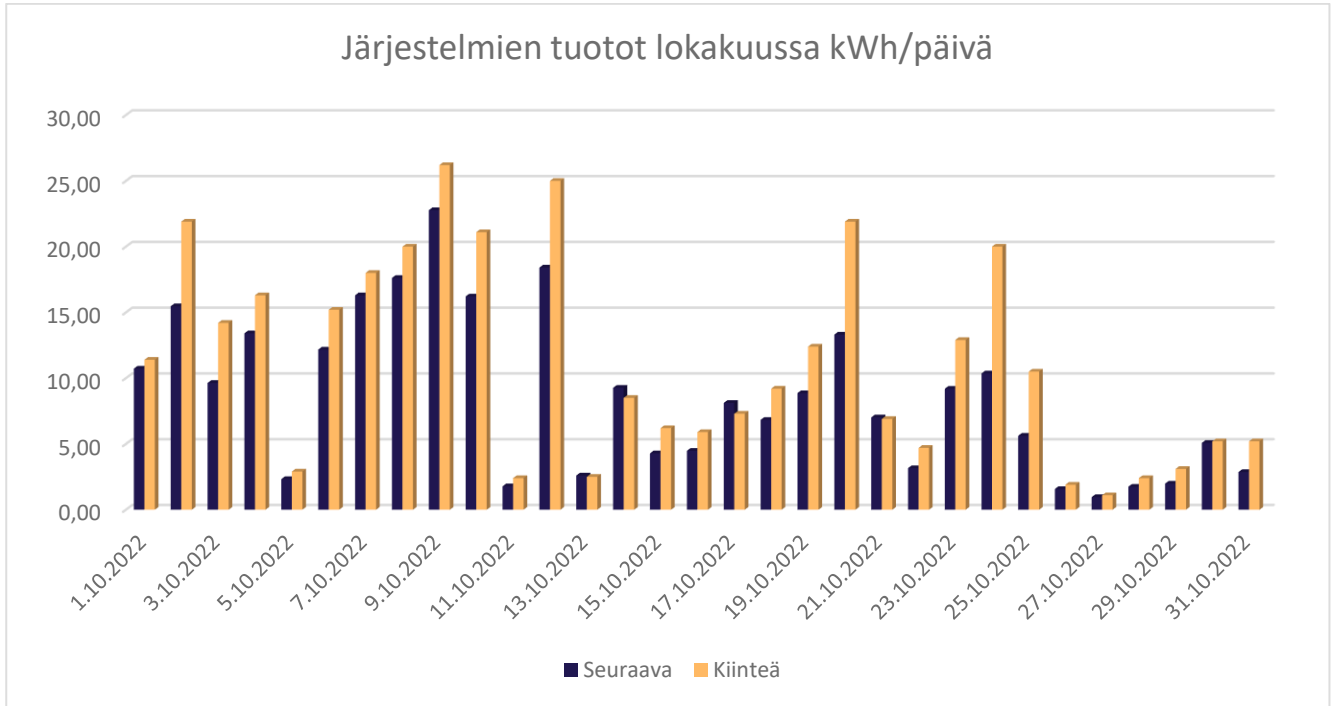
### 7.3 Kiinteän ja kääntyvän järjestelmän erot tuotoissa

Vertailukohteeksi järjestelmälle saatiin 35 kilometrin päässä Lapualla sijaitseva järjestelmä, joka seuraa aurinkoa. Järjestelmässä on yhden akselin eli atsimuuttikulman seuranta ja kallistuskulma on kiinteä 17 astetta. Paneelit järjestelmässä ovat 3 vuotta vanhoja 285W Astroenergyn monikidepaneeleja ja järjestelmän koko on 8kWp.

Vertailu jää harmillisesti vain kahden kuukauden ajanjaksolle, joten järjestelmien todellinen vuosituotannon ero voi poiketa merkittävästi lyhyen ajan vertailusta. Kuviossa 14 nähdään järjestelmien tuotanto syys-lokakuulta. Syyskuussa tuotantomäärissä ei ole juuri mitään eroa, mutta huomio kiinnittyy lokakuun tuotantoon, jossa seuraava järjestelmä jää 23 % kiinteän tuotannosta. Päivätuotantoja vertaillen (kuvio 15) huomataan erojen kasvavan aurinkoisina päivinä. Tämän erotuksen täytyy selittyä kääntyvän järjestelmän loivemmalla kallistuskulmalla, paneelitekniikan eroilla ja osittain myös paikallisella säänvaihtelulla. Lokakuussa aurinko paistaa jo niin matalalta horisontista, että 5 asteen kulman vaikutus alkaa näkyä. Kääntyvässä järjestelmässä käytetyt monikide paneelit ovat myös hieman heikompia pilvisellä säällä, jota lokakuussa oli suurimman osan ajasta.



Kuvio 14. Kiinteän ja seuraavan järjestelmän kuukausituotannot



Kuvio 15. Tuotantomäärät päivittäin

## 8 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuus. Työ eteni aurinkoenergiaan tutustumisella ja järjestelmän toiminnan selvittämisellä. Tämän jälkeen tutkittiin aurinkosähköjärjestelmään liittyvät komponentit. Seuraavaksi vuorossa oli selvittää, mikä kokoinen järjestelmä on mahdollista sijoittaa kyseessä olevaan kiinteistöön, ja mikä tehoinen järjestelmä maksaa itsensä takaisin varmemmin ja on järkevin sijoitus. Suunnittelusta saaduilla tiedoilla laitteisto hankittiin ja kahden kuukauden toiminnassa olon jälkeen tuloksia analysoitiin.

Lopputuloksena voidaan todeta aurinkojärjestelmän olevan kannattava sijoitus, joka maksaa itsensä luultavasti takaisin 5–10 vuoden aikana. Järkevintä on edelleen ostaa järjestelmä, jonka tuotannon pystyy suurimmalta osin käyttämään kiinteistössä itse. Siirtomaksut pitävät ostosähkön aina sen hintaisena, että omaan käyttöön tuotetun sähkön arvo riittää maksamaan pienen järjestelmän takaisin. Ylimoitettun järjestelmän takaisinmaksuaika voi venyä pitkäksi, jos sähkönhinnat laskevat matalalle kesäaikoina. Tarkkoihin laskelmiin ei tietenkään pystytä tässä maailman tilanteessa mitenkään. Sähkön tulevaisuuden hinnat ovat täysi arvoitus. Joka tapauksessa aurinkopaneelit maksavat itsensä takaisin elinaikanaan, mutta se, kuinka monta kertaa, on täysi arvoitus.

Työstä oli apua järjestelmän valinnassa ja hankinnan toteutuksessa, jonka lopputuloksena järjestelmä saatiin onnistuneesti toimintaan. Aurinkojärjestelmiin perehtyminen myös lisäsi kiinnostusta aurinkoenergiaan ja tulevaisuudessa järjestelmää voidaan laajentaa lisäämällä akkuvarastointia, jolloin sähkönkulutusta voidaan optimoida enemmän kiinteistön itsetuottamalle energialle.

## LÄHTEET

European Commission. (1.3.2022). *Photovoltaic geographical information system*.

[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

Ilmatieteen laitos. (i.a) *Auringon säteily ja kirkkausvaihtelut*. Haettu 10.8.2022. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/sateily-ja-kirkkausvaihtelut>

Renewableenergyhub. (i.a) *What is the difference between mono and poly solar panels?* Haettu 10.8.2022. <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-panels/what-is-the-difference-between-mono-and-poly-solar-panels/>

Almerini. A. (23.08.2021) *What is half-cut solar cell technology?* SolarReviews.

<https://www.solarreviews.com/blog/half-cut-solar-cell-technology-explained>

Pickerel, K. (24.10.2018) *What is a half-cell solar panel?*. Solar power World. <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/10/what-is-a-half-cell-solar-panel/>

Aurinkovirta (3.3.2022) *Invertteri*. <https://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/invertteri/>

Ilmatieteenlaitos (i.a) *Auringon säteily ja kirkkausvaihtelut*. Haettu 10.8.2022. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/sateily-ja-kirkkausvaihtelut>

Motiva (2.8.2022) *Aurinkosähköteknologiat*. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat)

Beny (7.9.2022) *Aurinkopaneelien mikroinvertteri: Mitä ne tarkalleen ovat?*.

<https://www.beny.com/fi/solar-microinverters-what-are-they-exactly/>

Lumo energia (15.3.2022) *Kuinka paljon aurinko-sähkö-järjestelmä tuottaa?* <https://www.lumoenergia.fi/aurinkopaneelit/ostajan-opas/aurinkosahkojarjestelman-tuotto/>

Lumo energia (28.2.2022) *Mistä aurinko-sähkö-järjestelmä koostuu?* <https://www.lumoenergia.fi/aurinkopaneelit/ostajan-opas/aurinkosahkojarjestelman-osat/>

Perälä, R. (2017). *Aurinko-sähköä*. Alfamer / Karisto Oy.

Lehto, I., Orrberg, M., Ylinen, M., & Andersén, M. (2021). *Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus*. (2.p). Grano.

Tahkokorpi, M., Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A., & Wiljander, M. (2016). *Aurinko-energiasuomessa*. Into.

Linquip (20.12.2020) *Monocrystalline vs Polycrystalline: Everything You Should Know*.  
[https://www.linquip.com/blog/monocrystalline-vs-polycrystalline/#The Pros and Cons of Monocrystalline Solar Panels](https://www.linquip.com/blog/monocrystalline-vs-polycrystalline/#The_Pro_and_Cons_of_Monocrystalline_Solar_Panels)

Shenzhen Growatt New Energy (23.9.2021) *Installation and operation manual Mid 3-15ktl3-x*  
[MID 3-15KTL3-X user manual-English.cdr \(nordsolar.fi\)](https://www.nordsolar.fi/MID_3-15KTL3-X_user_manual-English.cdr)

Auramies, J. (13.07.2022). *Sähkön hinta 10-kertaistui, lasku siirtyi rytinällä sähkösovimustaan uusivien maksettavaksi – kriisi pitää hinnat pilvissä parikin vuotta*. MTVuutiset. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/sahkon-hinta-10-kertaistui-lasku-siirtyi-rytinalla-sahkosopimustaan-uusivien-maksettavaksi-kriisi-pitaa-hinnat-pilvissa-parikin-vuotta/8468196#gs.jasfuh>

Maanmittauslaitos (2022) *karttapaikka* <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

## LIITTEET

Liite 1. Laskelma 3 kWp 5 snt/kWh myyntisähköhinta

Liite 2. Laskelma 6 kWp 5 snt/kWh myyntisähköhinta

Liite 3. Laskelma 6 kWp 20 snt/kWh myyntisähköhinta

Liite 4. Laskelma 9.3 kWp 5 snt/kWh myyntisähköhinta

Liite 5. Laskelma ulkorakennus kaakko 3 kWp 5 snt/kWh myyntisähköhinta

Liite 6. Laskelma ulkorakennus luode 3 kWp 5 snt/kWh myyntisähköhinta

Laskennassa käytetty 32kpl Amerisolar PERC 290w paneeleita

Järjestelmän hinta €

Aurinkosähköjärjestelmän koko		3 kWp		4000							
paneelien hyötysuhde		18 %									
Aurinkosähkön maksimiosuus vuorokausi kulutuksesta		35 %									
Järjestelmän koko paneelien pinta-alana		16,8 neliometriä		Yksi paneeli tuottaa 179W neliöllä							
Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	sähkönkulutus kWh/kk lukemat vuodelta 2021	Auringon säteilyn keskiarvo kWh/m <sup>2</sup> /pv	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinko sähkön tuotanto kWh/kk	Invertterin tehohäviön jälkeen kWh/kk	Aurinko sähköä omaan käyttöön kWh	Aurinko sähköä myyntiin kWh	Käytetyn sähkön arvo €	Myyntitulot sähkönmyynnistä €
Tammikuu	31	1800	0,34	220,0	50,0	31	30	30	0	6,65 €	0,00 €
Helmikuu	28	1700	1,21	220,0	50,0	101	97	97	0	21,38 €	0,00 €
Maaliskuu	31	1000	3,03	220,0	50,0	281	269	269	0	59,28 €	0,00 €
Huhtikuu	30	800	4,41	220,0	50,0	395	380	280	100	61,60 €	4,98 €
Toukokuu	31	650	5,59	220,0	50,0	518	497	228	270	50,05 €	13,48 €
Kesäkuu	30	400	5,72	220,0	50,0	513	492	140	352	30,80 €	17,61 €
Heinäkuu	31	400	5,26	220,0	50,0	487	468	140	328	30,80 €	16,39 €
Elokuu	31	500	4,2	220,0	50,0	389	374	175	199	38,50 €	9,93 €
Syyskuu	30	700	2,76	220,0	50,0	247	238	238	0	52,26 €	0,00 €
Lokakuu	31	900	1,39	220,0	50,0	129	124	124	0	27,20 €	0,00 €
Marraskuu	30	1000	0,42	220,0	50,0	38	36	36	0	7,95 €	0,00 €
Joulukuu	31	1200	0,16	220,0	50,0	15	14	14	0	3,13 €	0,00 €
<b>Yhteensä koko vuosi</b>	<b>365</b>	<b>11050</b>				<b>3144</b>		<b>1771</b>	<b>1248</b>	<b>389,6 €</b>	<b>62,4 €</b>

Järjestelmän pitoaika vuosina	sähkön otto (kWh) vuodessa(0,5% lasku	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa	Järjestelmän pitoaika vuosina	sähkön otto (kWh) vuodessa(0,5%	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa
1	3144,4	421 €	15	2931,3	6 091 €
2	3128,7	840 €	16	2916,7	6 481 €
3	3113,0	1 256 €	17	2902,1	6 868 €
4	3097,5	1 671 €	18	2887,6	7 253 €
5	3082,0	2 083 €	19	2873,1	7 636 €
6	3066,6	2 493 €	20	2858,8	8 017 €
7	3051,2	2 902 €	21	2844,5	8 395 €
8	3036,0	3 308 €	22	2830,2	8 772 €
9	3020,8	3 712 €	23	2816,1	9 147 €
10	3005,7	4 114 €	24	2802,0	9 519 €
11	2990,7	4 513 €	25	2788,0	9 889 €
12	2975,7	4 911 €	26	2774,1	10 258 €
13	2960,8	5 307 €	27	2760,2	10 624 €
14	2946,0	5 700 €	28	2746,4	10 988 €

Laskelmasta on jätetty pois joului- ja helmikuu, koska paneelien oletetaan olevan lumen peitossa

Omaan käyttöön aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi €	358,4 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena €	62,39 €
Ylijäämän osuus	40 %
Takaisin maksuaika arvio /v	10
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	2974
Omaan käyttöön kWh/v	1726
Myyntiin kWh/v	1248



Laskennassa käytetty 32kpl Amerisolar PERC 290w paneeleita

Järjestelmän hinta €

Aurinkosähköjärjestelmän koko	6 kWp				6500						
paneelien hyötysuhde	18 %										
Aurinkosähkön maksimiosuus vuorokausi kulutuksesta	35 %										
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala	33,5 neliometriä				Yksi paneeli tuottaa 179W neliöllä						
Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	sähkönkulutus kWh/kk lukemat vuodelta 2021	Auringon säteilyn keskiarvo kWh/m2/pv	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön tuotanto kWh/kk	Invertterin tehohäviön jälkeen kWh/kk	Aurinkosähköä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähköä myyntiin kWh	Käytetty sähkön arvo €	Myyntitulot sähkönmyynnistä €
Tammikuu	31	1800	0,34	220,0	50,0	63	60	60	0	13,30 €	0,00 €
Helmikuu	28	1700	1,21	220,0	50,0	202	194	194	0	42,76 €	0,00 €
Maaliskuu	31	1000	3,03	220,0	50,0	561	539	350	189	77,00 €	9,45 €
Huhtikuu	30	800	4,41	220,0	50,0	791	759	280	479	61,60 €	23,95 €
Toukokuu	31	650	5,59	220,0	50,0	1036	994	228	767	50,05 €	38,34 €
Kesäkuu	30	400	5,72	220,0	50,0	1026	985	140	845	30,80 €	42,23 €
Heinäkuu	31	400	5,26	220,0	50,0	975	936	140	796	30,80 €	39,78 €
Elokuu	31	500	4,2	220,0	50,0	778	747	175	572	38,50 €	28,60 €
Syyskuu	30	700	2,76	220,0	50,0	495	475	245	230	53,90 €	11,50 €
Lokakuu	31	900	1,39	220,0	50,0	258	247	247	0	54,39 €	0,00 €
Marraskuu	30	1000	0,42	220,0	50,0	75	72	72	0	15,90 €	0,00 €
Joulukuu	31	1200	0,16	220,0	50,0	30	28	28	0	6,26 €	0,00 €
<b>Yhteensä koko vuosi</b>	<b>365</b>	<b>11050</b>				<b>6289</b>		<b>2160</b>	<b>3877</b>	<b>475,3 €</b>	<b>193,8 €</b>

Järjestelmän pitoaika vuosina	sähköntuotto kWh/v (0,5% lasku vuosittain)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa	Järjestelmän pitoaika vuosina	sähköntuotto kWh/v (0,5% lasku vuosittain)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa
1	6288,8	607 €	15	5862,6	8 783 €
2	6257,4	1 211 €	16	5833,3	9 345 €
3	6226,1	1 811 €	17	5804,1	9 903 €
4	6194,9	2 409 €	18	5775,1	10 458 €
5	6164,0	3 004 €	19	5746,2	11 010 €
6	6133,2	3 595 €	20	5717,5	11 559 €
7	6102,5	4 184 €	21	5688,9	12 105 €
8	6072,0	4 769 €	22	5660,5	12 649 €
9	6041,6	5 352 €	23	5632,2	13 189 €
10	6011,4	5 931 €	24	5604,0	13 726 €
11	5981,4	6 508 €	25	5576,0	14 260 €
12	5951,4	7 081 €	26	5548,1	14 791 €
13	5921,7	7 652 €	27	5520,4	15 318 €
14	5892,1	8 219 €	28	5492,8	15 843 €

<b>Yhteenveto laskelmasta on jätetty pois joulutammii- ja helmikuu, koska paneelien oletetaan olevan lumen peitossa</b>	
<b>Omaan käyttöön aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi €</b>	<b>412,9 €</b>
<b>Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena €</b>	<b>193,85 €</b>
<b>Ylijäämän osuus</b>	<b>62 %</b>
<b>Takaisin maksuaika arvio /v</b>	<b>11</b>
<b>Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v</b>	<b>5948</b>
<b>Omaan käyttöön kWh/v</b>	<b>2071</b>
<b>Myyntiin kWh/v</b>	<b>3877</b>

Laskennassa käytetty 32kpl Amerisolar PERC 290w paneeleita

Järjestelmän hinta €

Aurinkosähköjärjestelmän koko		6 kWp		6500								
paneelien hyötysuhde		18 %										
Aurinkosähkön maksimiosuus vuorokausi kulutuksesta		35 %										
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala		33,5 neliometriä		Yksi paneeli tuottaa 179W neliöllä								
Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	sähkönkulutus kWh/kk lukemat vuodelta 2021	Auringon säteilyn keskiarvo kWh/m <sup>2</sup> /pv	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinko sähkön tuotanto kWh/kk	Invertterin tehohävion jälkeen kWh/kk	Aurinko sähkää omaan käyttöön kWh	Aurinko sähkää myyntiin kWh	Käytetty sähkön arvo €	Myyntitulot sähkönmyynnistä €	
Tammikuu	31	1800	0,34	220,0	200,0	63	60	60	0	13,30 €	0,00 €	
Helmikuu	28	1700	1,21	220,0	200,0	202	194	194	0	42,76 €	0,00 €	
Maaliskuu	31	1000	3,03	220,0	200,0	561	539	350	189	77,00 €	37,78 €	
Huhtikuu	30	800	4,41	220,0	200,0	791	759	280	479	61,60 €	95,81 €	
Toukokuu	31	650	5,59	220,0	200,0	1036	994	228	767	50,05 €	153,35 €	
Kesäkuu	30	400	5,72	220,0	200,0	1026	985	140	845	30,80 €	168,91 €	
Heinäkuu	31	400	5,26	220,0	200,0	975	936	140	796	30,80 €	159,11 €	
Elokuu	31	500	4,2	220,0	200,0	778	747	175	572	38,50 €	114,40 €	
Syyskuu	30	700	2,76	220,0	200,0	495	475	245	230	53,90 €	46,01 €	
Lokakuu	31	900	1,39	220,0	200,0	258	247	247	0	54,39 €	0,00 €	
Marraskuu	30	1000	0,42	220,0	200,0	75	72	72	0	15,90 €	0,00 €	
Joulukuu	31	1200	0,16	220,0	200,0	30	28	28	0	6,26 €	0,00 €	
<b>Yhteensä koko vuosi</b>	<b>365</b>	<b>11050</b>				<b>6289</b>		<b>2160</b>	<b>3877</b>	<b>475,3 €</b>	<b>775,4 €</b>	

Järjestelmän pitoaika vuosina	sähköntuotto (kWh) vuodessa(0,5% lasku)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa	Järjestelmän pitoaika vuosina	sähköntuotto (kWh) vuodessa(0,5%)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa
1	6288,8	1 188 €	15	5862,6	17 201 €
2	6257,4	2 371 €	16	5833,3	18 300 €
3	6226,1	3 547 €	17	5804,1	19 394 €
4	6194,9	4 718 €	18	5775,1	20 481 €
5	6164,0	5 882 €	19	5746,2	21 562 €
6	6133,2	7 041 €	20	5717,5	22 638 €
7	6102,5	8 194 €	21	5688,9	23 707 €
8	6072,0	9 340 €	22	5660,5	24 771 €
9	6041,6	10 481 €	23	5632,2	25 828 €
10	6011,4	11 616 €	24	5604,0	26 880 €
11	5981,4	12 745 €	25	5576,0	27 926 €
12	5951,4	13 868 €	26	5548,1	28 966 €
13	5921,7	14 985 €	27	5520,4	29 999 €
14	5892,1	16 096 €	28	5492,8	31 027 €

Laskelmasta on jätetty pois joului- ja helmikuu, koska paneelien oletetaan olevan lumen peitossa

Omaan käyttöön aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi €	412,9 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena €	775,38 €
Ylijäämän osuus	62 %
Takaisin maksuaika arvio /v	5
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	5948
Omaan käyttöön kWh/v	2071
Myyntiin kWh/v	3877

Laskennassa käytetty 32kpl Amerisolar PERC 290w paneeleita

Järjestelmän hinta €

Aurinkosähköjärjestelmän koko		9,3 kWp		8000							
paneelien hyötysuhde		18 %									
Aurinkosähkön maksimiosuus vuorokausi kulutuksesta		35 %									
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala		52,0 neliometriä		Yksi paneeli tuottaa 179W neliöllä							
Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	sähkönkulutus kWh/kk lukemat vuodelta 2021	Auringon säteilyn keskiarvo kWh/m2/pv	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinko sähkön tuotanto kWh/kk	Invertterin tehohäviön jälkeen kWh/kk	Aurinko sähkää omaan käyttöön kWh	Aurinko sähkää myyntiin kWh	Käytetty sähkön arvo €	Myyntitulot sähkönmyynnistä €
Tammikuu	31	1800	0,34	220,0	50,0	98	94	94	0	20,62 €	0,00 €
Helmikuu	28	1700	1,21	220,0	50,0	314	301	301	0	66,29 €	0,00 €
Maaliskuu	31	1000	3,03	220,0	50,0	870	835	350	485	77,00 €	24,27 €
Huhtikuu	30	800	4,41	220,0	50,0	1226	1177	280	897	61,60 €	44,83 €
Toukokuu	31	650	5,59	220,0	50,0	1605	1541	228	1314	50,05 €	65,68 €
Kesäkuu	30	400	5,72	220,0	50,0	1590	1526	140	1386	30,80 €	69,30 €
Heinäkuu	31	400	5,26	220,0	50,0	1511	1450	140	1310	30,80 €	65,51 €
Elokuu	31	500	4,2	220,0	50,0	1206	1158	175	983	38,50 €	49,14 €
Syyskuu	30	700	2,76	220,0	50,0	767	736	245	491	53,90 €	24,57 €
Lokakuu	31	900	1,39	220,0	50,0	399	383	315	68	69,30 €	3,41 €
Marraskuu	30	1000	0,42	220,0	50,0	117	112	112	0	24,65 €	0,00 €
Joulukuu	31	1200	0,16	220,0	50,0	46	44	44	0	9,70 €	0,00 €
<b>Yhteensä koko vuosi</b>	<b>365</b>	<b>11050</b>				<b>9748</b>		<b>2424</b>	<b>6934</b>	<b>533,2 €</b>	<b>346,7 €</b>

Järjestelmän pitoaika vuosina	sähkötuo- tto kWh/v (0,5% lasku vuosittain)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa	Järjestelmän pitoaika vuosina	sähkötuo- tto kWh/v (0,5% lasku vuosittain)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa
1	9747,7	783 €	15	9087,1	11 338 €
2	9698,9	1 563 €	16	9041,6	12 063 €
3	9650,4	2 338 €	17	8996,4	12 784 €
4	9602,2	3 110 €	18	8951,4	13 500 €
5	9554,2	3 877 €	19	8906,7	14 213 €
6	9506,4	4 641 €	20	8862,1	14 922 €
7	9458,9	5 401 €	21	8817,8	15 627 €
8	9411,6	6 157 €	22	8773,7	16 328 €
9	9364,5	6 909 €	23	8729,9	17 025 €
10	9317,7	7 657 €	24	8686,2	17 718 €
11	9271,1	8 401 €	25	8642,8	18 408 €
12	9224,7	9 141 €	26	8599,6	19 093 €
13	9178,6	9 877 €	27	8556,6	19 775 €
14	9132,7	10 610 €	28	8513,8	20 452 €

Yhteenveto laskelmasta on jätetty pois joulutammii- ja helmikuu, koska paneelien oletetaan olevan lumen peitossa	
Omaan käyttöön aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi €	436,6 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena €	346,70 €
Ylijäämän osuus	71 %
Takaisin maksuaika arvio /v	10
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	9220
Omaan käyttöön kWh/v	2286
Myyntiin kWh/v	6934

Laskennassa käytetty 32kpl Amerisolar PERC 290w paneeleita

Järjestelmän hinta €

Aurinkosähköjärjestelmän koko	3 kWp
paneelien hyötysuhde	18 %
Aurinkosähkön maksimiosuus vuorokausi kulutuksesta	35 %
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala	16,8 neliometriä

4000

Ulkoranennus kaakon puoleinen lape

Yksi paneeli tuottaa 179W neliöllä

Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	sähkönkulutus kWh/kk lukemat vuodelta 2021	Auringon säteilyn keskiarvo kWh/m2/pv	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinko sähkön tuotanto kWh/kk	Invertterin tehohäviön jälkeen kWh/kk	Aurinko sähkää omaan käyttöön kWh	Aurinko sähkää myyntiin kWh	Käytetyn sähkön arvo €	Myyntitulot sähkönmyynnistä €
Tammikuu	31	1800	0,15	220,0	50,0	14	13	13	0	2,93 €	0,00 €
Helmikuu	28	1700	0,65	220,0	50,0	54	52	52	0	11,49 €	0,00 €
Maaliskuu	31	1000	1,9	220,0	50,0	176	169	169	0	37,17 €	0,00 €
Huhtikuu	30	800	3,37	220,0	50,0	302	290	280	10	61,60 €	0,50 €
Toukokuu	31	650	4,76	220,0	50,0	441	423	228	196	50,05 €	9,79 €
Kesäkuu	30	400	5,19	220,0	50,0	465	447	140	307	30,80 €	15,33 €
Heinäkuu	31	400	4,65	220,0	50,0	431	414	140	274	30,80 €	13,68 €
Elokuu	31	500	3,39	220,0	50,0	314	301	175	126	38,50 €	6,32 €
Syyskuu	30	700	1,96	220,0	50,0	176	169	169	0	37,11 €	0,00 €
Lokakuu	31	900	0,8	220,0	50,0	74	71	71	0	15,65 €	0,00 €
Marraskuu	30	1000	0,2	220,0	50,0	18	17	17	0	3,79 €	0,00 €
Joulukuu	31	1200	0,06	220,0	50,0	6	5	5	0	1,17 €	0,00 €
<b>Yhteensä koko vuosi</b>	<b>365</b>	<b>11050</b>				<b>2471</b>		<b>1459</b>	<b>913</b>	<b>321,1 €</b>	<b>45,6 €</b>

Järjestelmän pitoaika vuosina	sähkön otto (kWh) vuodessa (0,5% lasku)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa	Järjestelmän pitoaika vuosina	sähkön otto (kWh) vuodessa (0,5%)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa
1	2470,7	351 €	15	2303,3	5 082 €
2	2458,4	700 €	16	2291,8	5 407 €
3	2446,1	1 048 €	17	2280,3	5 730 €
4	2433,9	1 394 €	18	2268,9	6 051 €
5	2421,7	1 738 €	19	2257,6	6 371 €
6	2409,6	2 080 €	20	2246,3	6 688 €
7	2397,5	2 421 €	21	2235,0	7 004 €
8	2385,5	2 760 €	22	2223,9	7 319 €
9	2373,6	3 097 €	23	2212,8	7 631 €
10	2361,7	3 432 €	24	2201,7	7 942 €
11	2349,9	3 766 €	25	2190,7	8 251 €
12	2338,2	4 097 €	26	2179,7	8 558 €
13	2326,5	4 427 €	27	2168,8	8 863 €
14	2314,9	4 756 €	28	2158,0	9 167 €

Laskelmasta on jätetty pois joului- tammi- ja helmikuu, koska paneelien oletetaan olevan lumen peitossa

Omaan käyttöön aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi €	305,5 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena €	45,63 €
<b>Ylijäämän osuus</b>	<b>37 %</b>
Takaisin maksuaika arvio /v	11
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	2353
Omaan käyttöön kWh/v	1441
Myyntiin kWh/v	913

Laskennassa käytetty 32kpl Amerisolar PERC 290w paneeleita

Järjestelmän hinta €

Aurinkosähköjärjestelmän koko	3 kWp
paneelien hyötysuhde	18 %
Aurinkosähkön maksimiosuus vuorokausi kulutuksesta	35 %
Järjestelmän koko paneelien pinta-alana	16,8 neliometriä

4000

Ulkoranennus luoteen puoleinen lape

Yksi paneeli tuottaa 179W neliöllä

Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	sähkönkulutus kWh/kk lukemat vuodelta 2021	Auringon säteilyn keskiarvo kWh/m <sup>2</sup> /pv	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinko sähkön tuotanto kWh/kk	Invertterin tehohäviön jälkeen kWh/kk	Aurinko sähkөө omaan käyttöön kWh	Aurinko sähkөө myyntiin kWh	Käytetyn sähkön arvo €	Myyntitulot sähkönmyynnistä €
Tammikuu	31	1800	0,18	220,0	50,0	17	16	16	0	3,52 €	0,00 €
Helmikuu	28	1700	0,74	220,0	50,0	62	59	59	0	13,08 €	0,00 €
Maaliskuu	31	1000	2,13	220,0	50,0	197	189	189	0	41,67 €	0,00 €
Huhtikuu	30	800	3,65	220,0	50,0	327	314	280	34	61,60 €	1,71 €
Toukokuu	31	650	5,09	220,0	50,0	472	453	228	225	50,05 €	11,26 €
Kesäkuu	30	400	5,45	220,0	50,0	489	469	140	329	30,80 €	16,45 €
Heinäkuu	31	400	4,93	220,0	50,0	457	438	140	298	30,80 €	14,92 €
Elokuu	31	500	3,69	220,0	50,0	342	328	175	153	38,50 €	7,66 €
Syyskuu	30	700	2,11	220,0	50,0	189	182	182	0	39,95 €	0,00 €
Lokakuu	31	900	0,9	220,0	50,0	83	80	80	0	17,61 €	0,00 €
Marraskuu	30	1000	0,23	220,0	50,0	21	20	20	0	4,35 €	0,00 €
Joulukuu	31	1200	0,08	220,0	50,0	7	7	7	0	1,57 €	0,00 €
<b>Yhteensä koko vuosi</b>	<b>365</b>	<b>11050</b>				<b>2662</b>		<b>1516</b>	<b>1040</b>	<b>333,5 €</b>	<b>52,0 €</b>

Järjestelmän pitoaika vuosina	sähköntuotto (kWh) vuodessa(0,5% lasku)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa	Järjestelmän pitoaika vuosina	sähköntuotto (kWh) vuodessa(0,5%)	Rahallinen hyöty vuosien kuluessa
1	2662,3	367 €	15	2481,9	5 317 €
2	2649,0	733 €	16	2469,5	5 657 €
3	2635,8	1 096 €	17	2457,1	5 995 €
4	2622,6	1 458 €	18	2444,8	6 331 €
5	2609,5	1 818 €	19	2432,6	6 665 €
6	2596,4	2 176 €	20	2420,5	6 998 €
7	2583,4	2 533 €	21	2408,4	7 328 €
8	2570,5	2 887 €	22	2396,3	7 657 €
9	2557,7	3 240 €	23	2384,3	7 984 €
10	2544,9	3 591 €	24	2372,4	8 309 €
11	2532,1	3 940 €	25	2360,5	8 632 €
12	2519,5	4 287 €	26	2348,7	8 954 €
13	2506,9	4 632 €	27	2337,0	9 273 €
14	2494,4	4 976 €	28	2325,3	9 591 €

Laskelmasta on jätetty pois joulu- tammi- ja helmikuu, koska paneelien oletetaan olevan lumen peitossa

Omaan käyttöön aurinkosähkön arvo ensimmäinen vuosi €	315,3 €
Sähkön myyntitulot ensimmäisenä vuotena €	52,00 €
Ylijäämän osuus	39 %
Takaisin maksuaika arvio /v	11
Tuotanto ensimmäinen vuosi kWh/v	2533
Omaan käyttöön kWh/v	1493
Myyntiin kWh/v	1040