



# Palvelutalon aurinkosähköjärjestelmän kannattavuusanalyysi

Sami Parvela

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023

Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

PARVELA, SAMI:  
Palvelutalon aurinkosähköjärjestelmän kannattavuusanalyysi

Opinnäytetyö 35 sivua  
Toukokuu 2023

---

Tilaus tälle työlle tuli Treili Oy:ltä, joka halusi tutkia aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta Vaakon Harjun palvelutaloon, joka sijaitsee Tampereen Kaarilassa ja tarjoaa ympärivuorokautista hoivaa muistisairaille ikäihmisille. Työn tarkoituksena oli saada tilaajalle mahdollisimman kattava selvitys siitä, minkälainen järjestelmä olisi mahdollista kiinteistöön asentaa, kuinka suuren investoinnin se vaatii sekä millainen takaisinmaksuaika kyseisellä järjestelmällä on.

Aurinkosähköjärjestelmä suunniteltiin ”Pekkala”-nimisen rakennuksen laajenusosan katolle, joka tarjosi varjostamattoman lähes 190 neliömetrin pinta-alan aurinkopaneeleille koilliseen suunnattuna. Suunnittelussa käytettiin apuna ilmaista PVGIS-laskuria, josta saatiin tuntitason dataa siitä, paljonko energiaa kyseinen aurinkosähköjärjestelmä voisi tuottaa. Järjestelmän kannattavuuden arvioinnissa hyödynnettiin ilmaista Finsolarin kehittämää aurinkosähkön kannattavuuslaskuria.

Tuloksena saatiin mitoitettua katolle 60 aurinkopaneelia, jotka ovat kokonaisteholtaan yhteensä 25,5 kWp. Mitoitukseltaan järjestelmä on sellainen, että lähes kaikki saatu sähkö tulee kiinteistön omaan käyttöön, eikä sähköä myydä eteenpäin verkkoyhtiölle lainkaan. Kannattavuusanalyysi tehtiin tämän hetken tiedoilla sähkön sekä järjestelmän hinnasta. Lisäksi tehtiin arvioita kannattavuudesta, mikäli kyseiset arvot muuttuisivatkin. Parhaimmillaan järjestelmä maksaa itsensä takaisin jopa seitsemässä vuodessa, minkä jälkeen kaikki saatu sähkö on pelkkää tuottoa kiinteistölle, mutta pahimmissakin skenaarioissa järjestelmä osoittautui kannattavaksi asentaa.

Tilaaja voi käyttää tätä työtä suoraan järjestelmän suunnittelussa. Todennäköisesti aurinkopaneelien toimittajat kuitenkin haluavat itse tehdä suunnitelmat mitoituksesta ja käyttää sellaisia komponentteja, joita heillä on valmiiksi varastoisaan, jolloin järjestelmän koko tai hinta voi muuttua.

---

Asiasanat: aurinkopaneelit, aurinkokennot, kannattavuus, analyysi

## **ABSTRACT**

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

PARVELA, SAMI:  
Profitability Analysis of a Solar Panel System for an Assisted Living Building

Bachelor's thesis 35 pages  
May 2023

---

The objective of this thesis was to plan a solar panel system to an assisted living building and to gather information about the profitability of that system.

This study was carried out as a project. A PVGIS calculator was used in this project to gather information on how much energy the solar panel system will produce to the premises. The profitability analysis was made by using a solar panel profitability calculator which was made by Finsolar.

These results indicate that it is possible to install 60 solar panels to the premises and the total power of these solar panels is 25,5 kWp. Almost all the electricity produced by the panels is used by the premises.

The findings indicate that it is profitable to install the solar panel system to the premises. In the best scenario the solar panel system pays itself back in 7 years and even in the worst scenarios it is profitable to install that system.

---

Key words: solar panel, solar cell, profitability, analysis

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	8
	2.1 Mitoitusperiaatteet.....	9
	2.2 Aurinkopaneelit .....	10
	2.3 Invertterit .....	10
	2.4 Turvakytkimet.....	11
	2.5 Tehontuotantoon vaikuttavat tekijät.....	12
3	AURINKOPANEELIEN MITOITUS KOHTEESEEN.....	14
	3.1 Aurinkopaneelien valinta .....	14
	3.2 Mitoitus "Pekkala" -laajennusosan katolle .....	16
	3.2.1 Aurinkopaneelien määrä.....	17
	3.2.2 Asennuskulman vaikutus tehontuotantoon .....	18
	3.2.3 Aurinkopaneelien ryhmittely .....	19
	3.2.4 Invertterin valinta .....	21
	3.2.5 Invertterin asentaminen .....	22
	3.2.6 Suojalaitteiden mitoitus.....	23
	3.3 Aurinkosähköjärjestelmän asennus.....	24
	3.3.1 Asennuksen jälkeinen tarkastus .....	24
	3.3.2 Kunnossapitotarkastukset .....	26
4	KANNATTAVUUSANALYYSI .....	27
	4.1 Järjestelmän kokonaishinta.....	27
	4.1.1 Mahdolliset vähennykset .....	27
	4.2 Järjestelmän sähköntuotto .....	28
	4.3 Kannattavuuden tarkastelu .....	29
	4.3.1 Järjestelmän taloudellinen tuotto-odotus .....	30
5	POHDINTA JA YHTEENVETO.....	34
	LÄHTEET.....	36

**LYHENTEET JA TERMIT**

kWh	Energian mittayksikkö, jolla tarkoitetaan käytetyn energian määrää yhden tunnin aikana
MPPT	Maximum power point tracking. Maksimitehopisteen seuraaja, jolla invertteri ohjaa aurinkopaneelien toimintajännitettä
PVGIS-laskuri	Euroopan komission alaisen tutkimuskeskuksen ylläpitämä laskuri, jolla voi tarkastella aurinkopaneelien energiatuotannon määrää
Wp	Aurinkopaneelin tuottama teho standardiolosuhteessa. Mittaus +25 °C:ssä kun aurinkopaneelille kohdistuva säteily määrä on 1000 W/m <sup>2</sup>

## 1 JOHDANTO

Aurinkosähköjärjestelmät yleistyvät ja kehittyvät jatkuvasti, minkä takia myös asiaan liittyviä standardeja joudutaan päivittämään säännöllisesti. Jopa 2,2 prosenttia Suomen sähköverkkoon asennetusta sähkön tuotantokapasiteetista oli tuotettu aurinkosähköllä 2021 vuoden lopussa. Määrä oli noussut jopa 75 prosenttia vuodesta 2020. (Energiavirasto, 2022.) Vuonna 2022 sähkön hinta on noussut reilusti, mikä on saanut kuluttajat asentamaan entistä herkemmin aurinkosähköjärjestelmiä, koska järjestelmien takaisinmaksuaika pienenee suhteessa sähkön korkeaan hintaan. Sähkön markkinahintaan Suomessa vaikuttavat monet tekijät, joista merkittävimmät ovat luonnonolosuhteet, ongelmat tuotantolaitoksissa sekä poliittinen tilanne maailmalla. (Väre, 2022.)

Työn tarve tuli Treili Oy:ltä, joka haluaa tutkia, onko aurinkosähköjärjestelmän asentaminen heidän asiakaskohteeseensa kannattavaa. Kohteena työlle on Vaakon Harjun palvelutalo, joka sijaitsee Tampereen Kaarilassa ja on aiemmin ollut neljän rakennuksen kompleksi, mutta myöhemmin laajentunut yhdeksi kokonaisuudeksi lisärakennusten myötä. Kuviossa 1 on esitettyä kohde tällä hetkellä. Punakattoiset rakennukset ovat vanhoja rakennuksia ja mustakattoiset rakennukset ovat uusia rakennuksia.

Opinnäytetyössä tutkitaan aurinkosähköjärjestelmän asennusta kokonaisuudessaan kiinteistöön sekä lasketaan, onko aurinkosähköjärjestelmä kohteeseen kannattava asentaa, vaikka olosuhteet muuttuisivatkin. Työssä tullaan käyttämään mitoituksessa PVGIS-laskuria sekä kannattavuuden analysoinnissa Finsolarin kehittämää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuria.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selkeä tutkimus Treili Oy:lle siitä, mitä aurinkosähköjärjestelmä kyseiseen kiinteistöön vaatii. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, mitkä ovat asennuskustannukset ja onko aurinkosähköjärjestelmä kannattava asennuttaa.



KUVIO 1. Ilmahavainnekuva kohteesta.

## 2 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa täytyy miettiä, halutaanko järjestelmän olevan itsenäinen järjestelmä, jolloin järjestelmää ei kytketä lainkaan verkkoon, vaan tuotettu sähkö varastoidaan ennen käyttöä ensin akustoon. Tällaiset järjestelmät ovat yleisiä taajamien ulkopuolella ja kohteissa, missä ei voida helposti liittyä sähköverkkoon, kuten esimerkiksi saarissa (Motiva, 2022.). Tällaista itsenäistä järjestelmää kutsutaan off-grid -järjestelmäksi

Tämän opinnäytetyön kohteena olevassa kiinteistössä aurinkosähköjärjestelmä kytketään verkkoon, jolloin sähköä ei varastoida mihinkään, vaan sähköä on tarkoitus tuottaa vain omiin tarpeisiin ja mahdollinen ylituotettu sähkö myydään verkko-yhtiölle. Tällaista järjestelmää kutsutaan on-grid -järjestelmäksi.

Aurinkosähköjärjestelmä muodostuu useista eri komponenteista, jotka ovat aurinkopaneelit, invertteri sekä turvakytkimet järjestelmän vaihtosähkö-, että tassa sähköpuolelle. Järjestelmän peruseriaate on esitetty kuviossa 2. Lisäksi off-grid -järjestelmässä on mukana myös lataussäädin, joka asennetaan aurinkosähköjärjestelmän ja akuston väliin (Motiva, 2022.).



KUVIO 2. Aurinkosähköjärjestelmän komponentit (Vare.fi, 2020).

## 2.1 Mitoitusperiaatteet

Sähköyhtiön verkkoon liitettävää aurinkosähköjärjestelmää mitoittaessa täytyy ensin päättää, minkä pohjalta mitoitusta lähdetään suunnittelemaan.

Mitoituksen voi tehdä pohjakulutuksen mukaan, jolloin aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan tuottamaan sähköä vuorokauden pienimmän kulutuksen mukaan. Tässä mitoitustavassa lähes kaikki aurinkosähkö tulee omaan käyttöön, eikä sähköä myydä eteenpäin verkkoyhtiölle juuri ollenkaan. Järjestelmästä voi tulla kuitenkin liian pieni, mikäli kiinteistön sähkönkulutuksessa on suuria eroja tuntikulutusten välillä. (ST-käsikirja 40, 2021, 96.)

Keskikulutuksen mukaan mitoitusta tehtäessä ei välttämättä tarvita lainkaan kiinteistön tuntikohtaista sähkönkulutusta, vaan mitoituksen voi tehdä joko vuorokausikohtaisen tai kuukausikohtaisen kulutuksen perusteella. Tässä mitoitustavassa järjestelmän koko kasvaa, mutta sähkö käytetään pääosin itse ja osa sähköstä menee myös myyntiin. (ST-käsikirja 40, 2021, 96.)

Nettonollaenergiamitoituksessa on tarkoitus tuottaa kiinteistön sähkönkulutusta vastaava määrä sähköä. Järjestelmän koko kasvaa huomattavasti tällä mitoitus-tyylillä, sekä sähköä joudutaan myymään eteenpäin paljon enemmän kuin muilla mitoitusmenetelmillä, jolloin järjestelmän kannattavuus heikkenee olennaisesti. (ST-käsikirja 40, 2021, 96.)

On myös mahdollista tehdä mitoitus käytettävissä olevan asennuspinta-alan mukaan, jolloin mitoitusmenetelmä ei suoraan vastaa mitään edellä kuvatuista menetelmistä. Tällä menetelmällä kartoitetaan sellainen kattopinta-ala, mihin aurinkopaneelit saadaan luotettavasti asennettua. Varjostuksilla on myös vaikutusta siihen, mihin aurinkopaneelit voidaan sijoittaa ja mitoituksessa täytyykin miettiä, onko mahdollista esimerkiksi aurinkopaneeleita varjostavaa puustoa karsia. (ST-käsikirja 40, 2021, 96.)

## 2.2 Aurinkopaneelit

Yleisimpiä aurinkopaneeleissa käytettyjä aurinkokennotyyppejä on yksi- ja monikiteiset piikennot. Monikiteiset aurinkokennot ovat yksikiteisen piin valmistuksesta syntyvästä leikkuujätteestä valmistettuja kennoja. Tämä jäte lopulta sulatetaan, jonka jälkeen vielä kiteytetään haluttuun muotoon. Tällainen menetelmä aiheuttaa piin kiderakenteeseen virheitä ja nämä virheet pienentävät aurinkokennojen hyötysuhdetta. (ST-käsikirja 40, 2021, 13.)

Edellä mainittujen kennotyyppien lisäksi on olemassa muitakin kennotyyppejä. Ohutkalvopaneelit ovat yksi näistä muista aurinkokennotyypeistä, jotka ovat yleisiä. Näiden suosio ei piile hyvässä hyötysuhteessa, vaan niiden kyvyssä kestää hyvin taivutusta sekä ne sietävät myös hyvin varjostuksia. Nämä kaksi ominaisuutta tekevät näistä paljon monikäyttöisempiä aurinkokennoja varsinkin sellaisiin kohteisiin, mihin eivät tavalliset joustamattomat aurinkokennot sovellu, eikä ole tarvetta maksimaaliselle tehontuotannolle. (ST-käsikirja 40, 2021, 13.)

## 2.3 Invertterit

Invertterin tehtävänä on muuttaa aurinkopaneelien tuottama tasasähkö kiinteistössä käytettäväksi vaihtosähköksi. Invertteri kytkee aurinkopaneelit suoraan kiinteistön sähköjärjestelmään, joka mahdollistaa suoraan aurinkopaneelien tuottaman sähkön käytön itse, mutta myös käyttämättä jääneen sähkön myymisen verkkoyhtiölle. (Aurinkovirta, 2022.)

Aivan täysin sähköverkon kaltaista siniaaltoa invertteri ei tuota, vaan siniaalto on toteutettu katkomalla kahta tai useampaa transistoria todella nopeasti päälle ja pois (Chint, n.d.). Käytännössä eroa ei kuitenkaan huomaa, eivätkä sähkölaitteet tätä invertterillä tuotettua siniaaltoa erota verkkoyhtiön siniaallosta.

Inverttereissä, kuten kaikissa muissakin sähkölaitteissa on häviöitä. Hyvän invertterin hyötysuhde on yli 96,5 % (Aurinkovirta, 2022.). Hyötysuhteella tarkoitetaan sitä prosenttiosuutta, kuinka paljon sähköenergiaa invertteri antaa kiinteistölle

suhteessa aurinkopaneelien tuottamaan sähköenergiaan. Loput invertterin häviöistä muuttuu lämpöenergiaksi, johtuen invertterin sisällä olevan muuntajan ja elektroniikan lämpenemisestä.

Hyötysuhteesta annetaan invertterin datalehdessä kaksi erilaista lukua: hyötysuhde sekä eurooppalainen hyötysuhde. Eurooppalainen hyötysuhde poikkeaa normaalista hyötysuhteesta siten, että lukema on ilmoitettu hyötysuhteen keskiarvosta Keski-Eurooppalaisissa olosuhteissa. (Aurinkovirta, 2022.)

Inverttereitä on saatavilla sekä 1-vaiheisina, jolloin aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä vain siihen vaiheeseen mihin invertteri on kytketty, sekä myös 3-vaiheisina, jolloin sähköä tuotetaan kaikkiin kiinteistön sähkölaitteisiin. (Motiva, 2022.)

Pieniin, alle 3 kWp järjestelmiin 1-vaiheinen invertteri on käytännössä ainoa vaihtoehto, koska saatavilla ei ole pieniä 3-vaiheisia inverttereitä (Motiva, 2022.). 1-vaiheisia inverttereitä voidaan käyttää kohteissa, joissa halutaan tasapainottaa vaiheiden kuormitusta, tai tuottaa sähköä yksittäiselle ryhmälle.

Invertteriä mitoittaessa kannattaa miettiä, haluaako lähitulevaisuudessa mahdollisesti laajentaa aurinkosähköjärjestelmää, jolloin invertteri kannattaa hieman ylimitoittaa. Invertterin ylimitoittaminen maksaa alkuvaiheessa enemmän, mutta investointina on halvempi kuin toisen rinnakkaisen invertterin asentaminen järjestelmän laajentuessa.

Invertteri asennetaan kiinteistön sähköverkkoon verkkoyhtiön sähkömittarin perään, yleisesti aurinkopaneeleita lähimpänä olevaan jakokeskukseen. Näin asennuksesta ja kytkennästä tulee edullinen sekä yksinkertainen. (Aurinkovirta, 2022.)

## **2.4 Turvakytkimet**

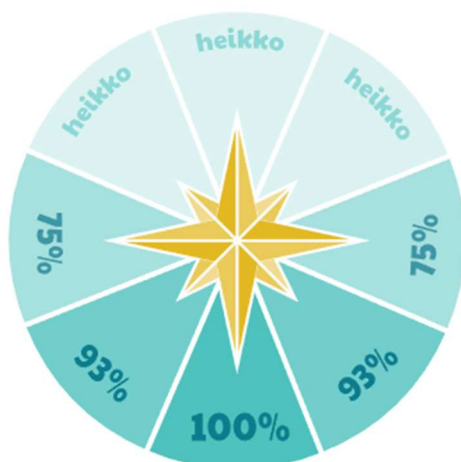
Aurinkosähköjärjestelmä on oltava erotettavissa sähköverkosta lukittavalla turvakytkimellä. Vaihtosähköpuolen turvakytkin kytketään invertterin ja pääkeskuksen

väliseen kaapeliin ja se täytyy sijoittaa sellaiseen paikkaan, mihin verkkoyhtiöllä on täysin vapaa pääsy. Tällainen paikka voi esimerkiksi olla rakennuksen ulkoseinä (Motiva, 2022.). Tasasähköpuolen turvakytkimet sijoitetaan invertterin ja aurinkopaneelien väliin, tyypillisesti invertterin läheisyyteen tai vastaavasti muuhun sellaiseen paikkaan, mihin on olemassa esteetön pääsy.

## **2.5 Tehontuotantoon vaikuttavat tekijät**

Aurinkopaneelien suuntauksella on suuri merkitys aurinkopaneelien tuottavuuteen. Kuviossa 3 on esitettyä aurinkopaneelien vuotuinen tuotto suhteessa aurinkopaneelien suuntaukseen. Etelään suunnattuna paneelit tuottavat pääsääntöisesti parhaiten vuorokauden ajanjaksolla tarkasteltuna, mutta myös itään ja länteen voi olla perusteltua suunnata paneelit. Mikäli kiinteistön kuormitushuippu osuu aamulle, on perusteltua suunnata paneelit kohti itää, vastaavasti jos kuormitushuippu osuu illalle, on syytä suunnata paneelit länteen. Myös tapauksissa, joissa ei ole mahdollista asentaa paneeleita etelään päin, voi olla perusteltua asentaa paneelit suunnattuna kattopinnan suuntaisesti huolimatta ilmansuunnasta, mutta tällaisessa tapauksessa kannattaa laskea onko aurinkopaneelit kannattava investointi vai ei.

**Ilmansuuntien vaikutus  
aurinkopaneelien vuotuisen  
tuottoon**



**Kaakko:**

Tuotto on **noin 7 % pienempi** kuin suoraan etelään suunnattaessa.

**Lounas:**

Tuotto on **noin 7 % pienempi** kuin suoraan etelään suunnattaessa.

**Itä:**

Tuotto on **vajaat 25 % pienempi** kuin suoraan etelään suunnattaessa.

**Länsi:**

Tuotto on **vajaat 25 % pienempi** kuin suoraan etelään suunnattaessa.

**Koillinen, luode, pohjoinen:**

Aurinkopaneelijärjestelmän asentaminen luoteen ja koillisen väliselle suunnalle on kyseenalaista heikon tuoton vuoksi.

KUVIO 3. Aurinkopaneelien tuotto eri suunnista (Aurinkosähköä kotiin, n.d.).

Mikäli aurinkopaneelit ovat suunnattuna muualle kuin etelään, on silloin loiva katto jyrkkää kattoa parempi vaihtoehto sähköntuotannon kannalta. Jo kymmenen asteen kulma katossa riittää siihen, ettei ole tarpeellista muuttaa aurinkopaneelien asennuskulmaa. Loivassa katossa on etuna myös se, että sillä saadaan hyvä sähköntuotanto myös pilvisellä säällä. (Aurinkovirta, 2022.)

Eniten aurinkopaneelien energiantuotantoa vähentävät Kososen (2019) mukaan varjostukset (Kosonen, 2019.). Pienikin varjostuma voi aiheuttaa pahimmillaan sen, että koko aurinkopaneeliketjun jännite putoaa niin alas, ettei järjestelmän säätö kykene selviytymään tilanteesta ja järjestelmän tuotanto lakkaa kokonaan (ST-käsikirja 40, 2021.). Yleensä aurinkopaneelijärjestelmät varustetaan ohitusdiodeilla, jotka mahdollistavat sen, ettei koko aurinkopaneeliketju sammuu yksittäisten aurinkopaneelien joutuessa pimementoon (ST-käsikirja 40, 2021.). Lumen vaikutus talviaikaan on merkittävä este aurinkopaneelien tuotolle. Joulukuun alusta helmikuun loppuun aurinkopaneelien tuotto koko vuoden tuotosta on noin viiden prosentin luokkaa (Aurinkosähköä kotiin, n.d.)

### 3 AURINKOPANEELIEN MITOITUS KOHTEESEEN

Kohteessa on paljon kattopinta-alaa, mutta rakennuksia ympäröivien puiden varjostukset ovat merkittävä este sille, ettei kaikkea kattopinta-alaa voida käyttää hyödyksi. Kohteeseen tehdään mitoitus yhden rakennuksen katolle, jonka sähkötuotantoa ja takaisinmaksuaikaa tutkitaan. Tehontuotannon arviointi tehdään käyttäen kaikille ilmaista PVGIS-ohjelmaa, joka antaa aurinkosähköjärjestelmän arvioidun tehontuotannon, kun sille syötetään ohjelman pyytämät arvot asennuskulmasta, suuntauksesta sekä aurinkopaneelien maksimitehontuotosta.

#### 3.1 Aurinkopaneelien valinta

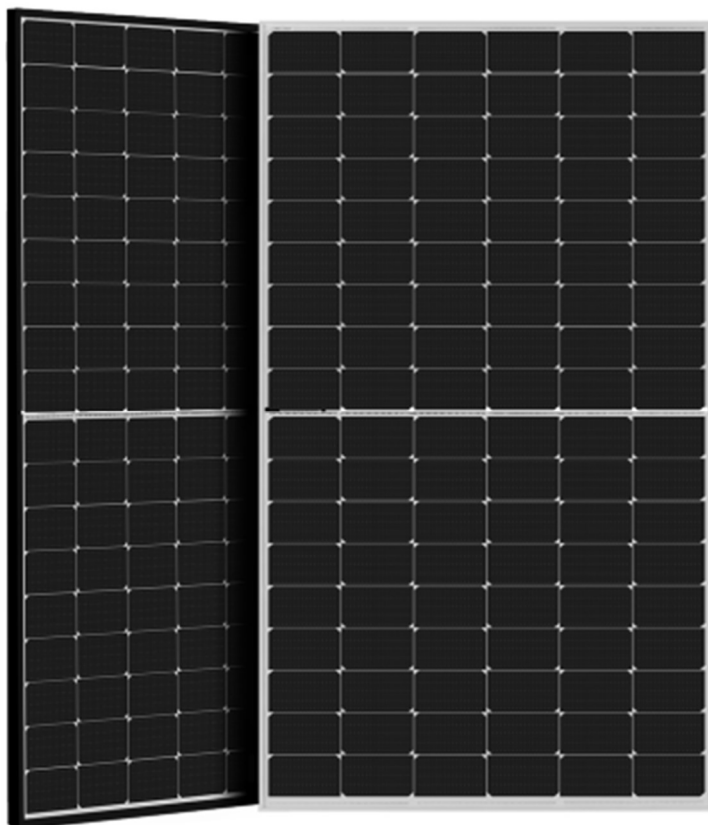
Aurinkopaneelien valmistajia on todella paljon ja vertailuun otettiin vain kotimaisista verkkokaupoista saatavia aurinkopaneeleita. Saman valmistajien paneeleista valittiin lopulliseen vertailuun vain keskinäisessä vertailussa parhaan pistetuloksen saanut aurinkopaneelimalli. Vertailussa arvosteltiin kolmea asiaa, jotka olivat aurinkopaneelin hinta tuotettua wattipiikkiä kohden, aurinkopaneelien tarvitsema pinta-ala wattipiikkiä kohden sekä tuotteen takuu-aika. Painoarvo pisteytyksessä jakaantui tasan aurinkopaneelien hinnan ja sen tarvitseman pinta-alan välillä, jotka molemmat saivat 40 % painoarvon. Tuotteen takuulle annettiin 20 % painoarvo. Taulukossa 1 on esitetty vertailutulokset ja tummennettuna parhaimmat pisteet saanut aurinkopaneeli. Takuu-aika aurinkopaneeleille on taulukossa merkittynä muotoon materiaalitakuu/tehontuottotakuu.

TAULUKKO 1. Aurinkopaneelien vertailutulokset

Aurinkopaneeli	Hinta (€)	Wp	Leveys (mm)	Korkeus (mm)	Takuu*	Wp/€	Wp/m <sup>2</sup>	Pisteet
Longi HI-MO4 Mono 505W	250	505	1134	2093	12/25	2,02	212,8	3,6
<b>Jinko Tiger Neo N-type 54HL4-V 425 Wp</b>	<b>214</b>	<b>425</b>	<b>1134</b>	<b>1722</b>	<b>15/30</b>	<b>1,99</b>	<b>217,6</b>	<b>4</b>
Solitek Standard 365W	259	365	1048	1765	20/25	1,41	197,3	1,8
ASTROENERGY 410 W HC PERC MONO	189	405	1134	1722	12/25	2,14	207,4	3,6
Risen Mono 390W	205	390	1096	1754	15/25	1,90	202,9	2,2

Aurinkopaneeliksi valittiin Jinko Tiger Neo N-type 54HL4-V 425 Wp, joka on esitetty kuviossa 5. Aurinkopaneelin maksimiteho on 425 Wp ja tuotteelle luvataan noin 5–6 % enemmän tehoa sekä noin 3–4 % enemmän energian tuotantoa ver-

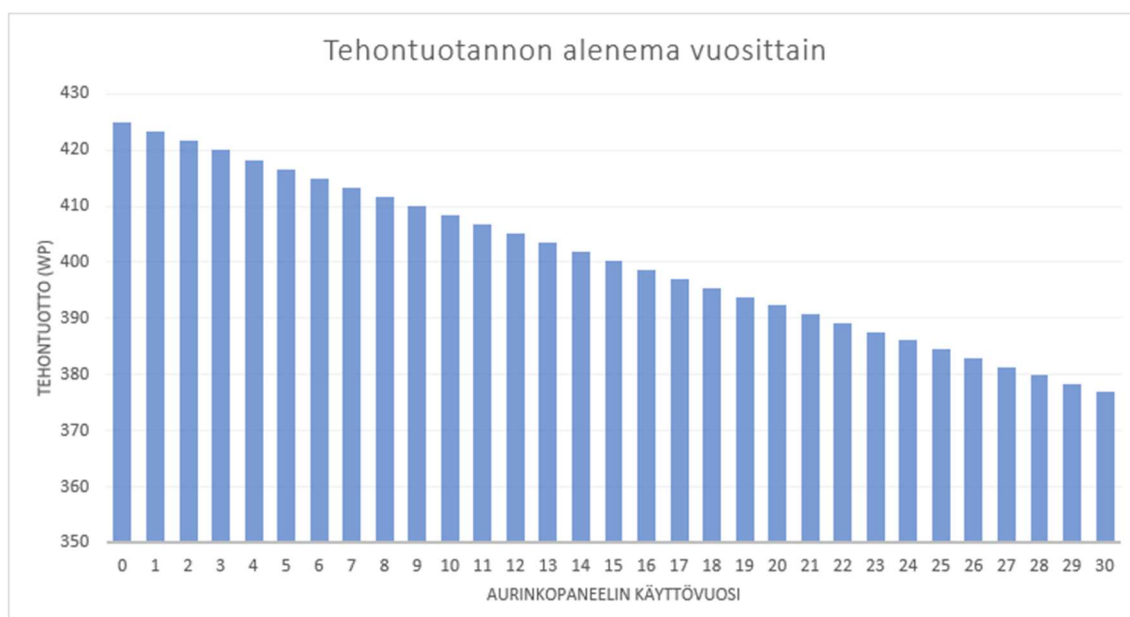
rattuna muihin yksikiteisiin aurinkopaneeleihin. Tuotteelle luvataan myös 15 vuoden tuotetakuu, sekä 30 vuoden tehontuottotakuu. Kyseisellä aurinkopaneelilla on myös hyvin alhainen vuosittainen tehoalenema ja kolmenkymmenen vuoden jälkeenkin tehontuotto pitäisi olla 87,4 % alkuperäisestä. (Nordsolar, 2023.).



KUVIO 4. Jinko Tiger Neo N-type 54HL4-V 425 Wp aurinkopaneeli (Nordsolar, 2023).

Paneelin fyysiset mitat ovat (korkeus, leveys, syvyys) 1722x1134x30 mm, jolloin pinta-alaa yhdelle paneelille tulee noin 1,95 m<sup>2</sup>. Painoa yhdellä paneelilla on 22 kg ja onkin syytä ottaa huomioon katon kantavuus ja tarvittaessa vahvistaa sen rakenteita.

Kuviossa 5 on esitettyä tehontuotannon menetys vuosittain kyseiselle aurinkopaneelille. Laskennassa on käytetty valmistajan lupaamaa alhaista 0,4 % vuotuista tehontuotannon alenemaa aurinkopaneeleille.



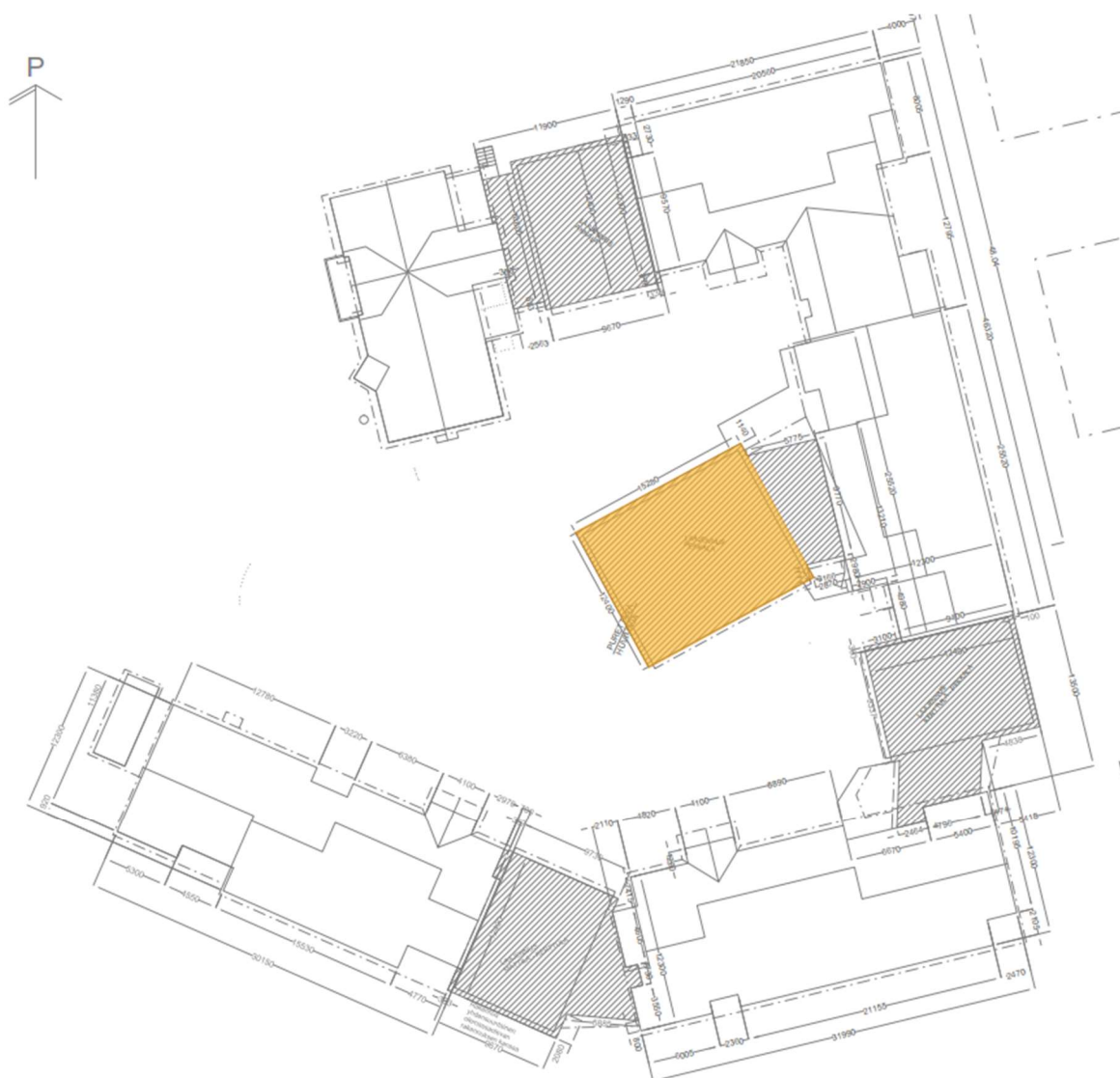
KUVIO 5. Tehontuotannon alenema vuosittain.

Kuvaajasta X huomataan, että jopa 30 vuoden jälkeenkin valmistaja lupaa aurinkopaneeleille lähes 380 Wp:n tehontuotannon.

### 3.2 Mitoitus ”Pekkala” -laajennusosan katolle

Kohteeseen mitoitetaan aurinkopaneelit ”Pekkala”-nimisen rakennuksen laajennusosan katolle, joka on kuviossa 6 korostettuna. Paikka on valittu noin 189 neliömetrin kattopinta-alansa takia, sekä lisäksi sitä ei varjosta puut eikä rakennukset, joten aurinkosähköjärjestelmän asentaminen ei vaadi lisätöitä varjostusten poistamisen osalta.

Pekalan katon kaltevuudesta ei ole tarkkaa tietoa, joten sen arvioitiin olevan noin  $20^\circ$  ja suunnattuna kaakkoon noin  $-30^\circ$ -asteen kulmaan. Näin ollen voidaan odottaa 93 %:n tuottoa verrattuna siihen, että se olisi suunnattuna suoraan etelään.



KUVIO 6. Pekkala-rakennuksen laajennusosa.

### 3.2.1 Aurinkopaneelien määrä

Rakennuksen katolle aurinkopaneeleita voisi teoriassa asentaa 12,0 m x 14,48 m -alueelle. Mitoituksessa täytyy kuitenkin huomioida tarvittavat kulkureitit mahdollisille huoltotoimenpiteille. Mitään suoraa ohjeistusta ei tälle kulkureitin leveydelle katolla ole annettu, mutta tässä laskennassa käytetään Ympäristöministeriön antamaa kulkureitin leveyttä sisätiloille, missä kulkee enintään 60 henkilöä, joka on 0,9 m (Finlex, 2017.). Kun huomioidaan kulkureittien leveys kolmella sivustalla, saadaan aurinkopaneelille asennustilaa yhteensä 11,1 m x 12,68 m.

Aurinkopaneeleita saadaan rakennuksen katolle leveyssuunnassa yhteensä 10 kpl, jolloin aurinkopaneelit veisivät katolta tilaa yhteensä 11,34 m. Kun tähän lisätään vielä asennuskiinnikkeiden aiheuttama 20 mm väli jokaisen paneelin välille, niin aurinkopaneeleiden todellinen tilantarve katolle olisi 11,52 m.

Korkeussuunnassa aurinkopaneeleita voisi edeltävää laskutapaa käyttäen asentaa kuuteen riviin, jolloin aurinkopaneelit veisivät kiinnikkeineen tilaa yhteensä 10,43 m.

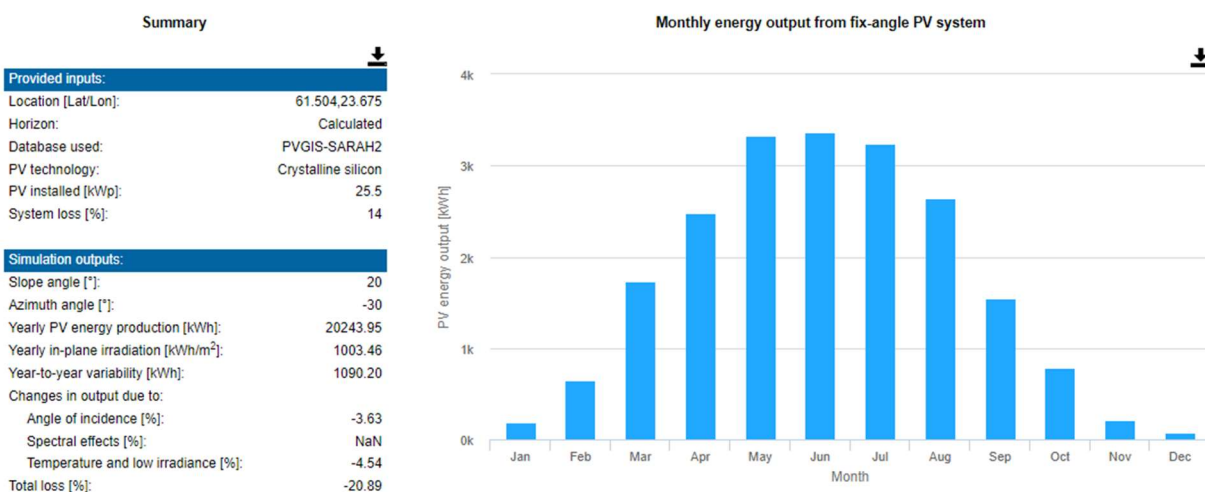
Lasketulla kuudenkymmenen aurinkopaneelin mitoituksella saadaan kohteeseen kaavalla 1 laskettua järjestelmän maksimiteho.

$$P_{max} = \text{Aurinkopaneelien määrä} \cdot \text{Aurinkopaneelin teho} \quad 1$$

$$P_{max} = 60 \cdot 0,425 \text{ kWp} = 25,5 \text{ kWp} \quad 1$$

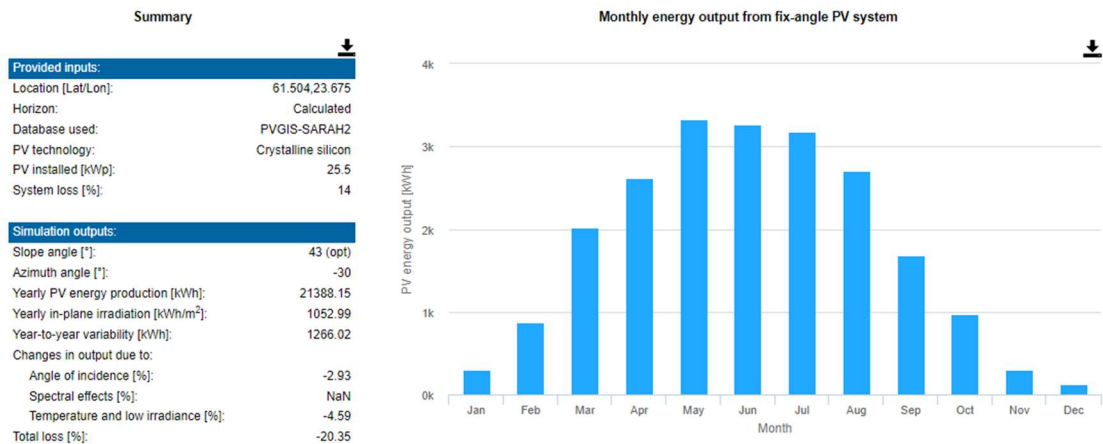
### 3.2.2 Asennuskulman vaikutus tehontuotantoon

Ensimmäinen laskelma tehtiin niin, että aurinkopaneelit asennettaisiin katonmyötäisesti 20-asteen kulmaan. Kuvioista 7 voidaan nähdä, että tällä asennustavalla vuotuiseksi tehontuotannoksi aurinkopaneelijärjestelmälle saatiin 20 243,95 kWh, mikä on noin 9 % kiinteistön vuotuisesta kokonaiskulutuksesta.



KUVIO 7. Tehontuotanto katonmyötäisesti asennettuna.

Mikäli halutaan parantaa aurinkopaneelien tehontuotantoa, on mahdollista asen-  
taa aurinkopaneelit PVGIS-laskurin optimoimaan 43-asteen kulmaan. Kuviosta 8  
nähdään, että asennuskulman vaikutus parantaa tehontuottoa n. 5 %, joten asen-  
taessa täytyy valita aurinkopaneelien tehontuotannon ja esteettisyyden välillä.



KUVIO 8. Aurinkopaneelit asennettuna optimoituun kulmaan.

Käytännössä aurinkopaneeleita ei useinkaan asenneta katon kulmasta poikkea-  
vaan kulmaan. Tähän syynä on sekä esteettisyys, että myös asennuskustannus-  
ten nouseminen sen verran suuriksi, että järjestelmän kannattavuus heikkenee.

### 3.2.3 Aurinkopaneelien ryhmittely

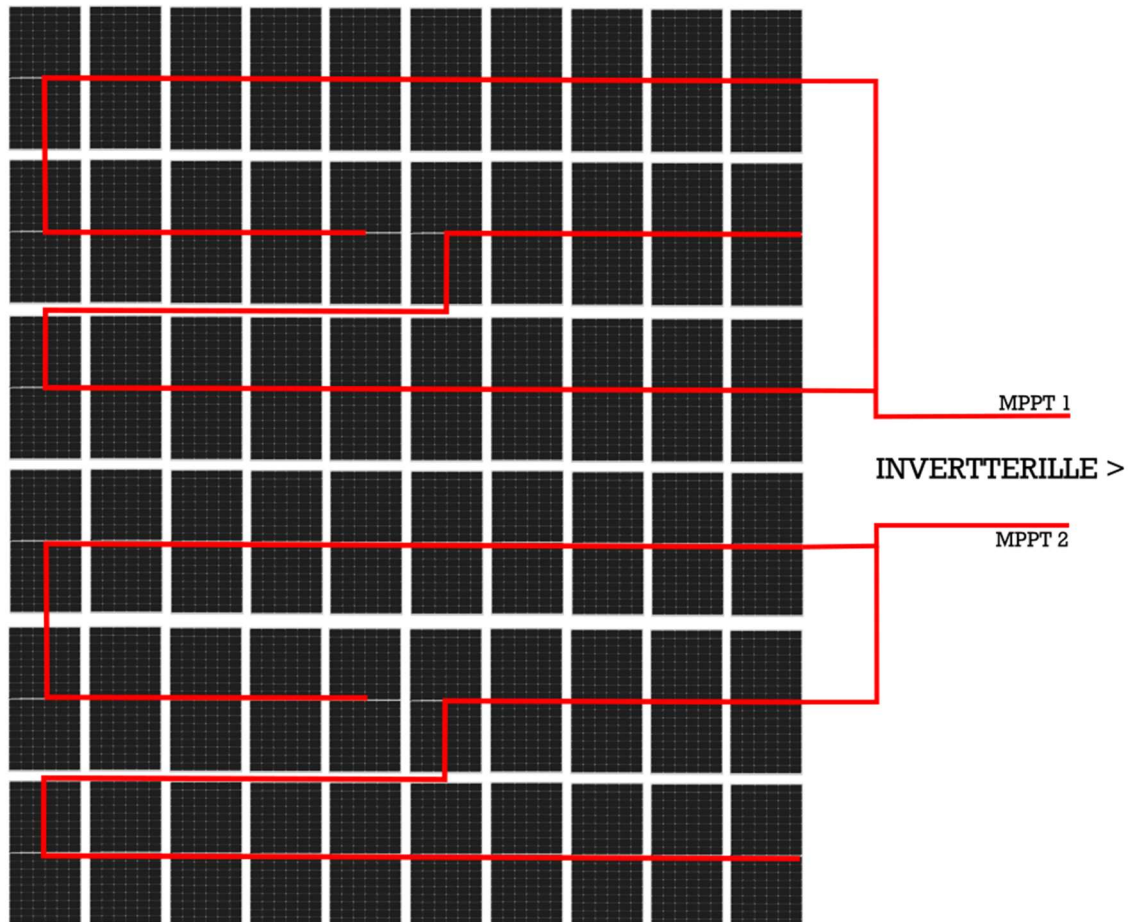
Aurinkopaneelit tuottavat optimiolosuhteissa maksimissaan 38,30 V jännitteen ja  
yhteen järjestelmään saa kytkeä korkeintaan 1000 V jännitteen. Järjestelmän  
maksimijännite täytyy aina tarkistaa sekä invertterin datalehdessä, että myös au-  
rinkopaneelien datalehdessä. Yhteen kytkentäryhmään voidaan kytkeä korkein-  
taan 26 aurinkopaneelia kaavalla 2 laskettuna.

$$\text{aurinkopaneelit}_{max} = \frac{\text{ryhmän maksimijännite}}{\text{aurinkopaneelin maksimijännite}} \quad 2$$

$$\text{aurinkopaneelit}_{max} = \frac{1000 \text{ V}}{38,30 \text{ V}} \approx 26 \text{ kpl} \quad 2$$

ST-käsikirja 40 määrittää, että mikäli aurinkopaneelit kytketään kolmeen tai use-  
ampaan ryhmään, täytyy aurinkopaneeliryhmät suojata suojalaitteilla (ST-

käsikirja 40, 2021). Tässä kytkennässä on aurinkopaneelit jaettu kokonaisuudessaan neljään ryhmään, mutta kytketty invertterin kahteen erilliseen MPPT:hen, jolloin yhdelle MPPT:lle tulee vain kaksi kytkentäryhmää ja suojalaitteita ei tarvitse asentaa. Kuviossa 9 on esimerkki aurinkopaneelien mahdollisesta jaottelusta.



KUVIO 9. Esimerkki aurinkopaneelien ryhmittelystä.

Aurinkopaneelit on jaettu neljään viidentoista aurinkopaneelin ryhmiin. Yksittäinen aurinkopaneeli ryhmä tuottaa näin kytkettynä optimiolosuhteissa 574,5 V jännitteen, joka saadaan kertomalla aurinkopaneelien määrä yksittäisen paneelin tuottamalla jännitteellä. Laskettu jännite voi kuitenkin ylittyä päivinä, jolloin aurinko lähettää alueelle enemmän säteilyä, kuten esimerkiksi aurinkoisina kesäpäivinä lämpötilan ollessa yli 25 °C.

### 3.2.4 Invertterin valinta

Yleisesti invertterin mitoituksessa olisi syytä huomioida mahdollinen aurinkopaneelien määrän kasvu. Tässä mitoituksessa tätä tarvetta ei kuitenkaan huomioida, koska tämän invertterin läheisyyteen ei todennäköisesti olla kytkemässä lisää aurinkopaneeleita, johtuen muiden lähellä olevien kattopintojen epäsuotuisasta suunnasta.

Invertteriä valittaessa on syytä tutkia myös mitä takuu kattaa. Jotkut invertterit kestävät jonkin verran ylikuormitustakin, jolloin voi olla perusteltua alimitoitaa invertteri, koska aurinkopaneelit harvoin tuottavat maksimiteholla.

Invertteriä valittaessa vertailtiin hintaa, takuuta, hyötysuhdetta sekä sen saatavuutta kotimaisista verkkokaupoista. Näistä suurimmat painoarvot saivat hinta sekä hyötysuhde, joista edulliselle hinnalle annettiin 60 % painoarvo, kun taas hyötysuhteissa oli niin pienet erot, että painoarvoa annettiin vain 40 %. Takuu-aika oli kaikissa 10 vuotta paitsi yhdestä sitä ei ilmoitettu lainkaan, joten takuu-aikaa ei otettu vertailussa huomioon ollenkaan. Taulukossa 2 on esitelty arvioinnissa olleet invertterit pisteytyksineen. Parhaaksi invertteriksi kohteeseen valikoitui SolaX X3-Pro-17K-G2, jonka tärkeimmät tiedot on esitetty kuviossa 110

TAULUKKO 2. Invertterien vertailutaulukko

Invertteri	Hinta (€)	Takuu	Hyötysuhde (%)	Pisteet
<b>SolaX X3-PRO-17K-G2 17kW</b>	<b>1953</b>	<b>10</b>	<b>98,5</b>	<b>4,2</b>
Fronius Symo 17.5-3-M	2970	10	98	1,6
Huawei SUN2000-20KTL-M2	2880	10	98,65	4
GROWATT 25 KW 2-MPPT, 3-VAIHE	2890	10	98,75	3,8
SOLIS S5-GC25K 25 KW	2990	Ei tiedossa	98,1	1,4



#### Tekniset tiedot

- Maksimi DC ottoteho: 25,5kW
- Maksimi tulojännite: 1100V
- Käynnistysjännite: 200V
- MPPT jännitealue: 160-980V
- Maksimi tulovirta: 32A / 32A
- Maksimi oikosulkuvirta: 40A / 40A
- AC nimellisteho: 17kW
- maksimitehokkuus 98,3 %
- tehdastakuu 10 vuotta
- Mitat (L x K x S): 482 x 417 x 181 mm
- Paino: 26kg

KUVIO 10. SolaX X3-Pro-17K-G2-invertteri (Nordsolar, 2023, muokattu).

Valittu invertteri on mitoitettu kestäämään aurinkopaneelien tuottama 25,5 kWp:n teho, mutta tarvittaessa invertteriä voi kuormittaa teholtaan jopa 1,5-kertaisesti DC-puolelta, joka mahdollistaa pienet aurinkopaneelien lisäykset järjestelmään tarvittaessa. Kuviossa 10 on myös esitetty invertterin muut tärkeimmät ominaisuudet.

### 3.2.5 Invertterin asentaminen

Invertterin tarkemmalla sijainnilla ei ole merkittävää merkitystä, mutta invertterin voi asentaa esimerkiksi samaan tilaan sen sähkökeskuksen kanssa, mihin aurinkopaneelit on tarkoitus kytkeä. Tässä suunnitelmassa invertteri kytketään ”Pekkala” -rakennuksessa olevan sähkökeskuksen läheisyyteen. Mikäli rakennuksen sisältä ei löydy sopivaa asennuspaikkaa, voi invertterin tarvittaessa asentaa myös rakennuksen ulkoseinälle. Invertteri on IP66 -luokiteltu, eli laite on pölytiivis sekä suojattu voimakkaalta vesisuihkulta. Laite kestää myös runsaat lämpötilan vaihtelut -30 °C:sta jopa +60 °C:een.

### 3.2.6 Suojalaitteiden mitoitus

Invertterin vaihtosähköpuolen suojalaitteet voidaan mitoittaa suoraan invertterin valmistajan datalehdestä, jossa on ilmoitettu suurin vaihtovirran kesto invertterille. Kyseisellä invertterillä kyseiseksi lukemaksi on ilmoitettu 32 A.

Mikäli kyseistä lukemaa ei olisi ilmoitettu, invertterin vaihtosähköpuolen suojalaitteet voidaan laskea kaavalla 3.

$$I = 1,1 \cdot \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} \quad 3$$

jossa:

$I = \text{virta}$

$P = \text{invertterin teho}$

$U = \text{pääjännite}$

$1,1 = \text{varmuuskerroin}$

Invertterin teho voidaan katsoa datalehden kohdasta, missä mainitaan AC nimellisteho, mikä on tässä invertterissä 17 kW. Näin saadaan laskettua tarvittavat suojalaitteet invertterille:

$$I = 1,1 \cdot \frac{17\,000\text{ W}}{400 \cdot \sqrt{3}} \approx 27\text{ A} \quad 3$$

Johdonsuojakatkaisijoiksi valitaan lasketusta virrasta seuraavaksi suurin johdonsuojakatkaisijan koko, mikä on 32 A. Sähkökeskukselle on siis asennettava invertterin AC-puolelle 3x32 A-johdonsuojakatkaisijat. Johdonsuojakatkaisijoina on käytettävä SFS-EN 62423 tai SFS-EN 60947-2 mukaista B-tyypin vikavirtasuojaa (SFS 6000, 2022).

Tasasähköpuolelle ei vaadita ylivirtasuojia, mikäli asennuksessa on alle kolme paneeliketjua yhtä MPPT-tuloa kohden, kuten tässä asennuksessa on tarkoitus tehdä.

Turvakytkimiä valittaessa täytyy ottaa huomioon katkaisijan korkein katkaisuvirta, jonka täytyy olla vaihtosähköpuolen turvakytkimellä vähintään invertterin ottama maksimivirta, joka on 32 A. Tasasähköpuolella vaaditaan omat turvakytkimet kummallekin invertteriltä aurinkopaneeleille tuleville kaapeleille. Näiden turvakytkimien katkaisukyky tulee olla vähintään 25 A. Turvakytkimet olisi hyvä asentaa rakennuksen ulkopuolelle määräyksen takia, joka velvoittaa asentamaan vaihtosähköpuolen turvakytkimen sellaiseen paikkaan, mihin sähkönsiirtoyhtiöllä on esteetön pääsy (Aurinkovirta, 2022.). Ulos asennettaessa turvakytkimen valinnassa täytyy huomioida sen IP-luokitus, joka olisi syytä olla vähintään IP44, mikä suojaa turvakytkintä roiskuvilta vedeltä.

Jokaisen aurinkopaneelin metallinen runko maadoitetaan asennustelineisiin, josta eteenpäin maadoitusjohdin kytketään sähkökeskuksen potentiaalintasauspisteeseen. Näin saadaan varmistettua, että järjestelmä on samassa potentiaalissa muun rakennuksen sähköjärjestelmän kanssa. Maadoituksessa noudatetaan SFS 6000-5-54-standardia.

### **3.3 Aurinkosähköjärjestelmän asennus**

Aurinkosähköjärjestelmän asentaminen on aina erikoisosaamista vaativaa ammattilaistyötä, joka on syytä jättää aina Tukesin rekisteröimän ammattilaisen vastuulle. Edellä mainitun takia tässä työssä ei käsitellä asennusteknisiä asioita lainkaan. Kuluttaja voi itse hankkia tarvitsemansa aurinkopaneelit sekä invertterin, mutta kaikki loput asennuskomponentit ja -tarvikkeet on syytä jättää ammattilaisen hankittavaksi, jolloin mahdollisissa asennukseen liittyvissä ongelmissa vastuu on asentajalla.

#### **3.3.1 Asennuksen jälkeinen tarkastus**

Vaikka asennuksen jättääkin ammattilaisen tehtäväksi, niin silti ammattilaisetkin tekevät ajoittain virheitä ja on tarpeen varmistaa asentajalta, että tarpeelliset tarkastukset, testaukset ja mittaukset ovat tehtynä, sekä asentajalta pyytää tarvittavat dokumentaatiot tehdyistä mittauksista tuloksineen.

Tehtävien mittausten, tarkastusten ja testausten tarkemmat tiedot on annettu standardissa SFS-EN 62446-1, mutta tiivistetty listaus löytyy myös standardista SFS 6000-7-712:2022 esittää kappaleessa 712.6.101 listan mittauksista, tarkastuksista ja testeistä, jotka olisi erityisesti tehtävä. Tämä on esitetty kuvassa 1.

Tasasähköosa:

- aistinvaraiset tarkastukset, joissa tarkastetaan mm. paneeliketjun kaapelien oikea valinta ja asennus, ylikuormitus- ja ylijännitesuojaustavat, tasasähkökuormanerotinvalinta ja asennus, potentiaalintasauksen mitoitus ja kunto, tuotantolaitteiston merkinnät ja dokumentaatio

Kategorian 1 testit (kaikki laitteistot) tasasähköosa

- a) Suojamaadoitusjohtimien ja tai potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testaus
- b) Napaisuuden testaus
- c) Liitäntäkeskuksen testaus
- d) Paneeliketjun avoimen piirin jännitteen mitta
- e) Paneeliketjun virran mitta (oikosulku- tai normaalikäyttötilanne)
- f) Toiminnalliset testit
- g) Tasasähköpiirien eristysresistanssin mitta

Kategorian 2 lisätestit

- a) Paneeliketjun virta-jännite -käyrän määrittäminen
- b) Lämpökuvaus

Näiden lisäksi voidaan tehdä vielä täydentäviä testejä, kuten

- Jännite maahan nähden
- Estodioditesti
- Eristysresistanssin mitta määritellyissä olosuhteissa

KUVA 1. Ote standardista SFS 6000-7-712:2022 mainituista testauksista (SFS 6000, 2022, 25.).

Mikäli asennukset tulee tehtäväksi lokakuun ja maaliskuun välisenä aikana, voidaan suorituskykyyn liittyvät testit tehdä myöhemmin valoisempaa ajankohtana. Ennen laitteiston käyttöönottoa on kuitenkin tehtävä turvallisuuteen tehtävät testit, joista esimerkkeinä ovat potentiaalintasauksen toteutus, eristysresistanssi sekä jännitteen suuruus.

Vaihtosähköpuolen tarkastuksissa on noudatettava standardia SFS 6000-6:2022 ja näistä on saatava dokumentaatio laitteiston asentajalta mittaustuloksineen. Mikäli yksikin mittaustulos vaihtosähkö- tai tasasähköpuolella jää annettujen rajojen

ulkopuolelle, niin asennusta ei tule hyväksyä, vaan vaatia järjestelmän asentajaa korjaamaan mahdolliset puutteet.

### 3.3.2 Kunnossapitotarkastukset

Vaikka aurinkosähköjärjestelmiä pidetäänkin suhteellisen huoltovapaina, on järjestelmän häiriöttömän toiminnan takia syytä tehdä kunnossapitotarkastuksia ympäri vuoden. Standardi SFS 6000-7-712:2022 kehottaa seuraamaan aurinkopaneelien kuntoa esimerkiksi myrskyn jälkeen, että aurinkopaneelit ovat mekaanisesti ja sähköisesti kunnossa ja tarvittaessa korjaamaan vahingoittuneet osat (SFS 6000, 2022, 25.).

Talvella mahdollinen lumikuorma tuottaa ongelmia aurinkopaneelien tuotolle, mutta koska talvella auringosta saadaan niin heikosti säteilyenergiaa aurinkopaneeleille, ei sillä sähkön tuotannon kannalta ole merkittävää hyötyä pitääkö aurinkopaneelit puhtaana lumesta vai ei. Aurinkopaneelit voivat kuitenkin edesauttaa lumen kertymistä aurinkopaneelien päälle (SFS 6000, 2022, 25.), joka puolestaan voi olla rasite sekä aurinkopaneeleille, että myös katon rakenteille.

Standardi SFS 6000-7-712 suosittelee säännöllisesti tekemään lämpökuvauksia aurinkopaneeleille, jolloin voidaan huomata vialliset aurinkopaneelit ja tarvittaessa vaihtaa uusiin. Samainen standardi kehottaa tekemään myös johtuvien vuotojen löytämiseksi säännöllisiä eristystilamittauksia. (SFS 6000, 2022, 25.)

## 4 KANNATTAVUUSANALYYSI

### 4.1 Järjestelmän kokonaishinta

”Pekkala”-rakennuksen laajennuksen katolle tuli asennettavia aurinkopaneeleita yhteensä 60 kappaletta ja yksi invertteri.

Yhden aurinkopaneelin hinta on 214 €, joten yhteensä aurinkopaneeleille tulee hintaa 12 840 €. Invertterin hinta oli 1 953 € ja voidaan olettaa, että invertteri joudutaan vaihtamaan kerran aurinkopaneelien 30 vuotisen elinkaaren aikana, niin inverttereille tulee hintaa 3 906 €, eli yhteensä koko paketille tulisi hintaa 16 746 €.

ST-kortti 40:ssä mainitaan, että asennuksen toteutus sekä käyttöönotto olisi n. 11–30 % koko järjestelmän hinnasta. Toteutus sisältää asennussuunnitelman, aurinkopaneelien asennuksen katolle, niiden rakenteet sekä telineet, sekä myös sähköasennukset. Käyttöönotto sisältää käyttöönottotarkastuksen, käyttäjän opastuksen laitteiston käyttöön sekä dokumentoinnin.

Laskettaessa pahimman skenaarion mukaan, eli asennukselle tulisi järjestelmän peruskomponenttien lisäksi 30 % hinnanalisyys, olisi järjestelmän kokonaishinta asennettuna 23 922,9 €.

#### 4.1.1 Mahdolliset vähennykset

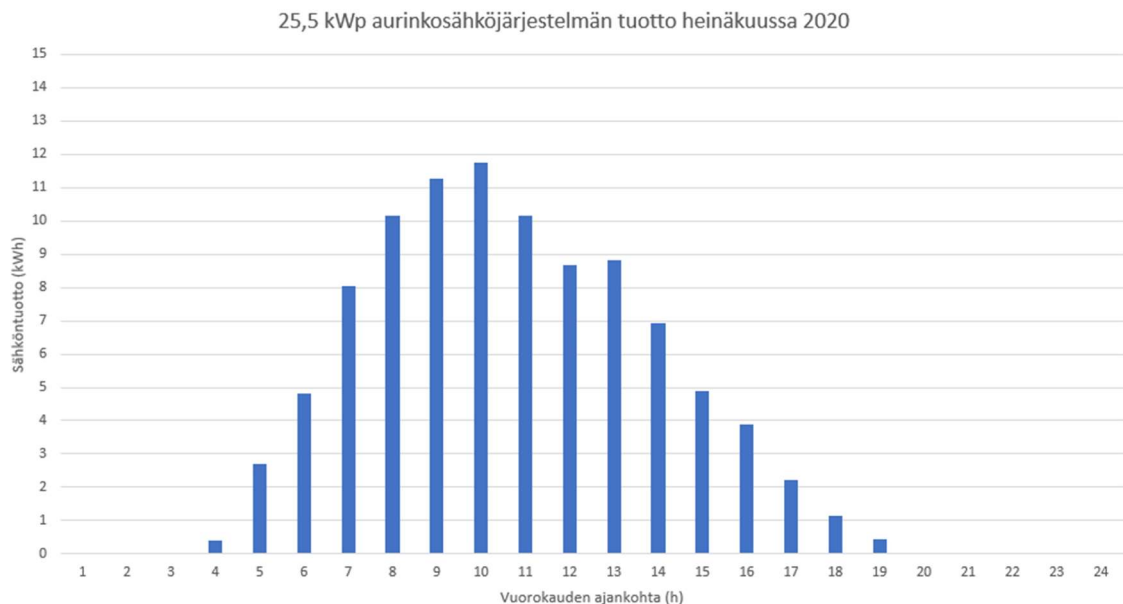
Business Finland Oy tarjoaa energiatukea uusiutuvan energian investointihankkeisiin, mikäli kyseisen organisaation asettamat ehdot tuen hakemiseksi täyttyvät. Aurinkosähköhankkeisiin tämä tuki voi olla jopa 15 prosenttia, mikä on jo huomattava rahallinen tuki tällaiselle hankkeelle. (Business Finland, 2023.)

Tässä työssä ei kuitenkaan käsitellä tuen vaikutusta järjestelmän kannattavuuteen, koska työn tekijälle on epäselvää voiko kyseistä tukea saada ja aiotaanko

sitä hakea. Jos tukea haetaan, on järjestelmä entistä kannattavampi asentaa mi-  
hin tämän työn tuloksissa päädytään.

## 4.2 Järjestelmän sähköntuotto

Mikäli aurinkopaneelit asennetaan katonmyötäisesti, niin vuotuinen tuotto-odotus aurinkopaneeleille on n. 20 243,9 kWh. Keskimääräinen heinäkuun tuntitason tarkastelu vuodelta 2020 on otettu PVGIS-laskurilla ja tulos esitetään kuviossa 11.



KUVIO 11. Keskimääräinen tuntitason tuotanto heinäkuussa 2020.

Kun verrataan asennetun aurinkosähköjärjestelmän tuotantoa kiinteistön keskimääräiseen sähköntuotantoon heinäkuussa vastaavana ajankohtana, joka on esitetty kuviossa 12, voidaan huomata asennetun järjestelmän olevan mitoitettu kiinteistön pohjakulutuksen mukaan. Pohjakulutuksen mukaisella mitoituksella menisi todella vähän, jos lainkaan sähköä myyntiin, vaan kaikki pyritään käyttämään itse. Yksityiskohtaisempaa tuntitason tarkastelua koko vuodelta ei voitu tässä työssä toteuttaa kohteen vajavaisten kulutustietojen takia.



KUVIO 12. Kiinteistön sähkönkulutus heinäkuussa 2022.

### 4.3 Kannattavuuden tarkastelu

Kuviossa 13 on karkeasti arvioitu vuotuinen säästetty rahamäärä erilaisilla sähkön hinnoilla. Sähkön hintaan sisällytetään tässä kappaleessa sähkön ostohinnan lisäksi sähkönsiirtomaksu sekä sähkövero. Vaaka-akselilla on esitetty sähkön hinta välillä 5 snt/kWh – 70 snt/kWh ja pystyakselilla on esitetty vuotuinen rahallinen säästö euroissa.



KUVIO 13. Karkea arvio säästöstä eri sähkön hinnoilla.

Todellisuudessa aurinkosähköjärjestelmän tuottoa ei voida arvioida näin karkealla tavalla pitkällä tähtäimellä. Syynä tähän on muutokset sähkön hinnassa, aurinkopaneelien tehon heikkeneminen, sekä pitkän ajan investoinneissa täytyy huomioida investoinnin nettohyöty. Nettohyödyllä tarkoitetaan järjestelmän investoinnin sekä sen tuottojen nykyarvojen laskemista.

#### **4.3.1 Järjestelmän taloudellinen tuotto-odotus**

Finsolar on kehittänyt aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskurin kiinteistöille, joita hyödynnetään tässä työssä. Kyseisellä kannattavuuslaskurilla saadaan helposti ja nopeasti laskettua eri skenaarioita ja arvioida huomattavasti tarkemmin, onko asennettu aurinkosähköjärjestelmä todellisuudessa kannattava, mikäli esimerkiksi sähkön hinta nouseekin radikaalisti ylöspäin.

Tässä kappaleessa esitetään taulukkomuodossa erilaisia skenaarioita yllä mainitulla kannattavuuslaskurilla. Muuttuvina arvoina käytetään sähkön hintaa, järjestelmän kokonaishintaa asennettuna sekä arviota ostosähkön hinnan muutoksesta. Sähkön ostohintaan on laskettu sähköenergian ostohinnan lisäksi sähkönsiirto sekä sähkövero. Huomioon otetaan myös vertailun vuoksi vaihtoehtoisen aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho, mikäli jostain syystä tässä työssä esitetyt komponentit ei ole saatavilla, tai niitä ei tarjota kuluttajalle. Kiinteinä arvoina käytetään vuotuisia ylläpitokuluja, jotka ovat laskelmissa 100 euroa vuodessa. Lainalle eikä rahoitukselle asetettu minkäänlaista euromäärää, eikä huomioon otettu myöskään mahdollisia investointitukia. Invertterin vaihtokustannuksiksi arvioitiin 10 prosenttia koko aurinkosähköjärjestelmän kokonaishinnasta.

Ensimmäistä skenaariota (taulukko 3) pidetään oletuksena kaikille tuleville laskelmille. Mikäli investoinnissa on kyseiset arvot edukkaampia, voidaan katsoa järjestelmän olevan kannattavampi mitä tässä ensimmäisessä taulukossa on esitetty.

TAULUKKO 3. Skenaario 1, lähtötilanne

Järjestelmän koko	25,5 kWp
Sähkön ostohinta	17,3 snt/kWh
Sähkön ostohinnan nousu vuodessa	2,0 %
Järjestelmän asennushinta	23 923 € (938,15 €/kWp)
Järjestelmän takaisinmaksuaika	<b><u>7 vuotta</u></b>
Investoinnin kumulatiivinen tuotto 30 vuodessa	<b><u>118 193 €</u></b>

Seuraavassa skenaariossa (taulukko 4) lasketaan aurinkosähköjärjestelmän olevan 30 % kalliimpi mitä tässä työssä on laskettu järjestelmän maksavan. Tällainen hinnan nousu voi olla mahdollinen, mikäli järjestelmä ostetaan valmiina pakettina aurinkopaneelijärjestelmien toimittajalta, joka ottaa omat katteensa kokonaispaketin hinnan päälle. Myös mahdolliset ongelmat ja lisätyöt voivat tuoda lisäkuluja asennusvaiheessa.

TAULUKKO 4. Skenaario 2, järjestelmän asennushinta +30 %

Järjestelmän koko	25,5 kWp
Sähkön ostohinta	17,3 snt/kWh
Sähkön ostohinnan nousu vuodessa	2,0 %
Järjestelmän asennushinta	31 100 € (1 219,61 €/kWp)
Järjestelmän takaisinmaksuaika	<b><u>8 vuotta</u></b>
Investoinnin kumulatiivinen tuotto 30 vuodessa	<b><u>110 298 €</u></b>

Mikäli pidetään hinta edelleen korkealla +30 %:ssa ja oletetaan, ettei kyseisiä aurinkopaneeleja ole saatavilla vaan joudutaan ottamaan nimellistehontuoltaan 30 % pienempi järjestelmä rajoitetun kattopinta-alan takia, mihin ei voida määräänsä enempää aurinkopaneeleita asentaa. Tulokset voidaan nähdä taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Skenaario 3, järjestelmän asennushinta +30 %, tehontuotanto -30 %.

Järjestelmän koko	17,85 kWp
Sähkön ostohinta	17,3 snt/kWh
Sähkön ostohinnan nousu vuodessa	2,0 %
Järjestelmän asennushinta	31 100 € (1 742,30 €/kWp)
Järjestelmän takaisinmaksuaika	<b><u>11 vuotta</u></b>
Investoinnin kumulatiivinen tuotto 30 vuodessa	<b><u>66 076 €</u></b>

Sähkön hinta voi muuttua todella paljon ja sen ostohintaa on hyvin vaikea ennustaa. Taulukossa 6 on arvioitu sähkön ostohinnan tippuvan 9,3 snt/kWh:iin, jolloin auringolla tuotetulla sähköllä ei ole enää niin suurta rahallista arvoa

TAULUKKO 6. Skenaario 4, Edellisten arvojen lisäksi sähkön ostohintaa laskettu.

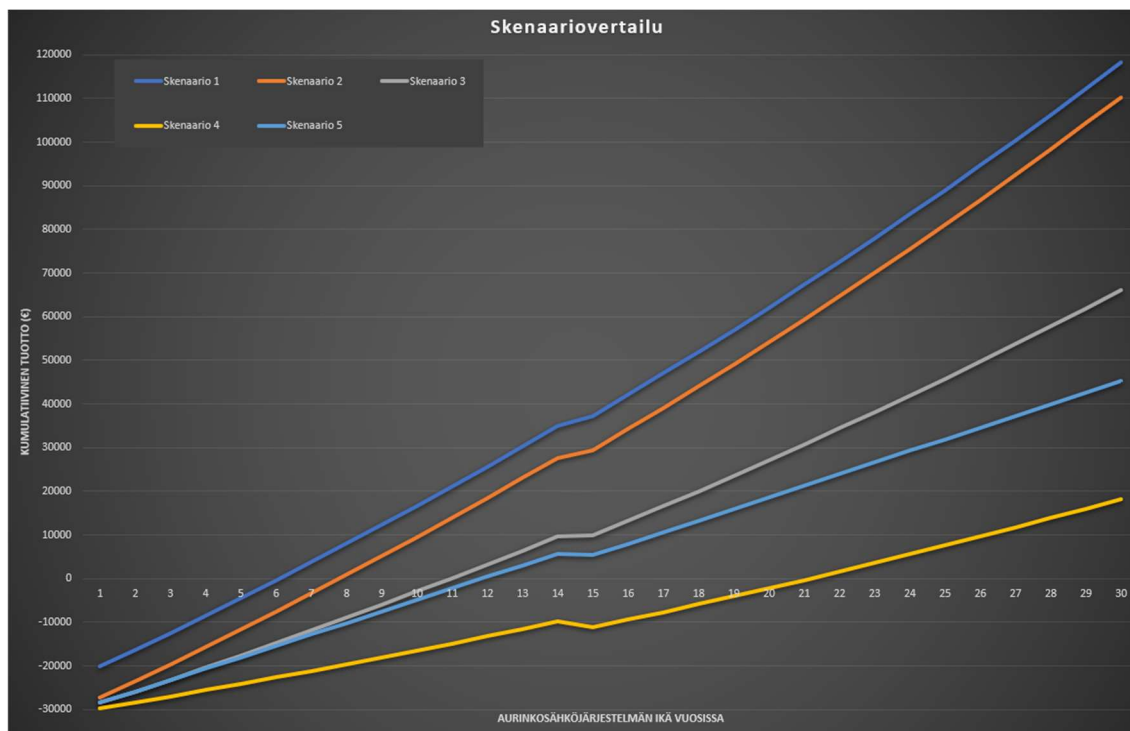
Järjestelmän koko	17,85 kWp
Sähkön ostohinta	9,3 snt/kWh
Sähkön ostohinnan nousu vuodessa	2,0 %
Järjestelmän asennushinta	31 100 € (1 742,30 €/kWp)
Järjestelmän takaisinmaksuaika	<b><u>22 vuotta</u></b>
Investoinnin kumulatiivinen tuotto 30 vuodessa	<b><u>18 230 €</u></b>

Viimeisessä skenaariossa tarkastellaan sähkön ostohinnan prosentuaalisen hinnan nousun vaikutusta järjestelmän kannattavuuteen. Tulokset on esitetty taulukossa 7, missä sähkön ostohinnan on odotettu nousevan vain puoli prosenttia vuodessa.

TAULUKKO 7. Skenaario 5, Sähkön ostohinnan nousun muutoksen vaikutus.

Järjestelmän koko	17,85 kWp
Sähkön ostohinta	17,3 snt/kWh
Sähkön ostohinnan nousu vuodessa	0,5 %
Järjestelmän asennushinta	31 100 € (1 742,30 €/kWp)
Järjestelmän takaisinmaksuaika	<b><u>12 vuotta</u></b>
Investoinnin kumulatiivinen tuotto 30 vuodessa	<b><u>45 359 €</u></b>

Kuviossa 14 on ilmaistu graafisesti eri skenaarioiden kumulatiiviset tuotto-odotukset 30 vuodessa sekä järjestelmän takaisinmaksuajat. Kuvaajissa näkyvät loivemmat kohdat ovat invertterin vaihtokustannuksista johtuvia notkahduksia.



KUVIO 14. Graafinen skenaariovertailu

## 5 POHDINTA JA YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli saada työn tilaajalle tutkimus siitä, millainen aurinkosähköjärjestelmä heidän asiakaskiinteistönsä olisi mahdollista asentaa ja onko kyseessä kannattava järjestelmä. Kannattavuuden tarkastelussa käytettiin asiakkaalta saatuja lähtötietoja, joiden perusteella järjestelmää alettiin mitoittamaan käyttäen apuna ilmaista PVGIS-laskuria sekä Finsolarin kehittämää aurinkosähkön kannattavuuslaskuria.

Vaikka sähkön hintaa on todella vaikea ennustaa edes lähitulevaisuuteen, on se vielä vaikeampaa ennustaa esimerkiksi kymmenen vuoden päähän. Onkin monesti järkevää asentaa aurinkopaneelijärjestelmä juuri tällaiseen kohteeseen, missä on paljon varjostamatonta kattopinta-alaa. Vaikka asennuksen kokonais-hinta voikin tuntua suurelta kertainvestoinnilta, kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, että järjestelmä hyvin usein maksaa itsensä takaisin paljon ennen järjestelmän eliniän päättymistä, jolloin näiden erotus on pelkkää tuottoa aurinkopaneelien omistajalle.

Tässä työssä mitoitettiin aurinkopaneelit vain yhdelle kattopinnalle ja tällä tavalla saatiin tehtyä mitoitus kiinteistön pohjakulutuksen mukaisesti, eli myyntiin ei mene juuri ollenkaan sähköä, mikä onkin kannattavinta, jos haluaa parhaan taloudellisen tuoton aurinkopaneeleilla. Parhaimmassa skenaariossa järjestelmä maksaa itsensä takaisin jo seitsemässä vuodessa tai jopa alle, mutta pahimmisakin realistisissa skenaarioissa järjestelmä maksaa itsensä joka tapauksessa takaisin ennen järjestelmän eliniän päättymistä. Pahimmassa skenaariossa mitä tässä työssä tutkittiin, oli järjestelmän kumulatiivinen tuotto 30 vuodessa 18 230 euroa. Tällaisessa skenaariossa tilaajan kannattaakin miettiä, saisiko paremman taloudellisen tuoton jollain muulla sijoitusmenetelmällä, vai halutaanko aurinkopaneelit siitä huolimatta asentaa esimerkiksi ympäristöystävällisistä syistä.

Kiinteistön sähkönkulutus voi kasvaa tulevaisuudessa ja saattaa tulla tarvetta kasvattaa aurinkopaneelien lukumäärää kiinteistössä. Kyseisessä kiinteistössä on vielä paljon puiden varjostamia kattopintoja, joihin olisi mahdollista asentaa merkittävästi suuremmat aurinkosähköjärjestelmät mitä tässä työssä tehtiin, joten

työn tilaajan kannattaakin tulevaisuudessa miettiä, olisiko varjostavia puita mahdollista karsia aurinkopaneelien tieltä.

Työn tilaajan kannattaakin kilpailuttaa asiakaskohteeseensa aurinkosähköjärjestelmä ja vertailla saatuja tarjouksia tämän työn tuloksiin. Monet aurinkopaneelipakettien toimittajat tarjoavat aurinkopaneeleilleen mitoituksen kohteeseen ja tätä palvelua kannattaakin hyödyntää tulevaisuudessa, kun usein mitoituksen ja suunnittelun saa veloituksetta riippumatta siitä, ostaako kyseisen järjestelmän tältä toimittajalta vai ei.

## LÄHTEET

Aurinkopaneelien markkinointi ihmetyttää: mikä ihmeen kWp?. 3.7.2019. Kuluttaja. Verkkosivu. Viitattu 13.12.2022.

<https://kuluttaja.fi/fi/artikkeli/aurinkopaneelien-markkinointi-ihmetyttaa-mika-ihmeen-kwp/>

Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. 20.6.2022. Energiavirasto. Verkkosivu. Viitattu 13.12.2022.

<https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021#:~:text=Vuoden%202021%20lopussa%20s%C3%A4hk%C3%B6verkkoon%20oli,lopussa%20noin%202%2C2%20prosenttia>

Energiatuki. n.d. Business Finland. Verkkosivu. Viitattu 3.4.2023.

<https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki>

Invertteri. 8.1.2023. Aurinkovirta. Verkkosivu. Viitattu 3.3.2022.

<https://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/invertteri/>

Jinko 420W HC N-type täysmusta aurinkopaneeli. n.d. Nordsolar. Verkkosivu.

Viitattu 2.2.2023. <https://nordsolar.fi/tuote/jinko-420w-hc-n-type-taysmusta-aurinkopaneeli/>

Miten aurinkopaneelit käytännössä toimivat?. 2020. Väre. Verkkosivu. Viitattu

20.1.2023. <https://vare.fi/aurinkopaneelit/miten-aurinkopaneelit-toimivat/>

Sijoittaminen ja tuotto. n.d. Aurinkosähköä kotiin. Verkkosivu. Viitattu 12.1.2023.

<https://aurinkosahkoakotiin.fi/sijoittaminen-ja-tuotto/>

SFS 6000-7-712. 2022. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset.

Aurinkosähköjärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 3.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SolaX X3-PRO-17K-G2 17kW invertteri. n.d. Nordsolar. Verkkosivu. Viitattu

2.2.2023 <https://nordsolar.fi/tuote/solax-pro-17k-g2-17kw-invertteri/>

Sähkön hintaennuste 2023 – miksi sähkön hinta nousee?. 2022. Väre.

Verkkosivu. Viitattu 3.4.2023. <https://vare.fi/sahkon-hinta/sahkon-hintaennuste/>

Sähkötieto ry. 2021. ST-käsikirja 40. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. 2. painos. Espoo. Sähköinfo Oy

Verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä. 2.8.2022. Motiva. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2023.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_kytkeaton\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_kytkeaton_aurinkosahkojarjestelma)

What is solar inverter and how does it work?. n.d. Chint. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2023. <https://chintglobal.com/blog/what-is-solar-inverter-how-does-solar-inverter-work/>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 1007/2017. Viitattu 13.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171007>