



Mimosa Makkonen

# Laadunvarmistus osaksi aurinkosähköjärjestelmän kuluttajakohteen asennusta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

22.2.2023

# Tiivistelmä

Tekijä:	Mimosa Makkonen
Otsikko:	Laadunvarmistus osaksi aurinkosähköjärjestelmän kuluttajakohteen asennusta
Sivumäärä:	36 sivua + 2 liitettä
Aika:	22.2.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine:	Energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat:	Hankinta- ja kehityspäällikkö Arttu Raitala Yliopettaja Kari Salmi

Insinööritoiminnan tarkoituksena oli luoda Oomi Oy:lle laadunvarmistusasiakirja aurinkosähköjärjestelmien kuluttajakohteiden asennuksille. Oomi eli Oomi Energia on vuonna 2020 perustettu energiayhtiö. Aurinkosähköjärjestelmät ovat kuuluneet Oomin liiketoimintaan alusta alkaen. Järjestelmiä tarjotaan niin yritys- kuin kuluttaja-asiakkaille.

Kohonneiden sähkönhintojen seurauksena aurinkosähköjärjestelmien kuluttajamyynti on kasvanut räjähdysmäisesti. Oomi käyttää järjestelmien asennukseen ulkoisia asennusyhtiöitä eli alihankkijoita. Asennusyhtiöitä on useita, ja asennusmäärien kasvassa yhtiöiden toimintatapojen erot korostuivat. Asennusyhtiöt toimivat paikallisesti, ja kuluttaja-asiakas ei erikseen saa valita asentavaa tahoa. Kaikkien Oomin järjestelmien asennusten laadun ja turvallisuuden takaamiseksi luotiin laadunvarmistusasiakirja osaksi Oomin ja asennusyhtiöiden virallisia sopimuksia.

Asiakirjassa käydään kaikki aurinkosähköjärjestelmän asennusvaiheet läpi vaatimusten mukaisesti. Asiakirjaa ei kuitenkaan ole tarkoitettu asentajien kouluttamiseen, vaan kuvaamaan kokonaisvaltaisesti Oomin aurinkosähköjärjestelmän toimitusprosessia asennusyhtiön toimenkuvan näkökulmasta.

SFS 6000:2022 Sähköasennusstandardisarja päivittyi elokuussa 2022 asettaen uusia vaatimuksia aurinkosähköjärjestelmille. Laadunvarmistusasiakirja on kasattu standardien ja järjestelmän komponenttien valmistajien ohjeiden pohjalta. Osana tiedonkeruuta vierailtiin myös Oomin merkittävimpien asennusyhtiöiden asennuskohteissa. Asennusvierailuilta saatua konkreettista kokemusta sovellettiin Oomin ja asennusyhtiöiden toimintaprosessien hiomiseen osana laadunvarmistusta.

Laadunvarmistusasiakirja on tarkoitettu Oomin ja kaikkien nykyisten sekä tulevien asennusyhtiöiden käyttöön. Luotu asiakirja toimii konkreettisena tukena kaikille toimitusprosessin osapuolille osana kasvavan alan kehitystä.

Avainsanat: aurinkosähköjärjestelmä, laadunvarmistus, sähköturvallisuus

## Abstract

Author:	Mimosa Makkonen
Title:	Quality Assurance in Business-to-Consumer Photovoltaic System Installation
Number of Pages:	36 pages + 2 appendices
Date:	22 February 2023
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Energy and Environmental Engineering
Professional Major:	Energy Production Methods
Supervisors:	Kari Salmi, Principal Lecturer Arttu Raitala, Head of Supply and Development

---

The purpose of this thesis was to create a quality assurance document for Oomi Oy. The document created would assure the quality of Oomi's business-to-consumer photovoltaic system installations. Oomi is an energy company founded in 2020. Offering photovoltaic systems has been a part of Oomi's business since the beginning. Oomi offers photovoltaic systems to consumers as well as other businesses.

As a result of increased electricity prices, consumer sales of the systems have grown explosively. Oomi uses external installation companies i.e., subcontractors, to install the systems. There are several installation companies, and as the number of installations increased, the differences in the companies' operating methods were highlighted. The subcontractors operate locally, but the consumer customer cannot select their installation company. In order to guarantee the quality and safety of all installations of Oomi's systems, a quality assurance document was created as part of the official agreements between Oomi and the installation companies.

The SFS 6000:2022 electrical installation standard series was updated in August 2022, setting new requirements for photovoltaic systems. The quality assurance document was compiled based on the standards and the instructions of the system components. As part of the gathering of material, a few installation sites of Oomi's most significant subcontractors were also visited. The experience gained from the installation visits was applied to refine the operational processes of Oomi as part of quality assurance.

The quality assurance document is intended for use by Oomi and all Oomi's current and future subcontractors. The document created serves as solid support for all parties involved in the delivery process as part of the development of the growing industry.

Keywords: photovoltaic system, quality assurance, electrical safety

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Oomin aurinkosähköjärjestelmän toimitusprosessi	2
2.1	Järjestelmä	2
2.2	Tarjous ja tilaus	5
2.3	Toimitus- ja sopimusehdot	8
3	Aurinkosähköjärjestelmän asennus	9
3.1	Yleiset käytännöt	9
3.2	Asennuskumppaneiden toiminta	11
4	Laadunvarmistus asennusvaiheittain	11
4.1	Mitoitus	12
4.2	Mekaaninen asennus	12
4.2.1	Kattojalat	13
4.2.2	Profiilikisko	15
4.2.3	Aurinkopaneelien asennus ja kiinnitys	15
4.2.4	Invertterin seinäasennus	19
4.3	Sähköasennus	22
4.3.1	Vaihtosähköosan asennus	22
4.3.2	Tasasähköosan asennus	28
4.4	Merkinnät	31
4.5	Käyttöönotto ja dokumentointi	32
5	Toteutus ja menetelmät	34
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

## Liitteet

Liite 1: Mallikuva aurinkopaneelikentän asennusetäisyyksistä

Liite 2: Invertterin valmistajan merkinnät, huomautukset, vaarat ja varoitukset

## Lyhenteet

AC:	<i>Alternating current.</i> Vaihtovirta, napaisuuttaan ajan kanssa vaihtava jännite.
DC:	<i>Direct current.</i> Tasavirta, suuntaansa muuttamaton sähkövirta.
EMI:	<i>Electromagnetic interference.</i> Sähkömagneettinen häiriö.
JAPP:	Jäykkä alumiiniputki Purso. Sähköasennuksissa käytetty suojaputki.
MPPT:	<i>Maximum power point tracking.</i> Suurimman tehopisteen seuranta. Ohjaa tuottamaan parhaan mahdollisen tehon.
PGND:	<i>Power-ground.</i> Sähköjärjestelmän maadoitusliitäntä tai maadoituskaapeli.

# 1 Johdanto

Aurinkosähköjärjestelmien kuluttajamyynä on lähtenyt kasvuun vuonna 2021 alkaneeen energiakriisiin ja kohonneiden sähkönhintojen seurauksena [1]. Järjestelmien asennusmäärien kasvaessa on tarve yhtenäisille laatu- ja turvallisuusvaatimuksille korostunut. Osana tätä insinööriä luotiin Oomi Oy:lle laadunvarmistusasiakirja kuluttajakohteiden aurinkosähköjärjestelmien asennuksille.

Oomi Oy eli Oomi Energia on vuonna 2020 perustettu energiayhtiö, jonka ovat perustaneet Vantaan Energia, Lahti Energia, Pori Energia, Oulun Seudun Sähkö sekä Oulun Sähkömyynti Oy ja sen osakkaat. Oomi on edellä mainittujen energiayhtiöiden ulkoistettu sähkömyyntiyhtiö. Aurinkosähköjärjestelmien myynti niin kuluttaja- kuin yritysasiakkaille on ollut alusta asti osa Oomin toimintaa. [2.]

Oomilla aurinkosähköjärjestelmiä myydään kuluttaja-asiakkaille avaimet käteen-periaatteella. Näin ollen tilaus käsittää järjestelmän lisäksi myös tavarantoimituksen, asennuksen ja käyttöopastuksen. Asiakas solmii ostosopimuksen Oomin kanssa, mutta tavarantoimitus ja asennus ovat ulkoistettuja palveluita. Asiakas ei ole suoraan tietoinen alihankkijatoimijoista, vaan asiointi tapahtuu Oomin kanssa. Oomin kuluttajakohteiden aurinkosähköjärjestelmät maahantuo ja toimittaa Scanoffice Solar Oy. [2; 3.]

Asennuskumppanit ovat paikallisia asennusyrityksiä eri puolilla Suomea. Tällä hetkellä Oomilla on kolme pääasiallista asennuskumppania. Aurinkopaneelien asentamiselle ei ole olemassa yhtä virallista koulutusta. Asennusyritykset kouluttavat itse uudet työntekijänsä omien oppiensa mukaan, joten tapoja ja käytäntöjä on erilaisia. Näin ollen kaikkia asennuksia ei välttämättä suoriteta samoja käytäntöjä noudattaen.

Tämän insinööriä tarkoituksena oli perehtyä laadunvarmistusasiakirjan luomiseen yhdistäen eri lähteiden määräyksiä ja vaatimuksia. Osana työtä luotu laadunvarmistusasiakirja tulee kaikkien Oomin nykyisten ja tulevien

asennuskumppaneiden käyttöön. Tavoitteena on taata kuluttaja-asiakkaille laadukas ja turvallinen asennus asennusyrytyksestä riippumatta. Laadunvarmistusasiakirja tulee osaksi Oomin ja asennusyrytysten alihankkijasopimusta. Asiakirjaan ja sen ohjeistuksen laiminlyöntiin voidaan vedota jälkeen päin ilmenneiden puutteiden tai reklamaatioiden kautta. Asiakirja on luotu uusimpien standardien ja määräysten mukaisesti.

## **2 Oomin aurinkosähköjärjestelmän toimitusprosessi**

Oomilla on luotu erillinen prosessi aurinkopaneelien kuluttajatilauksiin kaikki toimitusketjun osapuolet huomioiden. Päätoimijoita toimitusprosessissa ovat myyntiyhtiö, Oomi Oy, maahantuoja ja asennusyryitys. Kuluttaja-asiakkaiden tilauksia ja asiakastietoja käsitellään erillisessä toiminnanohjausjärjestelmässä nimeltään Liekki. Oomi toimii lähtökohtaisena vastuutahona kaikissa asioissa kuluttajien näkökulmasta [2].

### **2.1 Järjestelmä**

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu paneeleista, invertteristä ja kiinnitysjärjestelmästä. Aurinkopaneelit muuntavat auringon säteilyenergian valosähköisen ilmiön kautta sähköenergiaksi. Paneelit koostuvat useista sarjaan kytketyistä piikennosta. Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, jonka järjestelmän invertteri eli vaihtosuuntaajaa muuttaa vaihtosähköksi. Invertterin avulla aurinkosähköjärjestelmä liitetään asennuskohteen sähköverkkoon ja yleiseen jakeluverkkoon. [4.]

Oomin tarjoamat aurinkosähköjärjestelmät tulevat maahantuojan eli Scanoffice Solar Oy:n kautta. Oomilla ei ole omaa varastoa, vaan maahantuoja pitää huolen varastomäärästä sekä tavaroiden keräilystä ja toimituksesta. Kuljetusyhtiönä toimii DB Schenker Finland.

Laadunvarmistusasiakirjassa määritellään Oomin asentavan aurinkosähköjärjestelmiä kuluttaja-asiakkaille vain kalteville katoille ja pystyasennuksena. Asennuskohteen tulee olla asennusvalmis ja hyväkuntoinen jakeluverkkoon liitetty

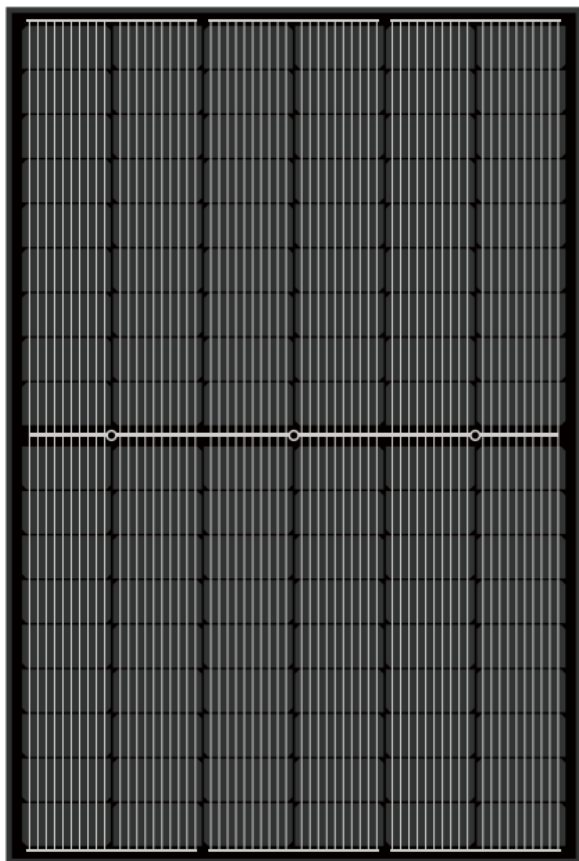
rakennus. Katonrakenteiden tulee kestää aurinkopaneelientän painoa sekä lumikuormaa. [5.]

Oomi tarjoaa kuluttaja-asiakkaille tällä hetkellä yhtä paneelivaihtoehtoa. Kyseessä on ZnShine Solarin valmistama ZXM7-SHLDD108-sarjan paneeli. ZnShine Solar on Kiinassa vuonna 1988 perustettu aurinkopaneelien valmistukseen keskittynyt yritys, joka kuuluu korkeimman laatuluokan eli TIER1-luokan valmistajiin. [6.]

Oomin tarjoamien paneelien nimellisteho on 400 Wp [7]. Nimellisteholla tarkoitetaan aurinkopaneelien parasta tuottamaa tehoa standardiolosuhteissa. Tällaisissa olosuhteissa aurinkokennon lämpötila on 25 °C ja auringosta tuleva säteilymäärä 1 000 W/m<sup>2</sup>. [8.]

Paneelit ovat kaksipuoleisia yksikidepaneeleita. Paneelin molemmat puolet ovat lasia ja tuottavat sähköenergiaa. Kaksipuoleisen teknologian on arvioitu kasvattavan tuottoa jopa 25 %:lla, mutta tätä ei ole huomioitu ilmoitetuissa nimellistehossa tai tuottoarviossa. ZnShine 400 Wp -paneelit ovat half-cut-teknologiaa eli paneelin tuotto ei kärsi osittaisesta varjostuksesta. Yksittäisen paneelin paino on 24,5 kg ja mitat 1 730 x 1 133 x 30 mm. Paneelit ovat kehykseltään siroja ja väritykseltään täysin mustia kuvan 1 mukaisesti. [7.]





Kuva 1. ZnShine ZXM7-SHLDD108 400 Wp -aurinkopaneeli edestä kuvattuna [7].

ZnShine 400 Wp -paneelien maksimihyötysuhde on 20,41 %. Paneelien tuotto-takuu on 30 vuotta ja tuotetakuu kattoasennuksissa taas 15 vuotta. Kyseiset ta-kuut ovat valmistajan asettamia. [7.]

Aurinkosähköjärjestelmän invertterit ovat Kiinasta lähtöisin olevan Sofar Solarin valmistamia. Invertteri eli vaihtosuuntaaja muuttaa aurinkopaneelien tuottaman tasavirtasähkön sähköverkkoon sopivaksi vaihtovirtasähköksi. Oomin käyttämät invertterit kuuluvat Sofar 3.3K-12KTL-X -sarjaan. Invertterin teholuokka on si-doksissa paneelien määrään ja sähkönkulutustarpeeseen järjestelmässä. Sofar Solarin invertterit täyttävät kaikki sähkönpien tuotannolta vaadittavat ominaisuu-det. Sofar 3.3K-12KTL-X -inverttereillä on 10 vuoden tehdastakuu, ja niiden maksimihyötysuhde on 98,4 %. [9.]

Asennuksessa käytettävät telineet riippuvat kohteen kattomateriaalista. Oomi käyttää kuluttaja-asiakkaiden kohteissa Orima Oy:n valmistamia kotimaisia kiskoja ja kiinnikkeitä, jotka on suunniteltu pohjoisille kattotyypeille. Orima Easy Rail -kiinnikkeet ovat erikoissinkkipinnoitettua terästä ja -kiskot korroosiovaapaata alumiinia. Molemmat materiaalit on suunniteltu kestämaan Suomen olosuhteiden tuuli- ja lumikuormat. Tyypillisimpiä kattomateriaaleja ovat tiili, huopa ja pelti. Peltikatot jaetaan vielä konesauma-, lukkosauma-, aalto- ja tiilikuviopelteihin. [10.]

## 2.2 Tarjous ja tilaus

Oomi Energia tarjoaa aurinkosähköjärjestelmiä kuluttaja-asiakkaille kaikkialla Suomessa. Järjestelmiä tarjotaan ainoastaan asennusvalmiisiin, hyväkuntoisiin ja kaltevakattoisiin kohteisiin [11]. Aurinkosähköjärjestelmän tilausprosessi alkaa asiakkaan yhteydenotolla. Oomin verkkosivuilta löytyy aurinkopaneelitarjouksia varten luotu yhteydenottolomake. Aurinkopaneelien kuluttajamyynnissä Oomilla ei ole omia myyjiä, vaan myynti on ulkoistettu myyntiyhtiölle ja paikallisesti toimiville kauppaedustajille. Oomin myyntipäälliköt ohjaavat potentiaalisia yhteydenottoja suoraan myyjille, jotka ovat yhteydessä mahdolliseen asiakkaaseen.

Ennen virallista tarjousta myyjä kartoittaa asiakkaan kohteen. Kartoituksella varmistetaan kohteen sopivuus aurinkosähköjärjestelmälle selvittämällä perustietoja asiakkaasta, rakennuksesta ja sen ympäristöstä. Kartoituksessa selvitetty tiedot syötetään toiminnanohjausjärjestelmään. Kartoituksen perusteella myyjä tekee asiakkaalle tarjouksen sopivan kokoisesta aurinkosähköjärjestelmästä. Tarjotun järjestelmän kokoon vaikuttavat asiakkaan vuotuinen sähkön kulutus, käytössä oleva kattopinta-ala sekä asiakkaan toiveet [3]. Ennen tarjouksen tekoa myyjällä tulee olla hyvä yleiskäsitys kohteesta ja sen ympäristöstä. Näin ollen asiakkaan tulee toimittaa myyjälle vähintään kaksi kuvaa kohteesta ja sen ympäristöstä sekä yksi kuva sähkökaapista. Kuvista tarkastetaan esimerkiksi oikea kattomateriaali ja mahdollisten lisätöiden tarve.

Lisätöitä aiheuttavat suuri räystääskorkeus, jyrkkä kattokulma, puuttuvat sulakepaikat tai muut lisätyöt liittyen asennuksen suorittamiseen oikeaoppisesti ja turvallisesti. Lisätöitä ovat

- keskuslaajennus
- ryhmäkeskus
- henkilönostin
- kellokytkin
- langattoman lähiverkon vahvistin
- maakaapelointi.

Lisätyöt pyritään hinnoittelemaan jo tarjoukselle, mutta niiden lisääminen tilaukselle jälkeen päin on mahdollista. Tällöin asennuskumppaneita on ohjeistettu hyväksyttämään lisätyöt ja niistä aiheutuvat kulut asiakkaalla paikan päällä.

[11.]

Oomin aurinkosähköjärjestelmätarjoukset ovat voimassa 14 vuorokautta. Kun tarjous on hyväksytty, tehdään samalla päätös maksusuunnitelmasta. Oomi tarjoaa järjestelmän maksuun kolme eri vaihtoehtoa, jotka on esitetty taulukossa 1. Asiakas voi halutessaan maksaa koko tilauksensa summan kertalaskulla tai vaihtoehtoisesti kuluttomalla ja korottomalla osamaksulla. [11.]

Taulukko 1. Aurinkosähköjärjestelmän maksusuunnitelmavaihtoehdot [11].

<b>Maksusuunnitelma-vaihtoehdot</b>	<b>Kertalasku</b>	<b>Osamaksu</b>
Vaihtoehto 1	Asennus	Järjestelmä
Vaihtoehto 2	Asennus ja järjestelmä	
Vaihtoehto 3		Asennus ja järjestelmä

Luottokauppasopimus solmitaan suoraan Oomin kanssa, joten asiakkaan ei tarvitse erikseen hakea luottoa. Tarjolla olevia maksuaikoja ovat olleet 84

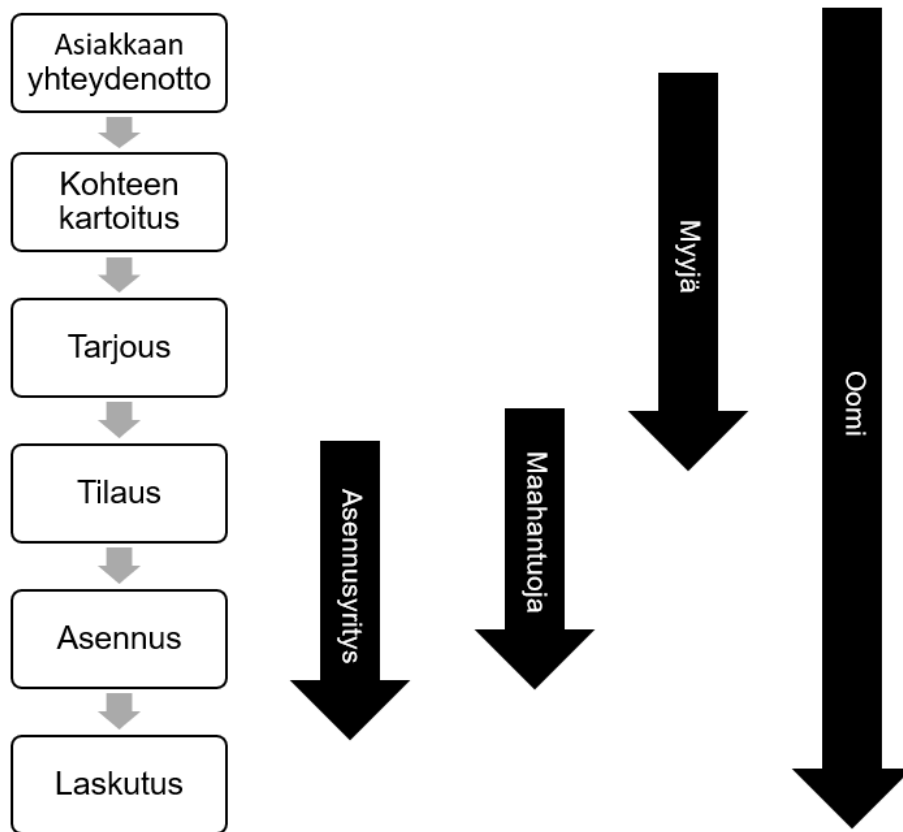
kuukautta, 60 kuukautta ja 36 kuukautta. Kolmas maksusuunnitelmavaihtoehto on, että asiakas maksaa tilauksensa asennuksen osuuden kertalaskulla ja järjestelmän osuuden kuluttomalla ja korottomalla osamaksulla. Asiakkaan laskutus alkaa asennuksen jälkeen. Asiakkaalta ei vaadita ennakkomaksuja. Kun asennus merkitään toiminnanohjausjärjestelmään suoritetuksi, laskutuslupa lähtee laskutukseen. [11.]

Oomilla on käytössä sähköinen allekirjoituspalvelu, jonka kautta asiakkaat allekirjoittavat tilauksensa ja mahdollisen luottokauppasopimuksensa. Allekirjoituksen jälkeen tarjous muuttuu automaattisesti tilaukseksi toiminnanohjausjärjestelmässä. Järjestelmästä lähtee samalla toimitussopimus asiakkaalle sähköpostitse. Toimitussopimus toimii tilausvahvistuksena. Kuluttaja-asiakkaalla on aina kahden viikon peruutusoikeus alkaen tilauksenteon hetkestä [11].

Tarjouksen muuttuessa tilaukseksi se osoitetaan alueelliselle asennuskumppanille, joka tilaa järjestelmän ja asennukseen tarvittavat tavarat kohteeseen myyjän laatiman kartoituksen perusteella. Tavallisesti tavarantilaus tehdään muutamaa viikkoa ennen asennuksen arvioitua ajankohtaa. Näin ollen kartoitus on tehtävä huolellisesti, sillä kaikkiin muutoksiin ei aina ehditä reagoida ennen soveltuvaa asennusaikaa. Maahantuoja eli Scanoffice Solar Oy:n luvattu toimitusaika aurinkosähköjärjestelmän toimitukselle kohteeseen on noin viikko. Kuljetusyhtiö jakelee tilatut tavarat oikeisiin kohteisiin.

Järjestelmä toimitetaan säänkestävissä pakkauksissa, ja näin ollen varastointi tapahtuu kohteessa ulkosalla. Pakkaukset ovat suuria ja vaikeasti avattavia. Scanoffice Solar pakkaa kaikki toimitettavat aurinkopaneelit pystysuuntaisesti EUR-lavan päälle. Näin ollen pakkauksen kuljettaminen on kustannustehokkaampaa ja paneelit pysyvät maahantuojan mukaan kuljetuksen aikana todennäköisemmin ehjänä. Kyseisen paneelipakkauksen avaamiseen tarvitaan ammattilaisen osaamista ja siksi asiakkaita ohjeistetaan olemaan koskematta toimitettuihin tavaroihin ennen asennusta. Laadunvarmistusasiakirjassa asennusyhtiötä on ohjeistettu paneelipakkausten purkamisessa.

Järjestelmän toimitusprosessi sisältää useita eri tekijöitä, mikä vaatii kaikilta prosessin osapuolilta tehokkaan työskentelyn lisäksi selkeää kommunikointia. Toimitusprosessi on esitetty kokonaisuudessaan yksinkertaistettuna vastuualueittain kuvassa 2.



Kuva 2. Aurinkosähköjärjestelmän toimitusprosessi yksinkertaistettuna.

Laadunvarmistusasiakirjan pääpaino on asennusyrityksiin liittyvässä toiminnassa, mutta kaikki prosessin tekijät on otettu huomioon. Sujuvan toimitusprosessin tarkoituksena on palvella asiakkaiden lisäksi jokaisen vaiheen edustajaa.

### 2.3 Toimitus- ja sopimusehdot

Oomi Oy:n aurinkosähköjärjestelmän yleiset ehdot sitovat sekä kuluttajaa että myyjää. Toimitusehdoissa käydään läpi yleisiä käytäntöjä liittyen aurinkosähköjärjestelmän tilaukseen, asennukseen ja ehtoihin. Kyseiset ehdot on esitetty

asiakkaalle jo tarjouksen yhteydessä. Sopimusehdot on sisällytetty tilausvaiheessa asiakkaalle lähtevään toimitussopimukseen, ja niillä yksilöidään toimitusehtoja. Ehdoissa on määritelty aurinkosähköjärjestelmän sisältö sekä asiakkaan vastuut kohteessa.

### **3 Aurinkosähköjärjestelmän asennus**

Aurinkosähköjärjestelmä on nimensä mukaisesti sähköjärjestelmä. Asennuksella ja käyttöönottotarkastuksessa on noudatettava sähköasennusstandardisarjan SFS 6000:2022 sekä sähköturvallisuuslain vaatimuksia. Erityisesti osan SFS 6000-7-712:2022 ”Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset: Aurinkosähköjärjestelmät” ja osan SFS 6000-5-55 kohdan 551 ”Pienjännitteiset generaattorilaitteistot” vaatimukset koskevat aurinkosähköjärjestelmiä. Standardissa SFS-EN 62446-1 esitettyjä lisävaatimuksia koskien aurinkosähköjärjestelmien käyttöönottotarkastusta on noudatettava. Laadunvarmistusasiakirja on luotu standardit huomioiden. [12.]

#### **3.1 Yleiset käytännöt**

Aurinkosähköjärjestelmiä asentavat aina ammattilaiset. Oomin toimitusehtojen mukaisesti aurinkosähköjärjestelmän asennus sisältää

- aurinkosähköjärjestelmän asentamisen toimintavalmiiksi
- käyttö- ja huoltokoulutuksen käyttäjälle
- invertterin sähkönsyötön kytkemisen kiinteistön sähkökeskukseen. [11.]

Oomi asennuttaa aurinkosähköjärjestelmiä ainoastaan valmiisiin, hyväkuntoisiin ja kaltevakattoisiin rakennuksiin, joissa on kolmivaihejärjestelmä. Aurinkosähköjärjestelmiä ei asenneta asbestia sisältäviin rakenteisiin. Rakenteiden tulee kestää aurinkopaneelikentän painoa, sekä lumikuormaa. Paneeleita asennetaan

vain katolle ja pystyyn sekä lappeensuuntaisesti. Sallittuja katemateriaaleja ovat kaikki tavallisimmat pohjoiset kattotyypit, kuten

- tiilikatto
- huopakatto
- aaltokuviopeltikatto
- kone- tai lukkosaumapeltikatto
- tiilikuviopeltikatto. [5; 11.]

Laadunvarmistusasiakirjassa painotetaan yleisen työturvallisuuden noudattamista asennuksilla. Asiakirjassa ja Oomin ohjeistuksessa on määritelty, että kohteen lapekorkeuden ylittäessä 3,5 m on asennuksella käytettävä henkilönostinta tai telineitä apuna. Katolla työskenneltäessä on aina käytettävä turvavalkajaita ja muita asianmukaisia varusteita. Asennuksia saa suorittaa vain koulutuksen saanut ammattilainen. Sähkötöitä saa suorittaa ainoastaan sähköturvallisuuslain mukaan tarvittavan pätevyyden saanut sähkötöiden ammattilainen [13, § 54].

Laadunvarmistusasiakirjassa on huomioitu asennuskumppanin vastuut liittyen asennuksen ulkopuoliseen toimintaan osana Oomin prosessia. Asiakirjassa korostetaan kuluttaja-asiakkaiden kanssa toimimisen periaatteita ja asiakaslähtöisyyttä. Oomin osoittaessa tilauksen asennuskumppanille tulee asennuskumppanin olla yhteydessä asiakkaaseen ja sopia asennukselle ajankohta, sekä tiedottaa mahdollisista aikataulun muutoksista. Yleisestä järjestyksestä ja käytöksestä on pidettävä huolta. Asiakkaan omaisuuden vahingoittamista on yleisesti vältettävä ja mahdollisen vahingon sattuessa sovittava korvauksista. Asiakkaan kanssa on käytävä keskustelua toiveista asennuksen suhteen, esimerkiksi invertterin paikkaa tai kaapelointeja koskien. Lisätyöt tulee aina hyväksyttää asiakkaalla ja kirjata luovutusprotokollaan. Suuremmista lisätöistä ohjeistetaan keskustelemaan aina Oomin edustajan kanssa.

### 3.2 Asennuskumppaneiden toiminta

Oomin kuluttajakohteiden aurinkosähköjärjestelmiä asentavat alihankkijayritykset eli asennuskumppanit. Asennuskumppanit toimivat alueellisesti eri puolilla Suomea.

Varsinaisia asennuksia suorittavat asennusryhmät. Ryhmä koostuu tyypillisesti yhdestä tai kahdesta kattoasentajasta sekä yhdestä sähköasentajasta. Kuluttajakohteiden asennukset pyritään suorittamaan työpäivän aikana. Suuremmat kohteet vaativat useampia asentajia tai useamman työpäivän. Asennuskumppani on vastuussa asennuksien aikataulutuksesta niin omien asennusryhmiensä, kuin Oomin asiakkaidenkin osalta. Oomi ei vaadi asiakkailta läsnäoloa asennuksen ajalta, mutta se on suositeltavaa asiakkaan toiveiden mukaisen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Koska aurinkopaneelien asentamiseen ei ole olemassa virallista koulutusta, asennuksia tekevät tahot kouluttavat lähtökohtaisesti työntekijänsä itse. Toimintatavoissa on oletusarvoisesti eroavaisuuksia. Oomin käyttämät asennuskumppanit asentavat aurinkosähköjärjestelmiä myös muille toimijoille. Tällöin Oomin edustaman laadun tulisi erottautua muista asennuksista erikseen määriteltyjen laadullisten vaatimusten kautta. Asennuskumppanit ovat velvollisia noudattamaan tiettyjä aurinkosähköjärjestelmän asennusta ja yleistä sähköasennusta koskevia standardeja ja lakeja ilman Oomin erillistä ohjeistusta. Laadunvarmistusasiakirjalla varmistetaan kaikkien asennusten tasainen laatu Oomin arvojen mukaisesti. Aurinkosähköjärjestelmillä on asennustakuu, joka on toimitusehtojen mukaan viisi vuotta alkaen käyttöönottopöytäkirjan allekirjoituspäivämäärästä [11].

## 4 Laadunvarmistus asennusvaiheittain

Oomille luotu laadunvarmistusasiakirja sisältää asennusohjeen aurinkosähköjärjestelmille sen hetkisten standardien mukaisesti. Asiakirjassa käydään läpi järjestelmän asennusprosessi kokonaisuudessaan sekä asennuskumppaneille



asetetut toimintaperiaatteet. Laadunvarmistusasiakirjan ohjeistusta tulee noudattaa kaikilla Oomin kuluttajakohteiden aurinkosähköjärjestelmien asennuksilla. Asiakirja on osa Oomin ja asennuskumppanin välistä alihankkijasopimusta.

#### 4.1 Mitoitus

Laadunvarmistusasiakirjassa määritellään tietyt suositellut tai vaaditut mitoitusasennusprofiilille. Suositukset ja vaatimukset Oomin järjestelmien mitoitukselle on koottu aurinkopaneelien ja asennustarvikkeiden valmistajien alkupe-  
räisten ohjeiden pohjalta.

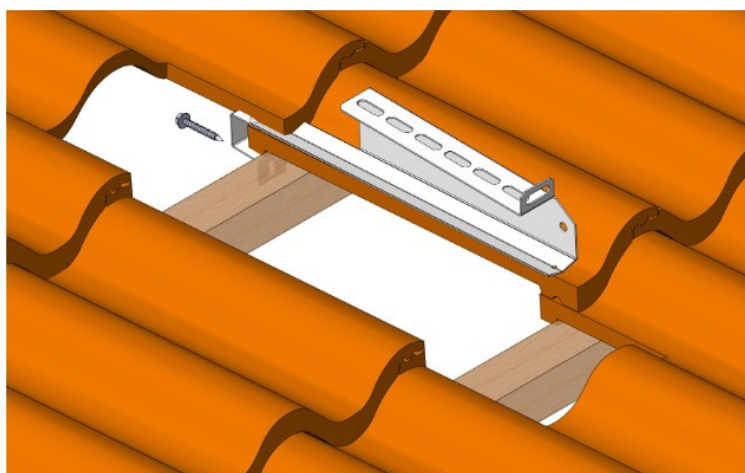
Aurinkopaneelit suositellaan asennettavan mahdollisimman lähelle katon harjaa, jotta minimoidaan lumikuorman vaikutus. Paneelikentän tulee olla vähintään 300 mm:n etäisyydellä katon harjasta. Tuulikuorma on suurimmillaan katon reunalla ja näin ollen reunimmaisen paneelin tulee olla vähintään 400 mm:n etäisyydellä katon sivureunasta. Paneelikentän alareunan tulee olla vähintään 300 mm:n etäisyydellä katon alareunasta tai vaihtoehtoisesti vähintään 600 mm:n etäisyydellä katon lumiesteestä. Liitteessä 1 on esitetty paneelikentältä vaaditut etäisyydet mallinnuskuvan avulla. [5; 10.]

#### 4.2 Mekaaninen asennus

Laadunvarmistusasiakirjassa määritellään aurinkosähköjärjestelmän mekaaniseksi asennukseksi kattojalkojen, profiilikiskojen, kiinnikkeiden ja aurinkopaneelien asennus. Asiakirjassa käydään kaikki mekaanisen asennuksen vaiheet läpi. Asiakirjassa on tarvikevalmistajan kattotyypikohtaiset kuvat kattojaloista ja niiden asennuksesta, sekä muista tarvikkeista. Osa valmistajan kuvista on esitetty tässä työssä.

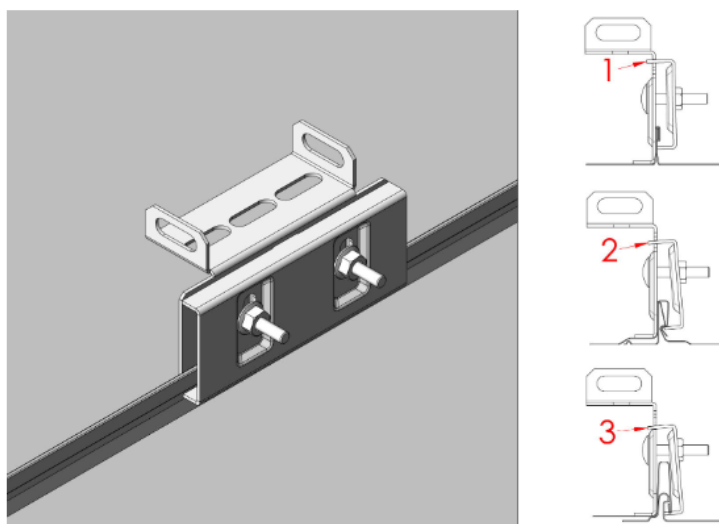
#### 4.2.1 Kattojalat

Kattojalat määräytyvät kohteen kattotyypin ja katemateriaalin mukaan [10]. Laadun varmistamiseksi Orima Easy Rail -kattojalkojen asennus on kuvattu kattotyyppi kerrallaan. Laadunvarmistusasiakirjan mukaan ennen kattojalkojen asennusta tulee kohteen katon ja erityisesti sen ruoteen, ponttilaudoituksen tai vastaavan puurungon kunto tarkastaa [5]. Tiili- ja saumapeltikatoille asennettaessa ei katteeseen tehdä reikiä, vaan esimerkiksi tiilikatolla kattojalat kiinnitetään tiilien alle ruoteeseen, kuten valmistajan esimerkkikuvassa (kuva 3) [10].



Kuva 3. Tiilikaton kattojalan kiinnitys ruoteeseen [10].

Saumapeltikatolla kattojalat kiinnitetään kiristämällä kattosauma kiinnikkeen väliin. Kuvassa 4 on esitetty saumapeltikaton kattojalan asennus. Kohdan 1 korkeus on tarkoitettu konesaumapeltikatolle ja kohtien 2 ja 3 taas lukkosaumapeltikatolle. [10.]



Kuva 4. Saumapeltikaton kattojalan asennus kone- ja lukkosaumapeltikatolle [10].

Huopa-, profiilipelti- ja tiilikuviopeltikatoille asennettaessa joudutaan kattojalkoja varten poraamaan reikiä katemateriaaliin. Reiät tulee aina tiivistää kiinnitysruuvien alle tulevilla tiivisteprikoilla. Kattojalka kiinnitetään ulkovuoren alla olevaan ruoteeseen tai vastaavanlaiseen puurunkoon ruuveilla. Huopakatoille asennettaessa kattojalat tulee kiinnittää vähintään ponttilaudoitukseen ja suositeltavaa on kiinnittää jalat kattotuolien kohdalle. [10.]

Paneelikentän reunimmaisten paneelien alle tulee laadunvarmistusasiakirjan mukaan neljä kattojalkaa. Muiden paneelien alle tulee aina vähintään kaksi kattojalkaa. Tärkeintä on kattojalkojen paikkojen suunnittelu ja mittaaminen ennen asennusta. Kattojalkojen tulee olla suorassa linjassa ja mahdollisimman lähellä paneelin reunaa [5]. Mikäli kattojalat eivät ole suorassa, aurinkopaneelit asettuvat epätasaisiin riveihin katolle. Kattojalkojen määritellyn etäisyyden laiminlyönti vaikuttaa paneelien turvalliseen asennukseen. Kattojalkarivien tasainen asennus tulee varmistaa ennen seuraavaan asennusvaiheeseen siirtymistä.

Tarvikevalmistaja Orima Oy:n ohjeen mukaan kattojalkojen sallittu etäisyys toisistaan on enintään 1 600 mm. Laadunvarmistusasiakirjassa ohjeistetaan Oomin asennuksilla käytettävän tätä pienempää etäisyyttä, sillä lumikuormat voivat

yleisesti Suomessa olla suuria. Orima suosittelee myös etäisyyden lyhentämisestä, mikäli epäilee lumikuorman olevan tavallista suurempi [10]. Kattojalkojen lappeen suuntainen sallittu väli on 600—1 200 mm. On huomioitava, että kattojalkojen tarkkaan etäisyyteen toisistaan vaikuttavat kattotyyppi ja katemateriaali. Asiakirjan ohjeistuksen mukaan reunimmaisen kattojalan tulee olla enintään 300 mm:n päässä asennusprofiilin reunasta. Näin asennusprofiili pysyy vakana paneelien alla. [5.]

#### 4.2.2 Profiilikisko

Orima Easy Rail -profiilikisko kiinnitetään kattojalan kantin päälle kiskoruuvilla. Laadunvarmistusasiakirjan mukaan yksi kisko tulee kiinnittää vähintään kahteen kattojalkaan. Valmistajan ohjeistuksessa huomautetaan lämpölaajennuksen vaikutuksesta profiilikiskojen pituuteen ja asennukseen. Näin ollen yhden profiilikiskolinjan sallittu maksimipituus on 15 metriä [8]. Aurinkopaneelin ylä- ja alareunan väli kiskoon saa olla enintään 400 mm. Tällä varmistetaan asennusprofiilin vakaus ja turvallinen asennus. [5.]

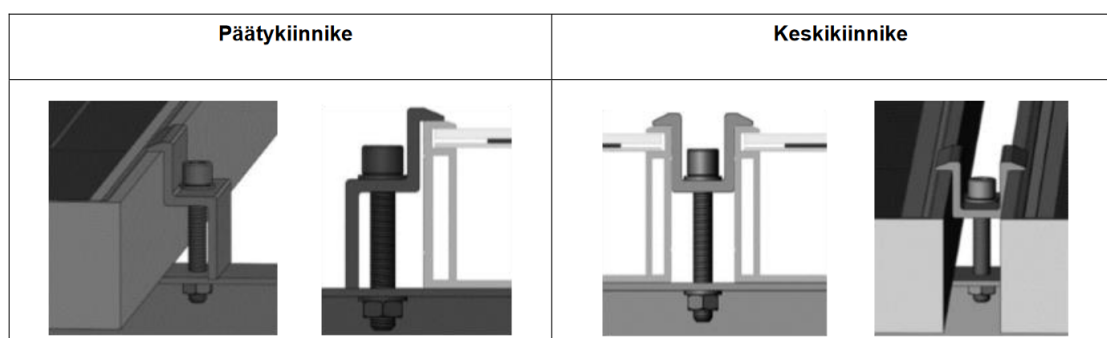
#### 4.2.3 Aurinkopaneelien asennus ja kiinnitys

Laadunvarmistusasiakirjassa painotetaan erityisen huolellisuuden noudattamista paneelien siirtämisessä katolle. Aurinkopaneelit nostellaan katolle yksi kerrallaan tarvittaessa henkilönostinta tai telineitä apuna käyttäen. Yhden ZnShine ZXM7-SHLDD108 400 Wp -paneelin paino on 24,5 kg, ja pudotessaan paneeli saattaa aiheuttaa vahinkoja [7]. Koska paneelin pinnat ovat lasia, ne voivat särkyä huolimattoman kohtelun seurauksena. Kiinnikkeiden asennusohjeen mukainen asennus ja kiristys takaa paneelikentän kestävyysvaurioittamatta aurinkopaneelien pintaa tai rakennetta.

Aurinkopaneelit asetetaan ensin profiilikiskojen päälle. Paneelit kiinnitetään kiskoihin keski- ja päätykiinnikkeiden avulla. Paneelivalmistaja ZnShine Solar suosittelee kiinnityksessä käytettävän vähintään M8-kiinnityspulttia. Sama suositus on mainittu laadunvarmistusasiakirjassa muiden kiinnikkeisiin kohdistuvien

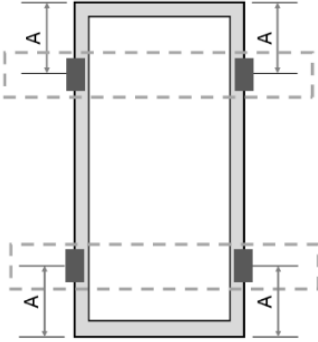
vaatimusten ohella. Kiinnikkeen tulee olla päällekkäin aurinkopaneelin kehyksen kanssa vähintään 7 mm, mutta enintään 10 mm. Kiinnikkeet eivät saa olla kosketuksissa aurinkopaneelin lasiosan kanssa, eivätkä ne saa vahingoittaa tai muokata paneelin kehystä. Kiinnikkeen maadoitusnastat takaavat maadoituksen jatkumisen koko paneelikentässä. [10;14.]

Keskikiinnikkeet tulevat aurinkopaneelien väleihin, ja näin ollen asennusväli on kiinnikkeen leveys eli 20 mm [5; 10]. Päätykiinnikkeellä viimeistellään paneelirivin kiinnitys profiilikiskoon. Kiinnikkeiden asennuskireydeksi on määritetty 15 Nm ja avainväliksi 6 mm [10]. Tarkemmat kiinnikekohtaiset ohjeet asennukseen on esitetty laadunvarmistusasiakirjassa, kiinnikevalmistajan ohjeiden perusteella. Kuvassa 5 on esitetty aurinkopaneelivalmistaja ZnShine Solar Oy:n suomenkielisen ohjeen mukainen asettelu pääty- ja keskikiinnikkeille.



Kuva 5 Aurinkopaneelien kiinnitys pääty- ja keskikiinnikkeistä [14].

Aurinkopaneelin pitkälle sivulle tulee kaksi kiinnikettä eli paneeli kiinnitetään yhteensä neljällä kiinnikkeellä profiilikiskoihin kuvan 6 mukaisesti [14].

Aurinkopaneeli	Testattu kuorma	Asennustapa
Aurinkopaneelin pituus ≤2400mm	Nostava kuorma ≤2400Pa Painava kuorma ≤5400Pa	 <p data-bbox="874 633 1225 656"><math>1/6L \leq A \leq 1/4L</math>; L = Aurinkopaneelin pituus</p> <p data-bbox="805 683 1289 750"><b>*HUOM:</b> 1. Kisko on kohtisuorassa aurinkopaneelin pitempään sivuun nähden.</p>

Kuva 6 Aurinkopaneelien kiinnikkeiden paikat [14].

Kuvassa 7 on esitetty keskeneräinen asennus tiilikatolle. Kuva on peräisin Oomin asennuskohteesta, ja se toimii yhtenä esimerkkikuvana laadunvarmistusasiakirjassa. Profiilikiskot ja kattojalat on asennettu ohjeiden mukaisesti tiilikatolle, ja paneelientän asennusprofiili on suora, ja vaaditut profiilin etäisyydet toteutuvat. Kuvasta on erotettavissa myös asentajan käyttämä turvaköysi.



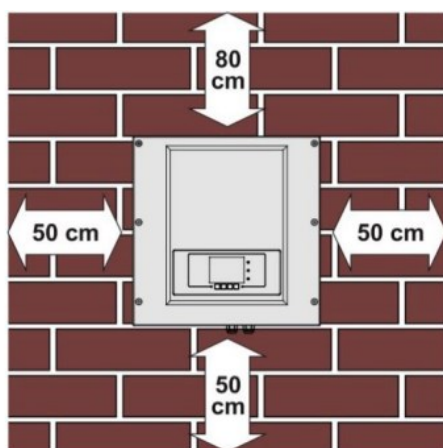
Kuva 7. Esimerkkikuva keskeneräisestä aurinkopaneelien asennuksesta tiilikatolle.

Laadunvarmistusasiakirjassa ohjeistetaan asettamaan kaikki asennettavat paneelit ensin katolle kiskojen päälle, ennen kuin kiinnikkeet kiristetään paikoilleen. Asennus suositellaan toteutettavan rivi kerrallaan, ja ennen seuraavan rivin asennusta tulee paneelit kytkeä toisiinsa. Muussa tapauksessa johdot jäävät edellisen rivin alle ulottumattomiin. Johdotus tulee suunnitella huolellisesti ennen paneelien nostamista katolle. [5.]

#### 4.2.4 Invertterin seinäasennus

Invertterin valmistaja Sofar Solar Oy on määrittänyt invertterin sijoituspaikkaa koskevia ohjeita, joita on sovellettu yhdessä standardin SFS 6000-7-712:2022 kanssa laadunvarmistusasiakirjan ohjeistusta luotaessa.

Invertteriä ei saa asentaa suoraan auringon valoon, vaan varjoisaan ja suojaisaan paikkaan. Invertteri tulee asentaa tasaiselle ja kiinteälle alustalle paikkaan, johon on esteetön pääsy. Asennettavan seinän kantavuus tulee huomioida ennen asennusta. Laite on säänkestävä, ja tyypillinen asennuspaikka on rakennuksen ulkoseinä. Seinällä invertteri ei saa olla liian korkealla eikä liian matalalla. Tällä taataan hyvä ilmanvaihto ja vältetään lumen tai jään kertyminen invertterin päälle. Sisätiloihin asennettaessa on erityisen tärkeää huolehtia hyvästä ilmanvaihdosta. Sofar 3.3K-12KTL-X -invertterin minimiasennusetäisyydet on esitetty kuvassa 8. [5; 15.]



Kuva 8. Invertterin seinäasennuksen vähimmäisetäisyydet vapaalle tilalle [15].

Kyseisen invertterin suositeltu käyttölämpötila on  $-30...+60^{\circ}\text{C}$ , ja tehokkuuden kannalta optimi lämpötila ympäröivälle ilmalle on alle  $45^{\circ}\text{C}$  [15]. Standardin SFS 6000-7-712:2022 [16, s. 11] mukaan invertterin taakse on asennettava palosuoja-levy, mikäli invertteri asennetaan kiinni palavaan materiaaliin. Kaikkiin Oomin kuluttajakohteisiin asennetaan invertterin taakse Nordic Sun -palosuoja-levy laadunvarmistusasiakirjan mukaisesti. Suoja-levyä ei tarvitse asentaa harkko-, tiili-,



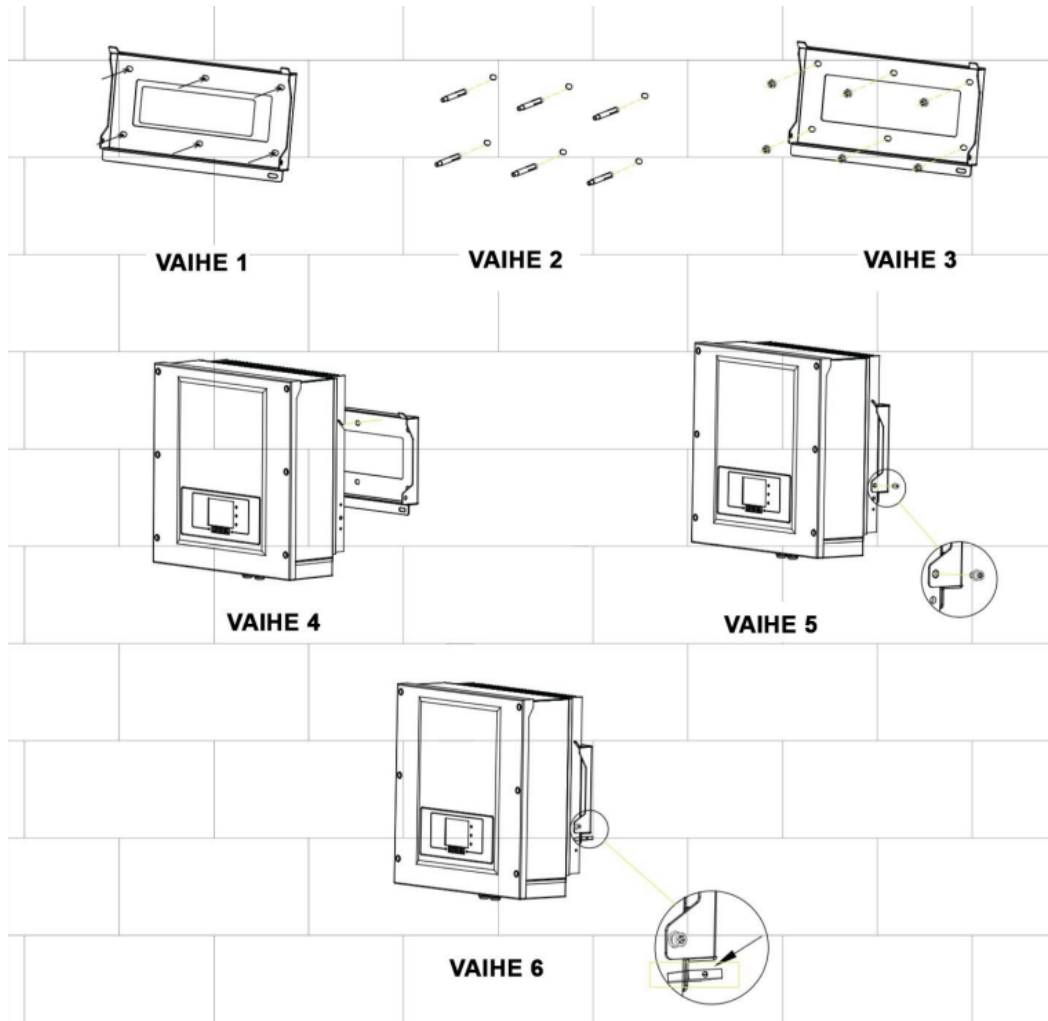
kivi-, pelti- tai kipsilevyseiniin [16, s. 11]. Levy on säänkestävää ja homehtumattonta kuitusementtiä, joka on kooltaan 590 x 820 x 8 mm [17]. Palosuojalevyn asennus tuli pakolliseksi päivitetyn standardin ilmestyttyä elokuussa 2022. Suojalevyn pääasiallinen tarkoitus on estää lämmön leviäminen seinärakenteisiin palon syttyessä [16, s. 11]. Oomin palosuojalevy, invertteri ja turvakytin on esitetty oikein asennettuna kuvassa 9.



Kuva 9. Nordic Sun -palosuojalevy invertterin ja turvakytimen taakse asennettuna.

Sofar 3.3K-12KTL-X -invertteriä ei asenneta suoraan seinään tai palosuojalevyyn, vaan väliin tulee invertterin takapaneeli. Takapaneeli ja invertterin väliin jää ilmarako, joka parantaa ilmanvaihtoa ja tekee invertteristä entistä paloturvallisemman. Takapaneelia varten porataan seinään reiät. Laadunvarmistusasiakirjassa vaaditaan porausreikien kohtien määrittämistä vesivaa'an avulla, jotta invertteri on varmasti suorassa. Reiät tulee merkitä ja porata iskuporakoneella suoraan, seinää vahingoittamatta. Laajeneva ruuvi asetetaan reikään riittävän syvälle ja takapaneeli asetetaan paikoilleen ja kiinnitetään muttereilla. [15.]

Invertterin koukut ripustetaan takapaneeliin ja takakiinnikkeet kiinnitetään valmistajan ohjeen mukaan M6-ruuvilla turvallisuuden varmistamiseksi. Lopuksi takapaneeli ja invertteri lukitaan kiinni toisiinsa. Sofar Solar Oy:n ohjeistuksen vaihekohtainen kuva asennuksesta on osana laadunvarmistusasiakirjaa havainnollistamassa asennusprosessia (kuva 10). [15.]



Kuva 10. Invertterin seinäasennus vaiheittain [15].

Laadunvarmistusasiakirjassa on painotettu invertterin oikeaoppista mekaanista asennusta järjestelmän käyttöikään vedoten. Invertterin ensisijaisen asennuspaikan on tarkoitus olla laitteen lopullinen asennuspaikka, jossa häiriötekijöiden vaikutukset on minimoitu. Asennuksessa joudutaan poraamaan reikiä seinärakenteisiin, mikä hankaloittaa asennuspaikan vaihdosta.

### 4.3 Sähköasennus

Sähkötöitä saa suorittaa ainoastaan sähköturvallisuuslain mukaan tarvittavan pätevyyden saanut sähkötöiden ammattilainen. Aurinkosähköjärjestelmän sähkötöihin pätevät sähköasennustandardisarjan SFS 6000:2022 vaatimukset. Standardisarjassa määritellään esimerkiksi maadoituksentarve. Kaikki aurinkosähköjärjestelmän metalliset sähköä johtamattomat osat tulee kytkeä maahan. Tällä tarkoitetaan niitä metallisia osia, joiden ei ole tarkoitus tai ei haluta johtavan sähköä. [13, § 54; 16, s. 11.]

Laadunvarmistusasiakirjan sähkötöihin liittyvät osat on luotu ammattilaisen osaaminen huomioiden. Kaikkia termejä ja vaiheita ei ole yksityiskohtaisesti avattu, sillä ohjeen tarkoitus on ainoastaan varmistaa asennuksien laatu Oomi Oy:n kuluttajakohteissa. Asiakirjan tarkoituksena ei ole kouluttaa asentajia.

#### 4.3.1 Vaihtosähköosan asennus

Vaihtosähköosan eli invertterin sähköasennus sisältää maadoituskaapelin, AC-menojohtojen ja DC-tulojohtojen asennuksen. Laadunvarmistusasiakirjassa asennus aloitetaan maadoituskaapelista. Invertteri tulee aina maadoittaa. Kunollinen maadoitus auttaa vastustamaan ylijännitteen vaikutusta ja parantaa EMI-suorituskykyä eli vähentää sähkömagneettisia häiriöitä. Oomi Oy:n kuluttajille suunnatuissa aurinkosähköjärjestelmissä on aina vain yksi invertteri, joten PGND-maadoituskaapelit liitetään suoraan maahan. Koska invertteri on muuntajaton, aurinkopaneelien positiivisen ja negatiivisen navan ei tule olla maadoitettuja, sillä muutoin aiheutuu laitevaurioita. [15.]

Invertterin liittämisessä sähköverkkoon käytetään AC-menojohtoja. AC-menojohtojen tulee olla ulkokäyttöön suunniteltuja taipuisia ja viisijohtoisia kaapeleita, esimerkiksi monisäikeisiä kuparijohtoja. Turvallisuussyistä käytetään aina oikean kokoisia kaapeleita invertterin tehon mukaan. Liian pieni kaapeli saattaa aiheuttaa ylikuumentumista, ylikuormituksen tai pahimmassa tapauksessa

tulipalon. Taulukossa 2 on esitetty sallitut johtojen koot ja katkaisimien virrankestot invertterin tehon mukaan. [15.]

Taulukko 2. AC-menojohtojen suositellut koot ja katkaisimet [15].

Tyyppi	Sofar 3.3 KTL-X	Sofar 4.4 KTL-X	Sofar 5.5 KTL-X	Sofar 6.6 KTL-X	Sofar 8.8 KTL-X	Sofar 11 KTL-X	Sofar 12 KTL-X
Johto	2,5—6 mm <sup>2</sup>	2,5—6 mm <sup>2</sup>	2,5—6 mm <sup>2</sup>	2,5—6 mm <sup>2</sup>	4—6 mm <sup>2</sup>	4—6 mm <sup>2</sup>	4—6 mm <sup>2</sup>
Katkaisin	10 A	10 A	10 A	16 A	16 A	20 A	25 A

AC-menojohdon halkaisijalla on yhteys johdon sallittuun enimmäispituuteen ja invertterin tehoon. Taulukossa 3 on esitetty menojohdojen enimmäispituudet ja sallitut halkaisijat eri tehoisille inverttereille. [15.]

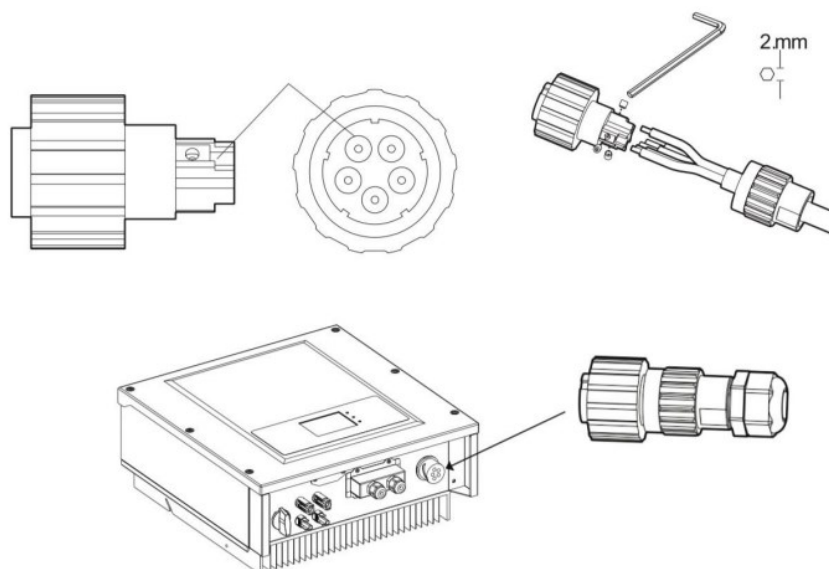
Taulukko 3. AC-menojohtojen suositellut enimmäispituudet [15].

Johdon halkai- sija (mm <sup>2</sup> )	Enimmäispituus (m)						
	Sofar 3.3 KTL-X	Sofar 4.4 KTL-X	Sofar 5.5 KTL-X	Sofar 6.6 KTL-X	Sofar 8.8 KTL-X	Sofar 11 KTL-X	Sofar 12 KTL-X
2,5	50	50	40	33	-	-	-
4	80	80	60	50	40	32	26
6	120	120	96	80	60	48	40

Oikean kokoisella johdolla pyritään estämään invertterin kytkeytyminen irti sähköverkosta. Irti kytkeytyminen aiheutuu liian korkeasta impedanssista johdossa, joka kytkee invertterin virtaliitäntäkohtaan. Jos impedanssi eli vaihtosähkövastus on liian korkea, AC-jännite saattaa ylittää paikallisen verkon määräykset ja invertteri sammuu automaattisesti. Taulukot 2 ja 3 on esitetty myös laadunvarmistusasiakirjassa. [15.]

AC-menojohtojen kanssa on käytettävä invertterin mukana tulevia kaapeliliittimiä. Liittimen asennus käydään asennusohjeessa valmistajan ohjeiden pohjalta läpi. Johdosta poistetaan eristekerrosta 30—50 mm ja yksittäisen johtimen päältä 3—5 mm. AC-menojohdon sisällä on viisi johdinta, joista kolme on vaihejohtimia. Kaksi muuta johdinta ovat suojamaa ja nollajohdin. [15.]

Sähkötöiden ammattilainen tunnistaa johtimet värikoodeista, jotka on määritetty standardissa SFS-EN IEC 60445:2021. Keltavihreä väriyhdistelmä merkitsee suojajohdinta (PE) ja sininen väri taas nollajohdinta (N). Vaihejohtimet ovat tavallisesti väreiltään ruskea, valkoinen ja musta (L1, L2, L3). Johtimet liitetään invertterin kaapeliliittimeen niille merkityille paikoille kuvan 11 mukaisesti. [15; 18, s. 11—12.]

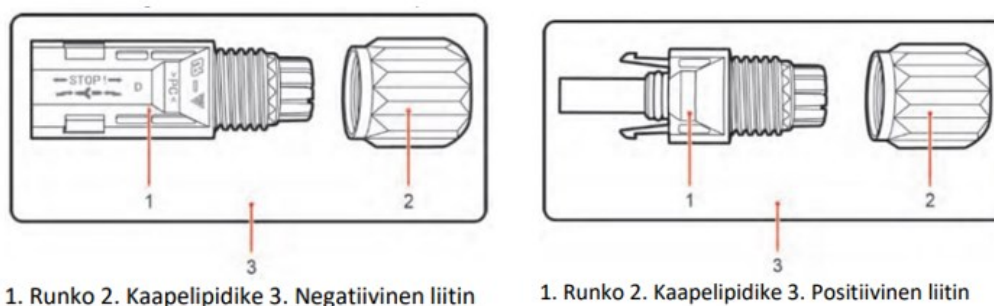


Kuva 11. Invertteriin menevän kaapeliliittimen asennus vaiheittain [15].

Invertterin liitetään aurinkopaneeleihin DC-tulovirtajohtolla. DC-tulojohdon asennukseen siirryttäessä tulee valita tulotila. Sofar 3.3K-12KTL-X -invertterissä on kaksi MPPT:tä eli maksimitehopisteen säädintä, jotka voivat toimia joko itsenäisesti tai rinnakkain. MPPT-paneelit toimivat vakiotulotilassa itsenäisesti, mutta ne voidaan kytkeä toimimaan myös rinnakkain. Invertterin kannalta aurinkopaneelit voidaan siis asentaa kahteen ketjuun. Aurinkopaneelin avoimen piirin

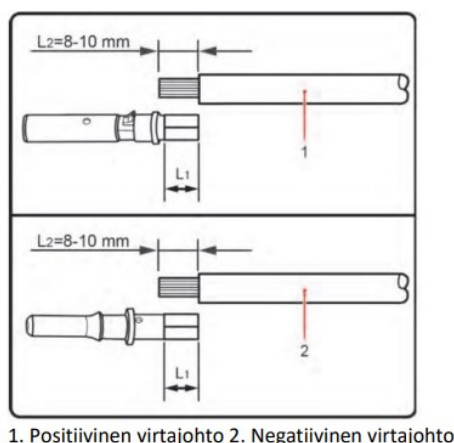
jännitteen tulee olla pienempi kuin invertterin suurin DC-tulojännite. Järjestelmän menojännitteen tulee olla yhdenmukainen MPPT-jännitealueen kanssa. MPPT-paneelin negatiiviseen ja positiiviseen napaan, jotka liitetään invertteriin, tulee erikseen liittää sulake käyttäen PV-kaapelia. Kytkenäkotelosta invertteriin on linjan jännitteenlasku yhdestä kahteen prosenttia. [15.]

DC-johdot liitetään invertteriin kaapeliliittinten ja -pidikkeiden avulla, jotka on jaettu negatiivisiin ja positiivisiin, saman napaisia virtajohtoja varten. Kuvassa 12 on esitetty positiivisen ja negatiivisen liittimen kokoonpano. [15.]



Kuva 12. DC-tulojohdon kaapeliliittimien kokoonpano [15].

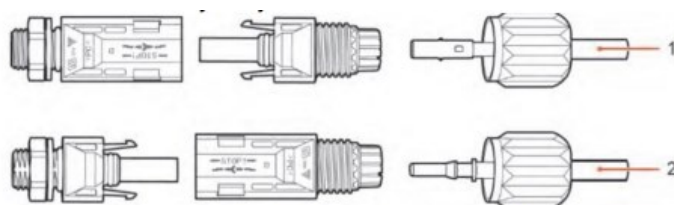
Ennen kaapeliliittimien liittämistä virtajohtojen eristekerrosta tulee kuoria 8—10 mm. Kaapeliliittimien kanssa positiiviset ja negatiiviset virtajohdot asetetaan oikeisiin metalliterminaaleihin ja prässätään kiinni liitostyökalulla. Metalliterminaalit ovat erilaiset positiiviselle ja negatiiviselle virtajohdolle, kuvan 13 mukaisesti. [15.]



1. Positiivinen virtajohto 2. Negatiivinen virtajohto

Kuva 13. DC-tulojohtojen metalliterminaalit erinapaisille virtajohtoilte [15].

Laadunvarmistusasiakirjassa painotetaan huolehtimaan positiivisten ja negatiivisten osien selkeästä erottelusta sekaannuksen välttämiseksi. Kaapelit eivät saa irrota terminaleista alle 400 N:n voimalla. Asetetaan prässätyt johdot vastaaviin liittimiin ja liittimet kaapelipidikkeisiin. Positiivinen ja negatiivinen virtajohto asetetaan invertterin vastaaviin DC-tuloterminaleihin. Edellä mainittu kiinnitysprosessi on esitetty kuvassa 14. [15.]






1. Positiivinen virtajohto 2. Negatiivinen virtajohto

Kuva 14. DC-tuloterminaalien kokoonpano [15].

DC-puolen kytkentään liittyy erityisiä huomautuksia, vaaroja ja varoituksia, jotka on käyty laadunvarmistusasiakirjassa läpi. Aurinkopaneelien polariteetin tarkastus tulee huomioida, jotta johtokytkenät ovat varmasti oikein. Aurinkopaneelit kehittävät sähköenergiaa toimintaperiaatteensa mukaisesti altistuessaan aurinkon valolle. Invertterin valmistajan ohjeessa varoitetaan sähköenergian kehitymisestä ja suositellaan paneelien peittämistä DC-tulojohtoja liitettäessä. Näin vältetään mahdollisilta sähköiskuilta. Varoitus ja suositeltu toimintatapa on

esitetty laadunvarmistusasiakirjassa. Ennen sähkökytkentöjä tulee varmistaa DC-johtojen jännitteen olevan turvallisella alueella. Korkea jännite saattaa aiheuttaa vakavia vammoja. Invertterin valmistajan ohjeen mukaiset huomautukset, vaarat ja varoitukset on esitetty kuvassa 15. [15.]

 <b>Huomaa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tarkasta aurinkopaneelin polariteetti varmistaaksesi oikeat johtokytkennät</li> <li>-Älä liitä aurinkopaneelin positiivista tai negatiivista napa maahan</li> </ul>
 <b>Vaara</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aurinkopaneelit kehittävät sähköenergiaa altistuessaan auringonvalolle, tämä voi muodostaa sähköiskun vaaran. Peitä aurinkopaneelit liittäessäsi DC-tulojohtoja.</li> <li>-Ennen sähkökytkentöjen tekemistä, varmista että DC-johtojen jännite on turvallisella jännitealueella, eli alle 60V DC sekä myös että DC-kytkin on tilassa OFF. Muuten korkea jännite voi aiheuttaa vakavia vammoja.</li> </ul>
 <b>Varoitus</b>	<p>Varmista että seuraavat olosuhteet pätevät, muutoin voi syttyä tulipalo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kaikki sarjaankytketyt aurinkopaneelit ovat samantyyppisiä teknisiltä arvoiltaan.</li> <li>-Kunkin aurinkopaneelin avoimen piirin jännite on alle 1000V DC.</li> <li>-Kunkin aurinkopaneelin lähtöteho on aina pienempi kuin invertterin suurin sallittu tuloteho.</li> <li>-Aurinkopaneelin positiivinen ja negatiivinen terminäali on liitetty oikein DC-tuloliitäntöihin.</li> </ul>

Kuva 15. Invertterin tasasähköosaan liittyvät huomautukset, vaarat ja varoitukset [15].

Sekä invertterin että koko aurinkosähköjärjestelmän liitännät ja käyttöönotto sisältävät sähköturvallisuuteen liittyviä turvallisuusriskejä. Laadunvarmistusasiakirjassa korostetaan turvallisuuden huomioimista myös laitteiden valmistajien ohjeiden mukaisesti. Kaikki invertterin käyttö- ja asennusohjeissa olevat vaarat, varoitukset ja huomiot on esitetty laadunvarmistusasiakirjassa sekä tämän työn liitteessä 2.



Oomi otti syksyllä 2022 käyttöön linjauksen, jonka mukaan erillisiä DC-turvakytkimiä ei enää asenneta kuluttajakohteiden aurinkosähköjärjestelmiin. Sofar 3.3K-12KTL-X -invertterissä turvakytkin on integroituna, joten erillistä kytkintä aurinkopaneelien ja invertterin väliin ei tarvita. DC-turvakytkin on Oomi Oy:n kannan mukaan todettu tarpeettomaksi ja ennemmin riskiksi kuin hyödyksi järjestelmän paloturvallisuus huomioiden.

#### 4.3.2 Tasasähköosan asennus

Sähköturvallisuuslain mukaan myös tasasähköosan eli aurinkopaneelikentän sähköasennuksen saa suorittaa ainoastaan riittävän pätevyyden omaava sähkötöiden ammattilainen [13, § 54]. Aurinkopaneelit kytketään Oomi Oy:n asennuksilla tavallisesti aina sarjaan. Sarjaan kytkettäessä aurinkosähköjärjestelmän jännite kasvaa hengenvaaralliselle tasolle [5; 19].

Laadunvarmistusasiakirjan mukaan tasasähköosan asennus aloitetaan maadoittamalla paneelikenttä kiinnittämällä potentiaalintasausjohdin vähintään yhdestä kohdasta kiskoprofiilin reunaan. Yksi kiinnityskohta riittää, mikäli paneelit ja telineet muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Aurinkopaneelien rungot toimivat johtimina maadoitukselle yhdessä telineiden kanssa. Potentiaalintasausjohdin eli maadoitusjohdin yhdistetään potentiaalintasauskiskoon. Kaikki aurinkosähköjärjestelmän metalliset sähköä johtamattomat osat tulee kytkeä maahan. [5; 16, s. 11.]

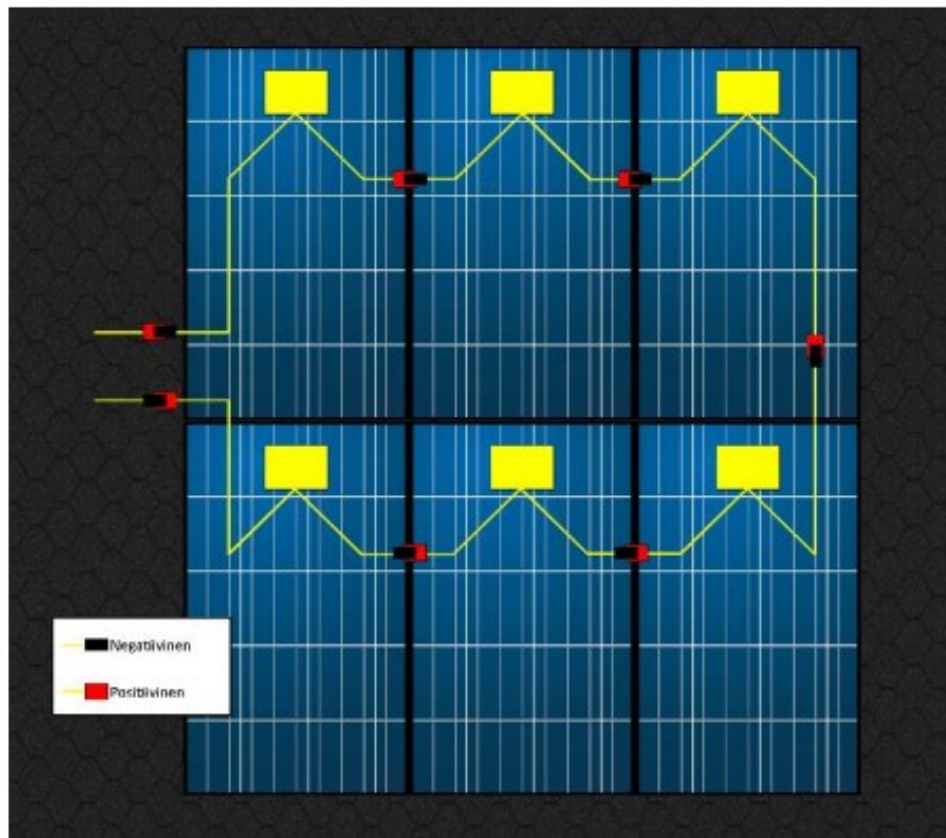
Laadunvarmistusasiakirjassa on painotettu asennusvaiheiden suunnittelua etukäteen huolimattomien virheiden välttämiseksi. DC-kaapeleiden reitit paneeleilta invertterille tulee suunnitella ja toteuttaa tapauskohtaisesti ja turhia läpivientejä välttämällä. Huopakattoon tehtäviä läpivientejä on erityisesti vältettävä, ja niitä saa suorittaa ainoastaan tarvittavan pätevyyden omaava ammattiasentaja [5]. Läpiviennit pyritään tekemään aina seinään, jotta minimoidaan veden pääseminen rakenteisiin. Laadunvarmistusasiakirjassa läpivientien laadukas suorittaminen on käyty selkeästi läpi. Läpivientireikä porataan seinään viistosti niin, että kaapelit tulevat ulkoa sisälle alhaalta päin. Näin ollen vesi ei pääse valumaan

sisään läpiviennistä. Reikään laitetaan sopivan pituinen pala suojaputkea ja kaapelit viedään putkessa seinän läpi, mikäli seinän rakenne ei ole tiedossa. Läpivienti tulee aina tiivistää palovaahdolla. [20.]

Oomin päätöksen mukaan DC-kaapelit opastetaan suojaamaan koko matkalta aurinkopaneeleilta invertterille laadukkaan ja turvallisen asennusjäljen varmistamiseksi. Standardin SFS 6000-7-712:2022 [16, s. 18] mukaisesti kaapelit eivät saa olla katolla vapaina tai kosketuksissa katemateriaalin kanssa. Oomin ohjeistuksen mukaisesti kaapelit tulee ohjata kulkemaan katolla lankahyllyissä, JAPP-putkissa ja kattoprofiileissa. Paneelien alla kaapelit voidaan kiinnittää esimerkiksi nippusiteillä asennusprofiilin tukirakenteisiin. DC-kaapelien silmukoita tulee välttää asennuksella, sillä ne saattavat muodostaa johdinsilmukoita ja aiheuttaa jännitteen kasvun [16, s. 18]. Ulkona kaapelit kuljetetaan taipumattomien alumiinisten suojaputkien eli JAPP-putkien sisällä tai säänkestävissä muovikouruissa. Sisätiloissa kaapeleita voidaan kuljettaa muovisen suojakourun sisällä. Välikatolla kaapelit eivät saa roikkua tai olla kosketuksissa helposti syttyvien materiaalien kanssa. Laadunvarmistusasiakirjan mukaan kaapelit tulee kuljettaa välikatolla suojaputkissa.

Suojaus on erityisen tärkeää, sillä DC-kaapelin eristeen kulumisen ja vaurioituminen voi johtaa oiko- tai maasulkuun. Metalliset sähköasennusputket tulee aina maadoittaa eli kytkeä potentiaalintasaukseen. DC-kaapelin vaurioituessa maadoitus ohjaa sähköön turvallista reittiä maahan. [21.]

Laadunvarmistusasiakirjan mukaan aurinkopaneelit kytketään toisiinsa rivi kerrallaan asennettaessa, muuten johdot jäävät seuraavan rivin alle ulottumattomiin. Edellisen paneelin punainen eli positiivinen johdin kytketään seuraavan paneelin mustaan eli negatiiviseen johtimeen kuvan 17 mukaisesti. [5.]



Kuva 16. Aurinkopaneelien sarjaan kytkentä [5].

Aurinkopaneelien johdot liitetään MC4-liittimellä invertterille menevään johtoon. Liitinten yksityiskohtainen asennus on käyty laadunvarmistusasiakirjassa läpi. MC4-liitin on IP-65-suojattu, eli se kestää joka suunnasta tulevan voimakkaan vesisuihkun, mutta ei esimerkiksi upotusta veteen. [5.]

MC4-liittimen asennukseen tarvitaan siihen tarkoitetut puristuspihdit ja kiristimet. MC4-puristuspihdeissä on omat leuat erikokoisille johdoille. Johtojen tyypilliset koot ovat 2,5 mm<sup>2</sup>, 4 mm<sup>2</sup> ja 6 mm<sup>2</sup>. Eristekerrosta kuoritaan noin 10 mm ja asetetaan johto liittimen holkkiin ja puristetaan pihdit pohjaan. Puristus varmistetaan vetämällä holkkia ja johtoa irti toisistaan. Johto ja holkki työnnetään oikeaan liittimeen. Liitoksen kiinni pysyminen opastetaan tarkistamaan kevyesti johtoa vetämällä. Liitin kiristetään johtoon käyttämällä kahta MC4-kiristintä. [5; 22.]

Aurinkopaneeleilta tulevassa punaisessa kaapelissa on DC-jännitteen positiivinen jännite ja mustassa kaapelissa taas negatiivinen jännite. Kaapelit kytketään invertterin vastaaviin napoihin invertterin mukana tulevilla omilla erillisillä liittimillä laadunvarmistusasiakirjan ohjeen mukaisesti. [5.]

#### 4.4 Merkinnot

Standardin SFS 6000-7-712:2022 mukaan turvallisuuden varmistamiseksi on annettava näkyvä varoitus kohteessa sijaitsevasta aurinkosähköjärjestelmästä sekä aurinkopaneelien takajännitteestä [16, s.16]. Kaikkien Oomin aurinkosähköjärjestelmien mukana toimitetaan asianmukaiset säänkestävät varoitustarrat. Standardin IEC 62548 mukaan kaikkien varoituskilpien tai -tarrojen tulee olla

- standardien vaatimusten mukaisia
- hävittämättömiä
- oltava luettavissa vähintään 0,8 m etäisyydeltä
- rakenteeltaan ja kiinnitystavaltaan laitteen koko käyttöiän kestävä
- käyttäjän selkeästi ymmärrettävissä [16, s. 16; 23].

Laadunvarmistusasiakirjassa ohjeistetaan varoitustarrojen asettamisesta sähköasennuksen liittymis- ja mittauskohtaan näkyvälle paikalle. Merkintöjen ja varoitusten avulla pelastushenkilökunta, sähköverkon huoltohenkilökunta ja muut tarkastajat tietävät kohteessa sijaitsevasta aurinkosähköjärjestelmästä. Takajännitteellä tarkoitetaan tasasähköosan jännitteisissä osissa olevaa erottamisen jälkeistä jännitettä. Kuvassa 18 on esitetty standardin mukaiset varoitukset. [16, s. 16—17.]



Kuva 17. Sähköturvallisuus vaatimusten mukaiset varoitustarrat [5; 16, s. 17].

AC-turvakytkimen ja invertterin oman turvakytkimen sekä niiden sijaintien tulee olla merkittyinä. Invertterin merkinnällä opastetaan laitteen erottamisesta sekä vaihtosähkö- että tasasähköosasta ennen huoltotoimenpiteitä. Laadunvarmistusasiakirjassa ohjeistetaan merkitsemään sähkökeskukseen aurinkosähköjärjestelmän sulakkeet. [5; 16, s. 16—17.]

#### 4.5 Käyttöönotto ja dokumentointi

Sähkötöiden ammattilaisen tulee tarkastaa asennus ennen käyttöönottoa. Käyttöönottotarkastuksen avulla varmistetaan asennuksen sähköturvallisuus ja vaatimustenmukaisuus. Käyttöönottotarkastus on määritelty pakolliseksi sähköturvallisuuslaissa, sekä standardissa SFS 6000-1:2022. Tarkastuksen pohjalta on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja, joka on luovutettava asiakkaalle. Laadunvarmistusasiakirjassa on käyty läpi käyttöönottotarkastus pääpiirteittäin, sekä viitattu tarkastusta koskevaan standardiin ja sen noudattamiseen. [13 § 43; 24, s. 16.]

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on kirjallinen todistus siitä, että järjestelmä ei aiheuta vaaraa ja on asennettu määräysten mukaisesti. Standardissa SFS-EN 62446-1 on asetettu aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastukselle vaatimuksia liittyen mittauksiin ja testauksiin, jotka poikkeavat tyypillisestä käyttöönottotarkastuksesta. Laadunvarmistusasiakirjan liitteenä on sähkötiетokortiston ST 55.36 -lomake, joka on standardin vaatimukset täyttävä käyttöönottopöytäkirjapohja. Oomi ohjeistaa asennuskumppaneita käyttämään kyseistä lomaketta tai vastaavin tiedoin varustettua lomaketta. [25.]

Luovutuspöytäkirjalla luovutetaan valmis järjestelmä asiakkaalle. Allekirjoittamalla pöytäkirjan asiakas hyväksyy asennuksen olevan valmis, sekä antaa Oomille laskutusluvan. Laadunvarmistusasiakirjassa ohjeistetaan merkitsemään paikan päällä sovitut lisätyöt luovutuspöytäkirjaan. Allekirjoituksella asiakas samalla hyväksyy lisätyöt kustannuksineen. Laadunvarmistusasiakirjan mukaan asennusyrityksen tulee toimittaa valmis pöytäkirja Oomin edustajalle, jotta lisätyöt saadaan merkittyä asiakkaan tilaukselle.

Laadunvarmistusasiakirjassa vaaditaan asennusyhtiöltä asennuksen jälkeistä erillistä raportointia. Raportoinniksi on määritetty riittävän vähintään kuva valmiista paneelikentästä sekä kuva asennetusta invertteristä. Laajempi raportointi kohteesta on suotavaa.

Laadunvarmistusasiakirjan mukaan asennusyrityksen vastuulla on täyttää pientuotantolaitteiston yleistietolomake. Yleistietolomakkeella ilmoitetaan pientuotantolaitteiston liittämistä sähköverkkoon. Aurinkosähköjärjestelmää ei saa kytkeä päälle ennen paikallisen sähköverkkoyhtiön kytkentälupaa [23]. Näin ollen asennusyrityksiä ohjeistetaan toimittamaan yleistietolomake mahdollisimman pian asennuksen jälkeen paikalliseen sähköverkkoyhtiöön. Lomakkeen perusteella pientuotannolle muodostetaan erillinen tuotantokäyttöpaikkatunnus ja järjestelmälle annetaan kytkentälupa [26]. Oomi suosittelee Energiateollisuus ry:n pientuotantosopimuspohjan käyttämistä, ja kyseinen lomakepohja on esitetty laadunvarmistusasiakirjan liitteenä [27].

Kaikki pöytäkirjat, lomakkeet ja kuvat tulee lisätä Oomin toiminnanohjausjärjestelmään asennuksen jälkeen. Vaatimusten mukaan pöytäkirjat on luovutettava asennuksen haltijalle. Laadunvarmistusasiakirjan mukaan kaikista pöytäkirjoista ja lomakkeista tulee olla kopiot kaikilla asennuksen osapuolilla eli myös asennusyhtiöllä ja asiakkaalla. [11.]

## **5 Toteutus ja menetelmät**

Laadunvarmistusasiakirjan tarkoituksena on määrittää tietyt laatu- ja turvallisuusvaatimukset Oomin asennuksille. Tarve yhtenäiselle ohjeistukselle ja laatuvaatimuksille oli tunnistettu jo aikaisemmin, mutta viimeistään energiakriisin edesauttama liiketoiminnan kasvu korosti ohjeistuksen puutosta. Päivitetty standardi SFS 6000-7-712:2022 julkaistiin 16. elokuuta 2022 asettaen uusia vaatimuksia aurinkosähköjärjestelmiä koskien. Standardin päivittyneet vaatimukset on huomioitu ja niitä on korostettu laadunvarmistusasiakirjassa.

Asiakirjan toteuttamista varten vierailtiin kahden Oomin merkittävimmän asennusyhtiön asennuksilla. Vierailuilla haastateltiin asentajia sekä asiakkaita ja seurattiin asennuksen eri vaiheita. Tarkoituksena oli saada mahdollisimman selkeä yleiskuva asennustilanteesta kohteessa. Asennukseen tai asennuskumppanin toimintaan ei puututtu vierailujen aikana. Vierailukohteiden asennukset sujuivat ongelmitta.

Asennusvierailut toteutettiin lokakuussa 2022. Kohteet valikoitiin yhdessä asennusyritysten kanssa yhteistyössä ja vierailut toteutettiin asiakkaiden luvalla. Kohteiden tuli erota toisistaan vähintään kattotyyppien perusteella, jotta asennuskohteiden laajuus saataisiin konkreettisesti huomioitua. Molemmat kohteet sijaitsivat Vantaalla, ja ensimmäisessä kohteessa asennus toteutettiin tiilikatolle ja toisessa taas tiilikuviodulle peltikatolle.

Asennusvierailujen perusteella laadunvarmistusta päästiin tarkastelemaan konkreettisemmin. Vierailuilta saadun käytännönopin perusteella syvennyttiin standardeihin ja järjestelmän komponenttien valmistajien sekä maahantuojan

ohjeisiin. Oomin yrityspuolen aurinkosähköjärjestelmien asennusta varten on luotu vastaava laadunvarmistusasiakirja, joka on toiminut osittain esimerkkinä kuluttajapuolen asiakirjan rakenteelle.

Aurinkosähköliiketoiminnan nopean kasvun seurauksena Oomilla oli tunnistettu toistuvasti ilmenneitä epäkohtia kuluttajakohteiden asennuksilla. Tunnistettujen epäkohtien ja puutteiden ehkäisemiseksi laadunvarmistusasiakirjassa on haluttu huomioida asennuskumppanin toiminta kokonaisvaltaisesti osana toimitusprosessia. Oomin tilaus- ja toimitusprosessin ymmärrys on ollut tärkeä osa laadunvarmistusasiakirjan luomista, teknisen tarkastelun ohella. Oomin prosessien tuntemus ja hallinta on kerätty omakohtaisen työkokemuksen kautta.

## **6 Yhteenveto**

Insinööriyön tarkoituksena oli luoda Oomi Oy:lle laadunvarmistusasiakirja aurinkosähköjärjestelmien kuluttajapuolen asennuksiin. Luotu asiakirja tulee osaksi Oomin ja asennusyhtiöiden välisiä virallisia sopimuksia.

Asiakirjaa luotaessa pyrittiin huomioimaan monipuolisesti asennusprosessin vaiheet vastuutahojen mukaisesti. Ohjeet laadun varmistamiseksi noudattavat sekä asennusta koskevia standardeja, että prosessin osapuolten tunnistamia kehityskohteita. Tavoitteena oli luoda asiakirja, joka asettaisi Oomin vaatiman tason asennusyhtiöiden toiminnalle. Laadunvarmistusasiakirjan haluttiin toimivan samalla asennusohjeena, joka voidaan esittää uusille asennusyhtiöille ja johon voidaan tarvittaessa aina palata.

Aurinkosähköjärjestelmä on turvallinen, ympäristöystävällinen ja kestävä energiaratkaisu. Oikein asennettuna järjestelmän käyttöikä voi olla kymmeniä vuosia. Laadukas ja turvallinen asennus tukee järjestelmän kestävyyttä. [8.]

Laadunvarmistusasiakirjalle asetetuissa tavoitteissa onnistuttiin. Asiakirjasta tehtiin kokonaisvaltainen tekninen sekä toiminnallinen opas asennusyhtiöiden käyttöön. Asennusprosessin vaiheet käydään selkeästi läpi, muistaen



asentajien olevan alansa ammattilaisia. Asiakirjan tarkoituksena ei ole kouluttaa uusia asentajia. Näin ollen jotkin sähkötekniset termit on jätetty yksityiskohtaisesti avaamatta. Asiakirjaa saa hyödyntää ainoastaan Oomin asennuskohteita suoritettaessa.

Työn aikana kaikkien osapuolien keskuudessa nousi useampia asioita, jotka koettiin tarpeelliseksi käsitellä laadunvarmistusasiakirjassa. Tieto asiakirjan luomisesta koettiin hyvänä ja jopa välttämättömänä toimenpiteenä yhteisten prosessien kehityksen näkökulmasta. Oomin, asennusyhtiöiden sekä asiakkaiden keskuudessa oli tunnistettu samoja puutteita nopeasti kasvavan alan tiedonjaossa. Yhtiökohtainen laadunvarmistusasiakirja koettiin kaikkien osapuolien kannalta tervetulleeksi ja tarpeelliseksi.

Oomin tavoitteena on kehittää aurinkosähköjärjestelmien toimitusprosessia vastaamaan kasvavaan markkinaan, laadusta tinkimättä. Laadunvarmistusasiakirjan avulla kitketään pois viime vuosien aikana tunnistettuja yleisimpiä virheitä ja reklamaatioiden aiheuttajia. Asiakirja toimii konkreettisena tukena kaikille toimitusprosessin osapuolille.

## Lähteet

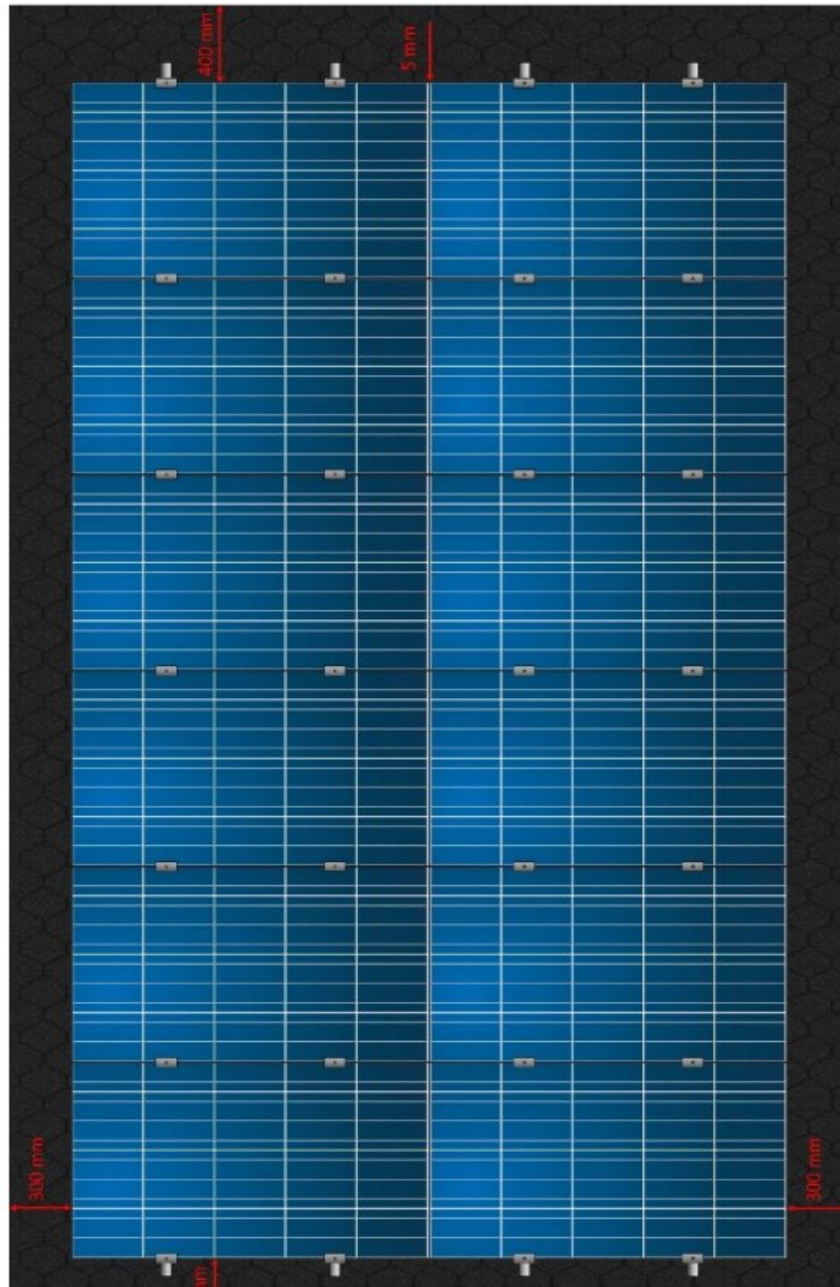
- 1 Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>>. Julkaistu 20.6.2022. Luettu 16.12.2022.
- 2 Tarinamme. Verkkoaineisto. Oomi Oy. <<https://oomi.fi/oomi/tarinamme/>>. Luettu 14.12.2022.
- 3 Aurinkopaneelit. Verkkoaineisto. Oomi Oy. <[oomi.fi/aurinkopaneelit](https://oomi.fi/aurinkopaneelit)>. Luettu 14.12.2022.
- 4 Aurinkopaneelien toiminta. Verkkoaineisto. Scanoffice Oy. <<https://scanoffice.fi/aurinkopaneelit/opas/aurinkopaneelien-toiminta/>>. Luettu 8.1.2023.
- 5 Aurinkosähköjärjestelmän asennusohje. 2022. Yrityksen sisäinen asiakirja. Oomi Oy.
- 6 About us. Verkkoaineisto. ZnShine Solar. <<https://www.znshinesolar.com/about-us/>>. Luettu 3.1.2023
- 7 ZXM7-SHLDD108-Sarja. 2021. Tuotetiedosto. ZnShine Solar.
- 8 Aurinkosähköjärjestelmän teho. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)>. Päivitetty 2.8.2022. Luettu 8.1.2023.
- 9 Tuoteluettelo Sofar Solar. 2022. Tuotetiedosto. Sofar Solar.
- 10 Delta kalteville kattopinnoille asennus. Tuotetiedosto. Orima Oy. Julkaistu 23.6.2022. Luettu 2.1.2023.
- 11 Oomi Oy:n aurinkosähköjärjestelmän yleiset toimitusehdot. Yrityksen sisäinen asiakirja. Luettu 14.12.2022.
- 12 Aurinkosähköjärjestelmät. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmät>>. Luettu 8.1.2023.
- 13 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.
- 14 Tiivistelmä ZnShine Solar aurinkopaneelille ZXM7-SHLDD108-400. 2022. Tuotetiedosto. ZnShine Solar.

- 15 Aurinkosähköinvertterin käyttö ja asennusohje. 2018. Tuotetiedosto. Sofar Solar.
- 16 SFS 6000-7-712:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät. 2022. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- 17 Palosuojalevy. Tuotetiedosto. Nordic Sun.
- 18 SFS-EN IEC 60445:2021. Perus- ja turvallisuusperiaatteet ihmisen ja koneen väliselle rajapinnalle, merkinnöille ja tunnistamiselle. Laiteliittimien, johdinpäiden ja johtimien tunnistaminen. 2021. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- 19 Auringosta sähköä. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)>. Päivitetty 2.8.2022. Luettu 8.1.2023.
- 20 Aurinkosähköjärjestelmän asennusohje B2B (Laadunvarmistusasiakirja). Yrityksen sisäinen asiakirja. Oomi Oy.
- 21 Suojaputket. Verkkoaineisto. Aurinkovirta. <<https://aurinkovirta.fi/suojaputket/>>. Luettu 10.1.2023.
- 22 Ohjeita sähköasennuksesta sähköasentajalle. Verkkoaineisto. Aurinkovirta. <<https://aurinkovirta.fi/ohjeita-sahkoasennuksesta/>>. Luettu 10.1.2023.
- 23 IEC 62548:2016:fi. Aurinkosähköpaneelistot. 2016. Suunnitteluvaatimukset. International Electrotechnical Commission.
- 24 SFS 6000-1:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. 2022. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- 25 SFS-EN 62446-1:2016. Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1: Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönotto ja tarkastus. 2016. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- 26 Lupa-asiat. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/ennen\\_jarjestelman\\_hankintaa/lupa-asiat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/lupa-asiat)>. Päivitetty 2.8.2023. Luettu 16.1.2023.
- 27 Pientuotannon yleistietolomake verkonhaltijoiden käyttöön. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry.

<[https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/pientuotannon\\_yleistietolomake\\_verkonhaltijoiden\\_kayttoon.html](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/pientuotannon_yleistietolomake_verkonhaltijoiden_kayttoon.html)>. Julkaistu 25.6.2019.

## Mallikuva aurinkopaneelikentän asennusetäisyyksistä








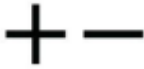
Mallikuvassa on esitetty aurinkopaneelikentälle asetetut vähimmäisetäisyydet katolla [5].



Kuva 1. Aurinkopaneelikentän vähimmäisetäisyydet katolla [5].

## Invertterin valmistajan merkinnät, huomautukset, vaarat ja varoitukset

Sofar Solar 3.3K-12KTL-X -sarjan invertterin valmistajan asennusohjeiden mukaiset huomiot, vaarat ja varoitukset, jotka huomioitava asennuksella [15].

	Invertteriin jää jäännösjännite! Ennen laitteiston avaamista tulee odottaa 5 minuuttia jotta kapasitanssi on purkautunut kokonaisuudessaan.
	Varo korkeaa jännitettä.
	Varo korkeita lämpötiloja.
	Täyttää eurooppalaiset vaatimukset.
	Maadoituspiste.
	Sallittu lämpötila-alue.
	IEC-standardin, 70-1 (EN 60529 Kesäkuu 1997), mukainen suojausluokka.
	Tulojännitteen (DC) positiivinen ja negatiivinen napa.

	Ennen sähköliitännän suorittamista, peitä aurinkopaneelit tai katkaise järjestelmä DC-kytkimestä. Altistuessaan auringolle järjestelmä tuottaa vaarallisen jännitteen.
<b>Vaara</b>	
	Vain ammattilainen saa suorittaa kytkennät! -Asentajan tulee olla koulutettu. -Asentajan tulee lukea ja ymmärtää ohjeet.
<b>Varoitus</b>	
	Invertterin saa ottaa käyttöön vasta kun kaikki tarvittavat luvat on saatu, ja ammattilainen on suorittanut kytkennät.
<b>Huomio</b>	
	Laite koostuu kahdesta kotelosta. Älä poista käsittelyn estävää merkintää tai avaa ulompaa kuorta. Muutoin takuu raukeaa.
<b>Huomaa</b>	
	Terminaaleihin tai sähköverkkoon koskeminen voi johtaa kuolemaan tai tulipaloon! -Älä koske terminaaliin tai johtimeen joka on yhteydessä sähköverkkoon. -Kiinnitä huomiota sähkökytkentöjen turvallisuusvaatimuksiin.
<b>Vaara</b>	
	Jotkut sisäiset osat kuumenevat käytön aikana, käytä suojakäsineitä!
<b>Huomio</b>	
	Kytke laite irti aurinkopaneeleista ja verkkovirrasta ennen korjaustöitä. Ennen korjausta ja ylläpitotoimia tulee katkaista virta AC-kytkimestä ja DC-kytkimestä sekä odottaa 5 minuuttia.
<b>Vaara</b>	
	-Invertterin tulisi toimia taas vian poistamisen jälkeen, ota yhteys huoltoon mikäli laite ei edelleenkään toimi. -Älä avaa invertterin sisäisiä komponentteja ilman valtuutusta. Valmistaja ei ole vastuussa väärän käsittelyn aiheuttamista vioista.
<b>Huomio</b>	
	Invertterin elektromagneettinen säteily voi olla terveydelle haitallista! -Älä oleskele 20cm sisällä laitteesta käytön aikana.
<b>Vaara</b>	
	Kuumat osat voivat aiheuttaa palovammoja! -Käytön aikana tulee koskettaa ainoastaan näyttöä sekä painikkeita.
<b>Varo</b>	
	Laitteisto tulee maadoittaa paikallisten säädösten mukaisesti. -Suoja itsesi ja omaisuutesi huolehtimalla että laitteiston osat on maadoitettu asianmukaisesti.
<b>Huomio</b>	
	Tulopuolen DC-jännite ei saa ylittää maksimiarvoa. Ylijännite voi aiheuttaa pysyviä vaurioita joita takuu ei kata.
<b>Varoitus</b>	

Kuva 2. Invertterin valmistajan antamat huomiot, vaarat ja varoitukset [15].