



Janne Kangas

Aurinkosähkövoimalan rakennuttaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

31.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Janne Kangas
Otsikko: Aurinkovoimalan rakennuttaminen
Sivumäärä: 29 sivua + 3 liitettä
Aika: 31.5.2023

Tutkinto: insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: talotekniikka
Ammatillinen pääaine: kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja: lehtori Jarmo Nurmio

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää aurinkovoimalan rakennuttamisen eri vaiheet ja vaadittavat luvat. Aurinkovoimalan rakentamisen lupiin on tullut muutoksia lakimuutosten myötä. Lupamuutokset eivät vielä näy toteutuksessa.

Työssä pyritään kertomaan selkein ohjeistuksin suunnittelun tarpeesta, mitoituksesta ja muista vaikuttavista tekijöistä, selvitetään mahdolliset tukimuodot eri toteutustavoille, sekä eri aurinkovoimalan komponentit ja niiden kytkennät, vaadittavat tarkastukset ja ilmoitukset ennen käyttöönottoa. Lisäksi selvitetään minkä tyyppisiä aurinkovoimalan toteutusvaihtoehtoja on saatavilla.

Insinööriyössä lasketaan vuosituotto aurinkovoimalalle sekä tuoton avulla lasketaan takaisinmaksuaika kilpailutetulle aurinkovoimalle.

Lopuksi arvioidaan, millainen tulevaisuus aurinkoenergialla on ja millaisia tekniikkoja on kehitteillä. Työssä esitetään myös näkemyksiä aurinkoenergian käytettävyydestä ja tarpeesta.

Lopputuloksena on seikkaperäinen raportti aurinkovoimalan rakennuttamisesta

Avainsanat: aurinkovoimala, aurinkopaneeli, aurinkosähköjärjestelmä, rakennuttaminen, uusiutuvaenergia, sähkön pientuotanto

Abstract

Author: Janne Kangas
Title: Construction of Solar Power Plant
Number of Pages: 29 pages + 3 appendices
Date: 31 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: Property Management
Supervisor: Jarmo Nurmio, Senior Lecturer

The purpose of the final year project was to identify the stages of the construction of a solar power plant and list the required permits as there have been changes in the permits due to changes in legislation. However, the permission changes are not yet visible in the implementation.

The report aimed at providing clear instructions about the need for planning, sizing and other influencing factors and find out the possible forms of support for different implementing agencies. The solar power plant components and their connections were introduced and required inspections and notifications before commissioning listed. An explanation of the types of solar power plant implementation options available was given.

In the thesis, the annual yield of a solar power plant was calculated, and the payback period for the tendered solar power was then calculated using the yield.

Finally, the future of solar energy was assessed, and the kind of technology that is being developed was listed. In summary, views on the availability and need for solar energy were given.

The end result was a detailed report on the construction of a solar power plant.

Keywords: solar power plant, solar panel, solar power system, construction, renewable energy, small-scale production of electricity

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkovoimalan rakennuttaminen	2
2.1	Kartoitus	2
2.2	Aurinkovoimalan mitoitus	3
2.3	Suunnittelu	4
2.3.1	Luvanvaraisuus	6
2.3.2	Standardit, määräykset ja ohjeet	7
2.4	Hankinta	7
2.4.1	Hankintatuki	8
2.4.2	Kannattavuuslaskelma	9
2.5	Toteutus	13
2.5.1	Aurinkopaneelit	13
2.5.2	Kaapelointi	15
2.5.3	Invertteri	17
2.5.4	Kannakkeet	18
2.5.5	Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto	23
3	Toteutusvaihtoehtoja	23
3.1	Sähköverkkoon liitetty järjestelmä (on-grid)	23
3.2	Sähköverkosta irti oleva järjestelmä (off-grid)	24
3.3	Hybridijärjestelmä	24
4	Tulevaisuus	24
5	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1: Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskelma

Liite 2: Tarjous 10 kWp aurinkovoimala

Liite 3: Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottopöytäkirja

Lyhenteet ja käsitteet

atsimuutti: Aurinkopaneelien suuntaus, 0 on etelään, -90 astetta itään, +90 astetta länteen. Suurin mahdollinen tuotto saavutetaan asennettaessa aurinkopaneelit etelänsuuntaan.

aurinkoenergia:

energia, jota kerätään auringon säteistä. Auringon säteilyenergian määrä vaihtelee eri osissa maapalloa.

aurinkokenno:

kenno, jolla auringon säteily muunnetaan sähköenergiaksi. Aurinkopaneeli koostuu useasta kennosta. Yleisimpiä materiaaleja ovat piin eri muodot, sekä uutena materiaalina perovskiitti.

aurinkosähköjärjestelmä:

rakennukseen tai sen välittömään läheisyyteen sijoitettuja aurinkosähköä tuottavia kennoja ja niiden tuottaman sähkönsiirto- ja varastointijärjestelmä rakennuksen sisällä.

invertteri: laite, joka muuntaa tasavirtaa vaihtovirraksi.

kWh: kilowattitunti

oma käyttö: osa tuotetusta aurinkosähköstä, joka saadaan kulutettua samassa kiinteistössä.

perovskiitti: mineraali, joka koostuu kalsiumtitanaatista. Perovskiittikennot nähdään uutena lupaavana materiaalina tulevaisuuden aurinkokennoissa. Perovskiiteillä on ferrosähköisiä ominaisuuksia.

slope: Paneelien asennuskulma

spot-hinta: todellinen, tuntikohtainen sähkön hinta. Se säätelee Suomessa myytävän sähkön hintaa. Spot-hinta muuttuu päivittäin, siihen vaikuttaa sähkön kysyntä ja tarjonta

Wp tai kWp: huipputeho, joka ilmoitetaan tietylle tilanteelle. Yleensä koko järjestelmän hetkellinen huipputeho, joka voidaan saavuttaa kirkkaimman auringonpaisteen aikana optimaalisissa olosuhteissa

1 Johdanto

Insinööriyössä käyn läpi aurinkopaneeleista koostuvan sähköntuotantolaitoksen rakennuttaminen vaiheittain. Uusiutuvat energiamuodot ovat nykypäivänä hyvin tärkeä osa energian tuotantoa. Kehittämällä uusiutuvan energian tuotantoa voidaan hillitä hiilidioksidipäästöjä ja vähentää kasvihuonekaasujen aiheuttamaa maapallon lämpenemistä. Kuitenkin ennen aurinkosähköjärjestelmän hankintaa on otettava huomioon useita asioita. Yhtä tärkeää kuin suunnittelu on mitoitus ja kannattavuuden arviointi ennen järjestelmän hankintaa. Kaikissa tapauksissa ei kannattavuus ole välttämättä hyvä, ja takaisinmaksuaika voi olla pitkä. Ylijäämänsähkön myynissä on omat vaatimuksensa, ja se eroaa monella tapaa sähkön ostamisesta. On myös hyvä selvittää, millainen verotus myynnistä seuraa ja millä hintaa sähköyhtiö ostaa sähköä ja ovatko ylipäättänsä valmiita ostamaan.

Sähköverkossa pitää olla aina tasapaino, eli tuotantoa pitää olla saman verran kuin käyttöä, näin ollen aurinkoenergia ei voi koskaan olla pääasiallinen energiantuotantomuoto, ellei sähkön varastointiongelmia saada ratkaistua. Yksi tapa varastoida sähkö olisi tuottaa aurinkoenergialla tuotetulla sähköllä vetyä, ja kun aurinko ei paista, voidaan vedyllä tuottaa sähköä ilman haitallisia päästöjä. Aurinkoenergia soveltuu hyväksi lisäksi rakentaessa nollaenergiataloja, sillä tuotetaan lähes kaikki energiat mitä rakennus käyttää. Pienempien rakennusten kuten omakotitalojen osalta voisi ajatella käytettävän rakennuksessa akkuja energian varastointiin. Akut luovuttaisivat sähköä käytettäväksi ei tuottavalla ajanjaksolla, kuten yöllä ja pilvisellä kelillä. Energian varastointiin on vielä aika vähän mahdollisuuksia. Yksi mahdollisuus on myös virtuaaliakku. Virtuaaliakun käyttö pienentää tuottoa, koska virtuaaliakun käytöstä syntyy kustannuksia.

2 Aurinkovoimalan rakennuttaminen

2.1 Kartoitus

Kohteeseen tehtävä kartoitus sisältää seuraavia osioita. Katon kantavuuden selvitys, kattokulman määrittäminen, katon rakennusmateriaalin määrittämien (pelti, tiili, huopa), katon suunnan eli atsimuutin "azimuth", suunnan määrittämisessä 0 astetta on etelään, -90 astetta itään ja 90 astetta länteen. Aurinkopaneeleita ei kannata asentaa pohjoisen suuntaan huonon tuoton vuoksi. Näiden lisäksi on selvitettävä rakennuksessa toimiva sähköverkon siirtokapasiteetti, sähkökeskuksen pääsulakekoko, sähköä siirtoa varten etsiä sopiva sähkökeskus, johon invertteri voidaan kytkeä syöttämään tuotettu sähkö, sähköä kulutus-tietojen pyytäminen sähköyhtiöltä mitoitusta varten. On tehtävä selvitys nykyisestä käytössä olevasta sähkömittarista. Toimiiko sähkömittari kahteen suuntaan, eli mittaa sekä ostettua että myytyä sähköä? Mittarista tehdään ilmoitus sähköverkkoyhtiölle ja selvitys siitä ostaako sähköyhtiö ylijäämänsähköä. Sähköä ostohinta on myös hyvä selvittää ennakkoon, jotta kannattavuuden saa lasketua mahdollisimman tarkasti.

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu seuraavista pääkomponenteista:

- aurinkopaneelit
- kiinnitysjärjestelmä
- kaapelointi
- verkkoinvertteri
- erotuskytkin.

Kaikkia komponentteja tarvitaan ja jokainen komponentti pitää suunnitella ja mitoitaa huolellisesti.

2.2 Aurinkovoimalan mitoitus

Mitoitustapoja on useita pelkästään laskentaan perustuvia mitoitustapoja. Alla lueteltu sähkön käyttöön liittyviä mitoitustapoja. Tämän lisäksi on myös ei-laskennallisia mitoitustapoja, esimerkiksi visuaalinen ilme voi määrittää paneelien lukumäärän. Seuraavat mitoitustavat ovat käytössä:

- rakennuksen pohjakulutukseen perustuva mitoitus
- rakennuksen keskimääräinen tai enimmäiskulutus kesällä
- kaikki kulutetaan, mitä tuotetaan, eli nollaenergiamitoitus
- sähköenergian omavaraisuus, ei ostoenergiaa.

Pohjakulutukseen perustuva mitoitus tarkoittaa, että paneelien yhteenlaskettu nimellisteho saa olla enintään yhtä suuri kuin kohteen pohjakulutus päiväsaikaan. Pohjakulutuksella tarkoitetaan pienintä jatkuvaa sähkötehotarvetta päiväsaikaan. Yöllä pohjakulutus voi olla pienempi kuin sähköpaneelien nimellisteho. Tällä mitoituksella mahdollistetaan sähkön kulutus paikan päällä hyvin tehokkaasti. Vältetään ostoenergian käyttöä tehokkaasti. Tämä mitoitus ei ole hyvä kotitalouksissa ja ei kata hyvin vuotuista kulutusta. Mitoitusmalli toimiiikin paremmin toimistorakennuksissa, joissa käyttö on suurempaa päivisin ja kulutusta voidaan ohjata tehokkaasti päivään.

Keskimääräiseen perustuva mitoitus lasketaan enimmäiskulutuksesta kesällä. Tällä mitoitustavalla saadaan katettua merkittävä osa vuosittaisesta sähkönkulutuksesta, mutta tuotetaan enemmän ylijäämäsähköä. Ylijäämäsähkön tuottaminen ei nykypäivänä pienennä merkittävästi kannattavuutta. Nykyisillä energian hinnoilla on myös kannattavaa myydä tuotettua sähköä.

Nollaenergiamitoituksella tarkoitetaan järjestelmän mitoitusta kohteen vuosikulutuksen mukaan ja pyrkimyksenä tuottaa yhtä paljon sähköä, kun on vuosittainen kulutus. Koska aurinkosähkön tuotantoaika on lyhempi kuin kulutusaika, tulee kesäkaudella runsaasti ylituotantoa. Tähän mitoitukseen tarvitaan tarkat vuosikulutustiedot ja tarkat arviot paneelien vuosituotannosta.

Nykytilanteessa on tullut myös muita mitoitukseen vaikuttavia tekijöitä. Kulutukseen perustuvat mitoitukset ovat jäämässä pois, ja tilalle on tullut muita perusteita:

- maksimaalinen taloudellinen tuotto
- selkeä varjostamaton pinta-ala
- visuaalinen ilme katolla
- sähkön tuoton maksimointi
- aurinkosähköjärjestelmän hankintaan käytettävä budjetti.

Yleisimmin käytettyjä mitoitustapoja ovat edelleen käyttöön liittyvä mitoitus. Nykytilanteessa on mukaan tullut myös taloudellisen kannattavuuden maksimointi. Edelleenkin pyritään välttämään sähkön myymistä, koska se ei ole niin kannattavaa kuin itse käytettynä. Korkean pörssisähköhinnan aikana voi saada hyvän korvauksen sähkön myynnistä, ja tämä parantaa kannattavuutta sekä mahdollistaa järjestelmän mitoittamisen tarvetta suuremmaksi. [1.]

2.3 Suunnittelu

Aurinkosähköjärjestelmä vaatii monenlaista suunnittelua. Suunnittelun pohjaksi tulee selvittää kohteen aurinkoenergiapotentiaali. Potentiaalin arvioinnissa otetaan huomioon paikalliset varjostukset.

Katon kantavuuden selvitys ja asennustelineiden valinta. Osa katoista ei kanna aurinkopaneeleista tulevaa kuormaa, mutta tämä on hyvin epätodennäköistä. On myös otettava huomioon lumen paino ja paneelin kuormituksenkesto. Aurinkopaneelien tyypillinen kuormituksenkesto on noin 5,4 kN/ m². Ongelma kantavuuden kanssa lähinnä on tasakattoisissa rakennuksissa. Tasakattoisessa asennuksessa käytetään aurinkopaneelien telineissä painoja, kun taas harjakattoisissa toteutuksissa aurinkopaneelitelinet ruuvataan kattotuoleihin tai muuhun kantavaan rakenteeseen kiinni ja on näin rakenteeltaan keveämpi. Tasakattolle asennettaessa on myös otettava tarkemmin huomioon tuulen vaikutus aurinkopaneelin, koska aurinkopaneeli on irti katosta ja aurinkopaneelin alle

pääsee tuuli. Tuuli aiheuttaa nostetta ja tähän tarvitaan lisäpainoja sekä tuulen ohjaus peltejä. Harjakatolle asennettaessa aurinkopaneeli tulee lähemmäs kattoa ja tuulen nostetta ei tarvitse ottaa huomioon. Aurinkopaneelin ja katon väli on lyhyt harjakatolle asennettaessa. Heikkoutena harjakatolle asennettaessa on se, ettei paneelin asennuskulmaan pystytä vaikuttamaan kuten tasakatolle asennettaessa.

Sähkösuunnittelu on myös hyvin tärkeä. Liian suuri aurinkosähköjärjestelmä voi aiheuttaa paloriskiä kuumentamalla johtoja. Jos rakennuksessa on käytössä liian pieni syöttökaapeli ja pääsulakkeet pääkeskuksella, tämä estää riittävän suuren aurinkosähköjärjestelmän asennuksen, vaikka kulutus antaisi mahdollisuuden suuremman järjestelmän asennukseen. Sähköjärjestelmän pääkomponentit on käytävä läpi, jotta saadaan varmuus sähköjärjestelmän riittävästä aurinkosähköjärjestelmää varten.

Paneelien suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

- suuntaus
- kallistuskulma
- varjostavat elementit
- luotettava kiinnitys
- läpivientien vesitiiviys
- huollettavuus
- tuulikuormat
- lumikuormat
- lumenpoisto katolta
- asennus ei saa estää veden poistumista katolta tai aiheuttaa vettä kerääviä painumia kattomateriaaliin.

Nämä asiat tulee suunnitella ja miettiä ratkaisut ennen asennuksen aloittamista.

2.3.1 Luvanvaraisuus

Aurinkosähköjärjestelmän lupakäytäntö voi vaihdella sen mukaan, mihin ja millaiseen kohteeseen aurinkopaneelit asennetaan. Viimeisimmän lakimuutoksen maankäyttö- ja rakennuslain osalta vain kaupunkikuvaan merkittävästi vaikuttava järjestelmän asentaminen vaatisi toimenpideluvan. Tähän on myös poikkeuksia, ja ne ovat suojellut rakennukset ja suuret järjestelmät. Suojellut rakennukset käsitellään tapauskohtaisesti käyttäen harkintaa. Luvanvaraisuuden osalta on kuitenkin kaupunki ja kuntakohtaisia poikkeuksia. Jokainen kaupunki ja kunta määrittää lupa-asiat itse, vaikka siihen ei olisi edellytyksiä. [2.]

Eri kunnilla ja kaupungeilla on vaihteleva lupakäytäntö koskien aurinkopaneelien asennusta. Esimerkiksi Helsingin kaupunki rakennusvalvonnan verkkosivuilla on mainittu, ettei aina tarvita toimenpidelupaa. Asennus on tehtävä huolella, ja se ei saa vaikuttaa merkittävästi julkisivuun. Toteutuksen on oltava sellainen, että se soveltuu kaupunkikuvaan, eikä näy silmiinpistävästi. Espoon kaupungilta pitää hakea toimenpidelupa, jos asennus vaikuttaa merkittävästi kaupunkikuvaan tai ympäristöön. Kyseisen toimenpiteen hakemiseen on määritetty kiinteä hinta 370 €. Tässäkin jää tulkinnanvaraiseksi, milloin rakennelma vaikuttaa merkittävästi ympäristöön tai kaupunkikuvaan.

Tiedossani on, että Tampereen rakennusvalvonnalta on aina haettava toimenpidelupa aurinkopaneelien asennusta varten. Tämä ei kuitenkaan ole käytäntönä kaikissa kaupungeissa tai kunnissa.

Turun kaupungin verkkosivuilta löytyy erillinen ohjeistus: Aurinkopaneelit, ilmalämpöpumput sekä muut tekniset laitteet. Tämäkin ohjeistus on hyvin tulkinnanvarainen ja jättää rakennuttajalle epävarmuuden siitä onko rakentaminen luvanvaraista vai ei.

Oulun kaupungin verkkosivujen rakennusvalvonnan osiossa on selkein ohjeistus. Oululla on selvitysteni perusteella parhain ohjeistus. Aurinkopaneelien asennusta varten vaaditaan aina lupa ja ilmoitetaan selkeästi, mitä liitteitä

tarvitaan sekä millaisia ammattilaisia rakentamiseen vaaditaan. Sivustolta löytyy myös kattavasti ohjeita toteutukseen ja suunnitteluun. [3.]

Ensimmäisellä kerralla rakennettaessa aurinkovoimala on syytä asia varmistaa kunkin kunnan ja kaupungin rakennusvalvonnalta. Jatkossa voi soveltaa saatua ohjeistusta kyseisen kunnan tai kaupungin alueella, kun rakentaa seuraavaa aurinkovoimalaa.

2.3.2 Standardit, määräykset ja ohjeet

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa on noudattava hyvää rakennustapaa varsinkin katolle asentaessa, jotta katolle ei synny vuotoriskejä. Sähköasennuksissa on noudatettava sähköasennuksen lakeja, asetuksia ja standarteja. Aurinkosähköjärjestelmän kytkennän saa tehdä vain sähköalan ammattilainen.

SFS 62446-1 -standardi määrittää aurinkosähköjärjestelmän vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. SFS 62446-1 -standardi käsittelee valmista järjestelmää.

2.4 Hankinta

Tällä hetkellä aurinkopaneelikauppa on ylikuumentunut, ja markkinoilla on monenlaisia toimijoita. Luotettavan toimittajan valinta onkin hyvin haastavaa. Hintavaihtelua asennetussa järjestelmissä ainakin omakotikokoluokassa on suuri. Toisaalta kilpailutusta on helppo tehdä internetin kautta, ja toimittajat tulevat tekemään tarjouksen kotiin. Isompien järjestelmien kilpailutus on hiukan haastavampaa.

Pyysin kolme tarjoustta 10 kWp:n aurinkovoimalasta sisältäen kaikki tarvikkeet ja asennuksen. Hintaväli oli 12 290–15 750 €. Koska kysyin tarjouksia yksityishenkilönä, ilmoittivat tarjoajat mahdollisen kotitalousvähennykseen oikeuttavan määrän tarjouksissaan. Kotitalousvähennysmäärä on sama kuin asennushinta. Asennushinnat olivat 4 872–6 300 €. Kaikki hinnat sisältävät alv 24 %:n

osuuden. Tarjouksissa oli eritehoisia aurinkopaneeleita, tarjous 1. hinta 14 365 € sisälsi 375 Wp:n paneeleita 26 kpl, tarjous 2. 15 750 € sisälsi 400 Wp:n paneeleita 26 kpl ja tarjous 3, 12 290 € sisälsi 420 Wp:n paneeleita 24 kpl. Kaksi tarjoajaa tarjosi Sofar Solar 11 KTLX-G3:a invertterillä, ja yksi tarjous sisälsi Growatt 10kW -hybridi-invertterin. Muulta osin tarjousten sisällöt olivat lähes samat. Tarjousten voimassaoloaika oli kaikilla lyhyt.

2.4.1 Hankintatuki

Omakoteihin asennettaessa on työn osuudesta saatavilla kotitalousvähennys mikä pienentää kokonaishankintahintaa. Aurinkosähköjärjestelmän asennuksesta voi vähentää kotitalousvähennyksenä 40 prosenttia koko asennushinnasta, jos työn tekee ennakkoperintärekisteriin merkitty yritys tai yrittäjä. Omavastuuosuus kotitalousvähennyksessä on 100 euroa.

Kaiken kokoiset yritykset ja yhteisöt mihin kuuluu mm. kiinteistöosakeyhtiöt, voivat hakea Business Finlandilta tukea. Vuonna 2022 tuki on ollut 20 % investoinnin kokonaiskustannuksista. Vuonna 2023 tuki on 15 %. Alle 10 000 €:n investoinnille ei saa tukea. Asennuksia tai sopimuksia ei saa tehdä ennen tukipäätöstä, hankkeelle ei saa tulla kuluja ennen päätöstä.

Asunto-osakeyhtiöt ja omakotitalojen omistajat voivat hakea ARAn, eli Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen myöntämää energia-avustusta. Asunto-osakeyhtiö tai omakotitalon henkilöomistajat eivät voi hakea Business Finlandilta tukea. Tällä hetkellä taloyhtiöt ja omakotitalon omistavat henkilöasiakkaat voivat saada tukea (ARA:lta) lähinnä energiatehokkuutta parantaviin korjaushankkeisiin. Avustusta maksetaan korjaushankkeisiin, joiden tarkoitus on parantaa asuinrakennuksen energiatehokkuutta. Avustusta voi saada aurinkoenergian hyödyntämiseen käytettäviin laitteistoihin, kuten aurinkopaneeleihin ja tarvittaviin kaapelointeihin. Avustuksen määrä riippuu siitä, millaisia energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä tehdään. Esimerkiksi pelkän aurinkoenergiajärjestelmän asennuksesta sekä tarvikkeista saa noin 25 % tuen ilman kattoremonttia, mutta kattoremontin yhteydessä tuki on noin 10 % sisältäen myös

katon kunnostuksen osuuden. Avustusta voi saada maksimissaan noin 4 000 tai 6 000 euroa asuntoa kohden riippuen siitä, paljonko energiatehokkuus paranee. Samanaikaisesti ei voi saada kotitalousvähennystä ja ARA:n avustusta. ARA:n sivuilla on esimerkkilaskelmia ja ohjeita avustuksien hakemiseen. Energia-avustuksen piiriin kuuluu 20 eri energiatehokkuutta parantavaa korjaustoimenpidettä. Lisää infoa löytyy ARA:n sivuilta. [4.]

2.4.2 Kannattavuuslaskelma

Kuinka kauan kestää maksaa investointi takaisin? Tämä riippuu siitä, mikä on sähkön perushinta ja sähkönsiirtohintaa. Nykyisellä sähkönhinnalla kannattavuus on hyvin korkea, vaikka paneelien hinnat ja asennushinnat ovat nousseet merkittävästi. Tällä hetkellä on jopa suositeltavaa ylimitoittaa aurinkosähköjärjestelmä yli oman tarpeen.

Suomen sähkön hinta vuonna 2022 on ollut ennätysellisen korkealla. Keskihinta Suomessa on ollut 154 euroa megawattitunnilta. Tämä on 15,4 snt/kWh. [5.] Vuosi 2023 alkoi sähkön osalta laskevassa hintatasossa ja ennustetaan, että hinta tulee tippumaan kesällä 2023 melkein samaan kuin ennen energiakriisiä. Sähkön arvonlisävero on laskettu määräajaksi 10 prosenttiin ajalla 1.12.2022–30.4.2023. Tämä jälkeen arvonlisävero muuttuu oletettavasti takaisin 24 prosenttiin. Laskelmissa käytän normaalia 24 prosentin arvonlisäverokantaa. Pörssisähkön keskihinta helmikuussa 2023 on 8,019 snt/kWh (alv 0 %) Lasken takaisinmaksuajan käyttäen helmikuun 2023 pörssisähkön hintaa. [6.]

Sähkön siirto hinnassa on alueellisia vaihteluita. Halvin siirtohintaa vuonna 2022 energiaviraston tilastojen perusteella on Keravan Energia Oy:llä 4,94 snt/kWh ja kallein siirtomaksu vuonna 2022 oli Kajave Oy (Kajaani) 10,41 snt/kWh. Kaikkien Suomen verkkoyhtiöiden keskimääräinen siirtohintaa joulukuussa 2022 oli 7,13 snt/kWh. Käytän tätä arvoa tuottolaskelmassa. Taulukosta on valittu L1 tyyppikäyttäjän määritystä pientalo, huonekohtainen, sähköinen lattialämmitys, sähkön käyttö arviolta 18 000 kWh/vuosi, pääsulakkeiden koko 3x25 ampeeria, [7.]

Tutkittuani eri sähköyhtiöiden tuotetun sähkön ostohintaa olivat kaikki tutkimani sähköyhtiöt siirtyneet kiinteästä ostohinnasta käyttämään tunti spot -hintaa. ”Maksamme verkkoon syöttämästäsi kilowattitunnista suomen hinta-alueen tunti spot-hinnan” (Helen). Hinta on siis sama kuin ostohinta, jos sähkösopimus on sidottu pörssisähköön. Tämän lisäksi eri sähköyhtiöt ottavat erisuuruisia kuu-kausimaksuja ja välityspalkkioita. Siirtomaksu ei koske vielä tällä hetkellä myytyä sähköä. Koko vuoden 2022 spot-sähkön keskihinta oli arvonlisäverottomana 15,41 snt/kWh. [8.] Pörssisähkön keskihinta helmikuussa 2023 on 8,019 snt/kWh (alv 0 %). Lasken myytävän sähkön samalla hinnalla kuin ostetun sähkön. [6.]

Takaisinmaksuajan laskeminen yksinkertaisimmillaan on laskea arvioidun vuosituoton perusteella omalla sähkön käytöllä saavutettu säästö plus ylituotannon myyty sähkö. Yhteissumma jaetaan aurinkovoimalan perustamiskustannuksella, tällä laskelmalla saadaan arvioitua suora takaisinmaksuaika, jos hinnat eivät muutu seuraavien vuosien aikana, eikä huomioon oteta ylläpitokustannuksia. Laskennassa käytän helmikuun pörssisähkön hintaa. Hinnat määritetty ylempänä olevissa kappaleissa. Laskennassa ja aurinkopaneeli kentän koon määrittämisessä käytän rakennusta, jossa on sähkölämmitys, pääsulake 3x25 A, sähkön käyttö 18 000 kWh/vuosi. Kyseiseen rakennukseen mitoitin aurinkovoimalan sen mukaan, kuinka paljon aurinkopaneeleita mahtuu länteen suuntaavalle lappeelle. Täysin sähkön vuosikulutusmäärää vastaava aurinkopaneelimäärä ei sovi lappeelle.

Sähkön tuottomäärän arvion voi käydä laskemassa internetistä löytyvällä laskurilla. Laskuri on nimeltään Photovoltaic geographical information systems (PVGIS). Laskurin käyttö on hiukan haastavaa, mutta siihen löytyy ohjeita. [9.] Ohjeet ovat Aurinkosähkö kotiin -sivustolta. [10.] Laskennassa voidaan käyttää myös kiinteää säteilymääräarvoa. Etelä-Suomessa säteilymäärä vuodessa Ilmatieteen laitoksen tutkimusten mukaan vaakasuoralle pinnalle on noin 980 kWh/m², kun aurinkopaneeli suunnataan optimaalisesti 45 asteen kulmaan etelän suuntaan. Optimaalisella suuntauksella voidaan säteilyn määrä lisätä vuositasolla noin 20–30 prosenttia. [11.]

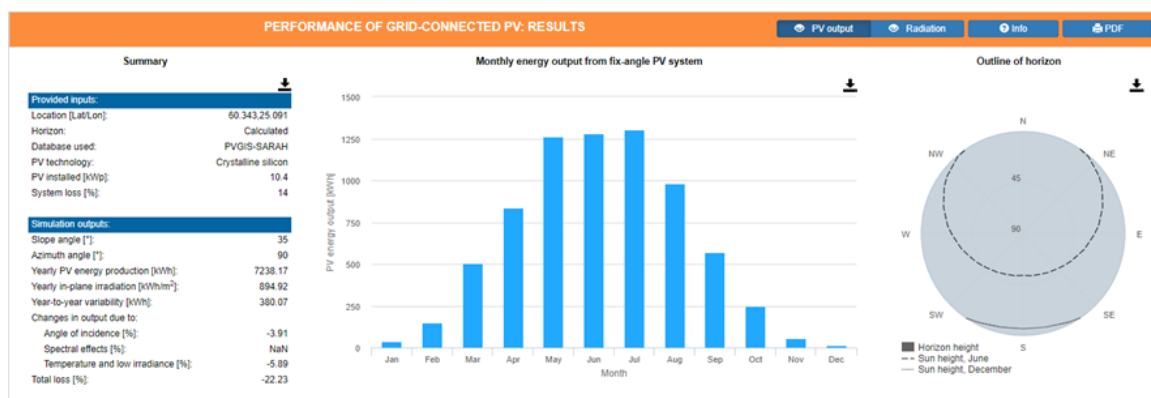
Arviolaskelmassa rakennuksen lape ei ole yhtenäinen, ja tämä pienentää aurinkopaneelien määrää. Katon lappeen suunta on länteen. Oikein tarkkaan sovitamalla saadaan kahdelle lappeelle mahtumaan noin 10 kWp:n kenttä, aurinkopaneelikenttä pinta-alaltaan 54 m². Kustannusarvio 10 kWp:n kentälle asennettuna on 12 290 €. Sähkön tuottoennusteen lasken (PVGIS) -laskurilla. [8.] Aurinkopaneelit asennetaan kattokaltevuuden mukaan 35 asteen kulmaan länsilapelle. 10 kWp:n kentälle saa vuosituotoksi 7 238 kWh (kuva 1). Tuotetusta sähköstä käytetään itse 60 prosenttia ja myydään 40 prosenttia. Käyttöasteeseen voi vaikuttaa asentamalla älykästä ohjausta aurinkosähköjärjestelmään. Tällöin ohjataan sähkön käyttöä silloin, kun tuotto on suurin. Älykkäällä ohjauksella voidaan omakäyttöastetta nostaa 80 prosenttiin. Valitussa järjestelmässä ei ole mukana älykästä ohjausta, joten oman käytön osuudeksi arvioidaan olevan 60 prosenttia.

Aurinkopaneelikenttä tuottaa vuodessa omaan käyttöön 4 342,9 kWh ja tämä muutettuna euroiksi on oman käytön osuus kertaa yhteenlaskettu määrä siirtohinnoista, sähkön ostohinnasta, sähköverosta, huoltovarmuusmaksusta ja näihin lisättyä arvonlisävero 24 %. Sähkön tuotto on 4 342,9 kWh vuodessa kertaa (7,13 snt/kWh, siirto + 8,019 snt/kWh, sähkön hinta + 2,253 snt/kWh, huoltovarmuusmaksu) * alv 24 % = 21,578 snt/kWh. 4342 kWh*21,578 snt/kWh = 937,13 €. Täten aurinkosähköjärjestelmä säästää omalla käytöllä sähkölaskuissa 937,13 € vuodessa. Loppu sähkö 2 895,27 kWh myydään samalla helmikuun pörssisähköhinnalla 8,019 snt/kWh + alv 24 %. Tästä saadaan tuottoa 287,89 € vuodessa. Laskelmassa ei oteta huomioon sähköyhtiöiden perimiä palkkioita ja oletetaan myydyn sähkön osuus hyvitetävän ostettuna sähköinä. Yhteensä aurinkopaneelit tuottavat vuodessa 1 225,02 €.

Tarkempia laskelmia voi tehdä eri laskureilla. Laskureita voi ladata netistä Finansolarin nettisivuilta. Sivustolta löytyy useita eri laskureita liittyen aurinkoenergian kannattavuuden laskemiseen. Näitä ovat aurinkosähkön kannattavuuslaskuri, jota olen käyttänyt laskelmissani hiukan muutettuna, koska laskuri laskee hiukan väärin takaisinmaksuajan ja nettonykyarvon. Aurinkolämmön kannattavuus- ja mitoituslaskuri, tällä voi laskea lämpöenergian keräämisen tuoton ja

takaisinmaksuajan. Sun energia on nettipohjainen kaupallinen laskuri. Nämä olivat helpoimmat laskurit. [12.] Tarkka laskelma on tutkielman lopussa liitteessä 1. Karkeasti laskettuna takaisinmaksuaika 10 kWp:n aurinkovoimalalle, joka maksaa asennettuna noin 12 290 € olisi noin kymmenen vuotta. 12 290 €:n hankintahinta jaettuna vuosituotolla 1 225,02 € on 10 vuotta. Laskelmassa ei ole otettu huomioon aurinkopaneelien vuosituotannon heikkenemää, joka on noin 0,4 % toimintavuotta kohden, sähkön hinnan muutoksia, huoltokuluja ja lainakustannuksia.

Mikäli aurinkosähköjärjestelmän hankintaa joudutaan käyttämään lainarahaa, kannattavuus heikkenee kohonneiden korkokulujen vuoksi. Lainattaessa 12 290 €, 3,0 %:n vuosikorolla olisi takaisinmaksuaika noin 11 vuotta.



Kuva 1. 10 kWp -aurinkovoimalan vuosituottolaskelma länsisuuntaan asennettuna 35 asteen kulmaan.

Mahdollisuutena on myös käyttää virtuaaliakkua ylimääräisen tuotannon varastointiin. Virtuaaliakuissa on omat riskinsä sopimusten ja kustannuksien osalta. Virtuaaliakut ovat sopimusteknisiä tuotteita, eikä käytössä ole fyysisiä akkuja. Virtuaaliakussa energiayhtiö ”varastoi” tuottamasi sähkön, ja vajaatuoton aikana se luovuttaa saman verran energiaa takaisin, kuin akkuun on ladattu. Mahdollinen hyöty jää pieneksi, koska virtuaaliakuissa on kuukausimaksuja. Vaihtoehtona on myös rakentaa oma akkuvarasto. Akkuvarasto on investointina kallis, ja takaisinmaksuaika on pitkä, mutta tällä tavalla saa lähes kaiken tuotetun sähkön käytettyä itse, riippuen akun mitoituksesta. Omassa akussa ei ole

kuukausimaksuja tai muuta ylimääräisiä kuluja. 5 kWh akusto maksaa noin 5 000 € ja 10 kWh:n akusto noin 8 000 €. Ylituotanto ladataan akkuun, ja kun akku on täynnä, loput tuotetusta sähköstä menee myyntiin. Kun aurinko laskee tai tuotanto on vajaa, akku luovuttaa sähköä invertterin kautta käyttöön.

2.5 Toteutus

2.5.1 Aurinkopaneelit

Markkinoilla on useita eritehoisia aurinkopaneeleita. Paneelien teho ei ole viime vuosina merkittävästi kasvanut. Vertailllessani eri paneeleita teholtaan 370–450 Wp, huomasin, ettei tehokkaammalla paneelilla saanut pinta-alan suhteessa enempää tehoa 10 kWp:n paneelikenttään. Paneelien tarve oli 24–28 kpl riippuen paneelin tehosta. Kun laski koko kentän pinta-alan, sain yhteen lasketuksi alueeksi 51–52,2 m². Suurin peittoalue muodostui 450 watin paneelilla, eli tehokkaimmalla paneelilla. Tämä oli myös kooltaan suurin paneeli, joten teho ei kasvanut vaan paneelin koko on kasvanut suuremmaksi. 450 watin paneeli oli mitoiltaan korkeus 2 094 mm ja leveys 1 038, kun taas 375 watin paneeli on mitoiltaan 1 755 mm korkeus ja 1 038 leveys. Korkeudessa on eroa 339 mm.

Uusimmat markkinoille tulleet aurinkopaneelit 420–440 Wp sisältävät mikroinvertterin, eli paneeli muuttaa tuotetun sähkönsä suoraan 230 volttiin taajuudeltaan 50 hertsiä. Näitä paneeleita käyttäen varjostuma heikentää vain niiden paneelien tuottoa, joihin varjostuma kohdistuu. Kaikki paneelit ovat itsenäisiä yksiköitä. Paneelin koko on 1 835 mm korkeus ja 1 017 mm leveys. Myynnissä on edelleen normaaleja paneeleita, joissa ei ole mikroinvertteriä (kuva 2).



Kuva 2. Aurinkopaneeli varustettuna mikro-invertterillä.

Tällä hetkellä Suomen tehokkain tukkuliikkeestä heti saatava aurinkopaneeli on 500 Wp. On saatavilla myös 700 Wp:n paneeleita, mutta näitä ei löydy hyllytavarana. Paneeli on yli kaksi metriä korkea ja painaa 30 kiloa. Tehokkaimman aurinkopaneelin erikoisuutena on myös se, että paneeli tuottaa sähköä myös paneelin alapuolelta. Näin saadaan talteen heijastesäteet ja tämä on myös hyödyllinen maatalouteen asennettaessa.

Vähemmän Suomessa tunnettu, mutta auringosta energiaa kerääviä paneeleita on nestekiertoiset tai tyhjiötekniikalla toimivat aurinkokeräimet. Yleisempi on tyhjiöputkiaurinkokeräin. Nämä on tarkoitettu lämmityksen avuksi ja käyttöveden lämmittämiseen. Tyhjiöputkiaurinkokeräimet eivät tuota sähköä ja vaativat putkityksiä, lämmönsiirintä, pumppuyksikköä ja paisunta-astiaa toimiakseen. Yhden tyhjiöputkiaurinkokeräimen suurin lämmitysteho 1 034 W, jos auringon säteilyteho on 1000 W/m². Suomessa säteilyteho on noin 800 W/m². Tyhjiöputkiaurinkokeräimillä voidaan saavuttaa 60 %:n kustannussäästöt käyttöveden lämmityksessä ja noin 35 %:n säästö rakennuksen vesikiertoisessa lämmityksestä. Yleisesti tyhjiöputkiaurinkokeräimet mitoitetaan vesivaraajan ja asukasmäärän mukaan,

mutta voidaan käyttää myös yleismitoitusta 20 putkea / 250 l. Yhdessä tyhjiöputkikeräimessä on 20 putkea (kuva 3).



Kuva 3. Tyhjiöputkiaurinkokeräin

2.5.2 Kaapelointi

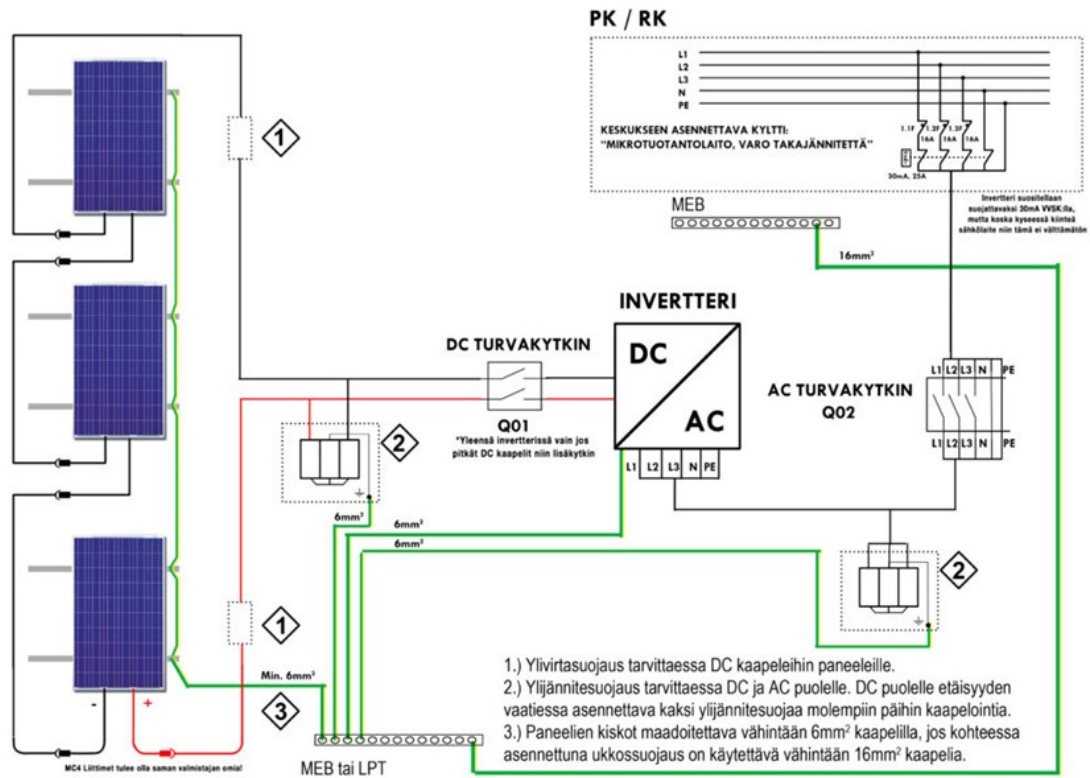
Aurinkopaneelit voidaan kytkeä sarjaan tai rinnakkain. Yleisimmin käytetty kytkentä on sarjaan, koska aurinkopaneelin jännitettä on nostettava. Aurinkosähköjärjestelmän on toimittava tietyllä jännitteellä, jotta invertteri toimisi hyvin.

Sarjaan kytkentä tarkoittaa paneelilta paneelille johdotusta. Sarjaan kytketyn paneeliketjun jännite on paneelijännitteiden summa. Aurinkopaneelien läpi kulkee sama virta, eli ampeerit pysyvät samana, mutta voltit kasvavat yhteenlasketun summan verran. Sarjaan kytketyissä järjestelmissä aurinkopaneelien yhteenlaskettu jännite on aina useita satoja voltteja, ja maksimivolttimäärä taselekölle on 1 000 V. Kokonaistuotannon määrän määrittää huonoiten

tuottava aurinkokenno. Aurinkopaneeli muodostuu aurinkokennoista. Yhteen ketjuun voidaan asentaa useita paneeleja. Paneelilta paneelille kytkettäessä käytetään kytkentäjohtoja, jotka ovat paneelissa valmiina kiinni. Ensimmäisestä ja viimeisestä paneelista vedetään paksumpi kaapeli yleensä 6 mm²:n kaapeli invertterille. Paneelien kytkeminen sarjaan tulee kyseeseen, jos sähkön siirtomatka paneeleilta lataussäätimelle (invertterille) on pitkä. Jännitteen kaksinkertaistaminen laskee siirtohäviöt arviolta neljäsosaan.

Rinnan kytkettäessä paneelien jännite on sama kuin yhden aurinkopaneelin jännite, ja virta on aurinkopaneelien virtojen yhteenlaskettu summa. Tässä tapauksessa ampeerit kasvavat volttien pysyessä samana. Tätä kytkentää käytetään, kun ei haluta varjostuksen häiritsevän muita rinnan kytkettyjä paneeleita. Keskenään samantehoisia paneeleita voidaan kytkeä rinnakkain ja sarjaan. Rinnakkain kytkeminen tulee silloin tarpeeseen, jos aurinkopaneeleja häiritsee osittaisvarjostus, esimerkiksi kattoa varjostaa puu ja auringon kiertäessä varjo osuu eri paneeleihin. Tällöin osiin tai yhteen paneeleista kohdistuva varjostus ei häiritse sellaisten paneelien tuotantoa, joihin ei kohdistu varjostumaa. Rinnakkain kytkettyjen paneelien ei tarvitse olla samassa kulmassa tai asennossa tai edes samalla puolen harjaa. Paneelit voidaan jakaa esimerkiksi auringon kierron mukaan, jos katon lape ei ole etelään. Näin saadaan tuottoa tasaisesti aamupäivällä ja iltapäivällä. Riski ylisuuren tuotannon piikkeihin pienenee.

Yhdistelemällä molempia kytkentöjä voidaan säätää jännite ja virta mahdollisimman sopivaksi invertterin muuntoa varten. Teho pysyy kytkentätavasta riippumatta samana, ellei matka paneeleilta invertterille ole liian pitkä. On kuitenkin tärkeää käyttää koko aurinkopaneelikentässä samantehoisia ja -jännitteisiä paneeleita. Tämä helpottaa kytkentää (kuva 4).



Kuva 4. Sarjaan kytketty aurinkosähköjärjestelmä turvalaitteineen

2.5.3 Invertteri

Invertteri on virallisesti tasavirta/vaihtovirtamuunnin, eli vaihtosuuntaaja (DC/AC-konvertteri). Aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa 12 V, 24 V tai jotakin muita volttimääriä ja virran suunta ei muutu. Jotta tuotettua sähköä voidaan käyttää, se pitää muuttaa vaihtovirraksi, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona, 230 volttia taajuudeltaan 50 hertsiä. Suomessa sähköverkossa käytetty vaihtovirta on sinimuotoista. Muuntamista varten asennetaan invertteri mikä muuttaa tasavirran vaihtovirraksi. Muuntamisen jälkeen sähköä voi käyttää kotitalouksissa ja syöttää sähköverkkoon. Invertteriä kutsutaan aurinkosähköjärjestelmän sydämeiksi ja aivoiksi. Invertteri valvoo paneelien toimintaa mahdollistaen aurinkopaneelien mahdollisimman tehokkaan sähköntuotannon. Invertteri on myös keskeinen turvallisuutta lisäävä osa aurinkosähköjärjestelmässä. Invertteri estää järjestelmän ylikuumentumisen, seuraa sähköverkon taajuutta ja muuttaa tehoa sähköverkon tarpeen mukaan. Se myös tunnistaa kuorman. Mikäli sattuu

häiriötilanne, invertteri erottaa aurinkosähköjärjestelmän sähköverkosta. Älykäs invertteri ohjaa mahdollisimman suuren osan tuotetusta sähköstä omaan käyttöön, koska oma tuotanto on edullisempaa kuin ostettu sähkö. Invertteri voi ohjata myös tuotantoa akustoihin, mikäli käytössä on akkuja. Akuista sähkö voidaan palauttaa normaali käyttöön invertterin avulla.

Invertterimerkkejä on useita, yleisimpiä merkkejä ovat Solis, Growatt, Fronius. Lisävarusteina on myös saatavilla älykkäitä sähköautonlatausasemia. Invertteri ja latausasema ohjaavat ylituotannon suoraan sähköauton lataamiseen (kuva 5).



Kuva 5. Havainnekuva Fronius -invertteri 10 kW

2.5.4 Kannakkeet

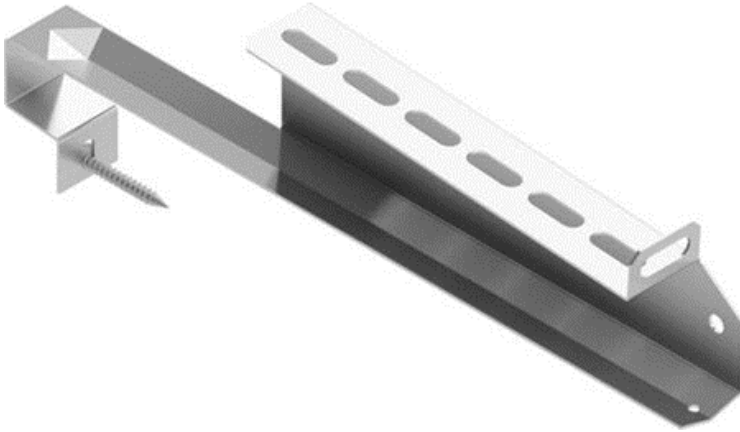
Erilaiset katot vaativat erilaiset kannakkeet. Tasakatolla, jonka kattomateriaalina on huopa, käytetään asennustelinettä, telineiden päälle aurinkopaneelit asennetaan. Ongelmana on tuulen pääsy aurinkopaneelin alle, jos tuulesta syntyy noste aurinkopaneeliin. Tämän vuoksi telineen päälle asennetaan painoja. Painojen lisääminen kasvattaa katon kuormaa. Katon kuorman nousun takia katon kantavuuden tarkastaminen on tärkeää. Etuna on paneelien asennus sopivaan

kulmaan sekä aamupäivän että iltapäivän auringonpaisteelle. Puolet paneeleista kerää auringon säteitä tehokkaasti aamupäivällä ja puolet kerää tehokkaasti iltapäivällä. Tasakattoasennuksessa paneelit asennetaan asennustelineillä vaakaan. Alempi teline on matalampi, ja ylempi teline on korkeampi. Paneeli itse jäykistää rakenteen, ja mitään muuta tukirakennetta ei ole. Telineiden alle asennetaan joko pehmikekumi tai pala bitumia, jotta katon pinta ei vaurioidu. Kuvan asennuksessa on poistettu paneelien alta singelisora (kuva 6).



Kuva 6. Tasakattoasennus ja tasakaton kannake

Tiilikattoasennuksessa käytetään tiilen alle asennettavaa asennuskannaketta. Asennuskannake ruuvataan tiilikaton tukirakenteeseen ja kannakkeeseen asennetaan alumiinin kisko. Alumiinisen kiskon päälle asennetaan varsinainen aurinkopaneeli. Näin asennettuna aurinkopaneeli tulee noin 10–15 cm irti katosta. Tämä asennus ei vahingoita tiiltä. Ainoat haasteet asennuksessa ovat tiilen irrottaminen ilman koko katon purkamista ja asennuskannakkeen alle jäävän tiilen yläreunasta olakkeen poistaminen, jotta asennuskannake mahtuu tulemaan tiilen alta (kuvat 7 ja 8).

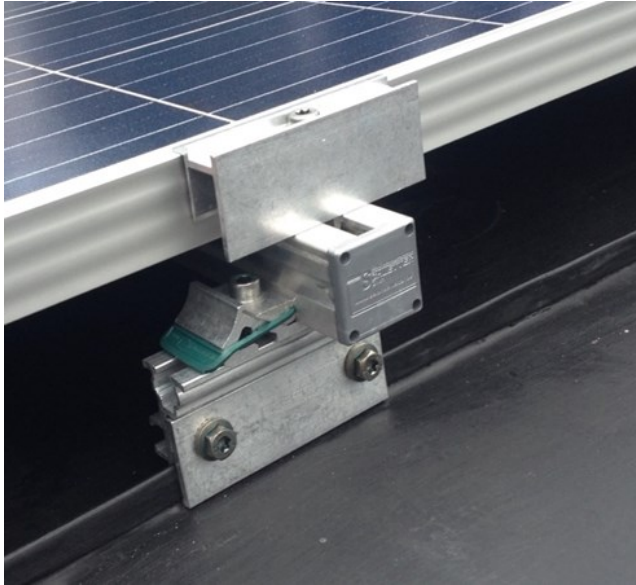


Kuva 7. Orima Solar Delta - Easy Rail, aurinkopaneelikiinnityskiskojen tiilikatto-kannake



Kuva 8. Tiilikattoasennus asennuskannakkein ja käyttäen alumiinikiskoja

Peltikattoasennuksessa käytetään erityyppisiä kannakkeita. Kannaketyyppi riippuu siitä, millainen kattoprofiili on kyseessä. Konesaumatussa peltikatossa käytetään puristavaa kannaketta (kuva 9).



Kuva 9. Konesaumakaton kannake ja asennuskisko

Tiilikuvioisen peltikaton osalta kannake ruuvataan suoraan katon läpi alapuolella olevaan tukirakenteeseen. Ruuvien ja kannakkeen alle laitetaan kumitassu estämään ruuvinkohdan vesivuodon ja estämään pellin pinnan vaurioitumisen (kuva 10).



Kuva 10. Tiilikuvioisen peltikaton kannake ja asennustapa

Huopakatolle on erilainen asennuskannake kuin muille kattotyypeille. Hupakaton läpi kattotuoleihin ruuvataan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja M12-ankkuripultteja. Asennuskannakkeeseen asennetaan ylimääräiset tiivisteet katon vuotojen estämiseksi. Asennuspulttien päihin asennetaan alumiinikisko aurinkopaneelia asennusta varten (kuva 11).



Kuva 11. Huopakattokannake ja siihen tarvittavat tiivistykset

Erityyppisten kannakkeiden lisäksi tarvitaan asennustarvikkeita, alumiinikiskoa, kiinnikeitä, pultteja ja muttereita. Jotta kaikki olisivat mahdollisimman sään kestäviä ja kevyitä, on kiskojen ja kiinnikkeiden materiaali alumiinia. Pultit ja mutterit ovat ruostumattomasta teräksestä.

Kannakkeiden ja asennuskiskojen asennusvälit riippuvat siitä, minkä kokoinen paneeli on valittu. Yleensä paneelin leveys on vakio, mutta korkeus vaihtelee.

2.5.5 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto

SFS 62446-1 -standardissa on aurinkosähköjärjestelmän vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Dokumentaatiosta ja informaatiosta mitä pitää luovuttaa asiakkaalle sähköverkkoon kytketystä aurinkosähköjärjestelmästä. Sähkötieto Ry on laatinut tarkoitukseen sopivan pöytäkirjan.

SFS 62446-1 edellyttää mm. seuraavia tarkastuksia:

1. Aistinvaraiset tarkastukset

- paneeliston johtojen ja laitteiden oikea mitoitus tasasähkölle
- paneeliston johtojen ylikuormitussuojauksen varmistaminen
- paneeliston johtojen ja laitteiden oikea mitoitus tasasähkölle
- paneeliston johtojen ylikuormitussuojauksen varmistaminen

2. Paneeliston mittaukset

- avoimen piirin jännite ja napaisuuden testaus
- oikosulkutesti, paneeliston suurimman virran mittaus
- eristysresistanssi.

Ennen aurinkosähköjärjestelmän kytkemistä käyttöön ja sähkön tuotannon aloittamista on tästä tehtävä ilmoitus sähköverkkoyhtiölle, eli sille taholle joka tuo sähkön rakennukseen. Lisäksi on täytettävä aurinkosähköjärjestelmänkäyttöön-ottopöytäkirja, pöytäkirjan täyttää asennusyritys tai luvanvarainen sähköasentaja. Mallipöytäkirja on esimerkkinä liitteestä 3.

3 Toteutusvaihtoehdot

3.1 Sähköverkkoon liitetty järjestelmä (on-grid)

Grid tied system, rinnankäyvä järjestelmä on verkkoon syöttävä tai liitetty järjestelmä. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä on yleisimmin rakennettu järjestelmä. Pääkomponentit ovat aurinkopaneelipatteristo ja invertteri. Aurinkopaneelit kytketään invertterin kautta kiinteistön sähköjärjestelmään. Invertteri muuttaa aurinkopaneeleista tulevan tasavirran vaihtovirraksi. Sähköverkkoon

kytketty järjestelmä ei toimi ilman erillisiä lisälaitteita itsenäisenä saarekkeena, joten aurinkosähköjärjestelmä yksinään ei takaa sähkön saantia verkon sähkökatkojen aikana. Invertteri sammuu sähkökatkon aikana, ellei järjestelmään ole kytketty akkujärjestelmään, josta alkaa sähkön syöttö sähkökatkon aikana.

3.2 Sähköverkosta irti oleva järjestelmä (off-grid)

Independent Energy Supply without utility grid on saarekejärjestelmä, mökkijärjestelmä. Tätä aurinkosähköjärjestelmää käytetään omana järjestelmänä, ja sitä ei ole kytketty valtakunnalliseen sähkönjakeluverkkoon. Laitteita asennetaan esimerkiksi mökeille, asuntovaunuihin, veneisiin ja voidaan käyttää erilaisissa pienissä laitteissa kuten nopeusnäytöissä lataamaan akkuja.

3.3 Hybridijärjestelmä

Mahdollista on asentaa sekä sähköä tuottavia paneeleita että lämpöä kerääviä tyhjiöputkiaurinkokeräimiä. Yhdistelemällä molempia paneeleita voidaan säästää sähkö- ja lämmityskuluissa. Tyhjiöputkiaurinkokeräimiä tarvitaan huomattavasti vähemmän; jo pelkästään kahdella keräimellä saadaan huomattavia säästöjä lämpimän käyttöveden tuottamiseen ja vesikiertoiseen lämmitykseen. Ne soveltuvat myös sähkölämmitteisen talon käyttöveden lämmittämiseen. Tarvitaan kuitenkin varaaja, joka soveltuu kytkettäväksi tyhjiöputkiaurinkokeräimeen, esimerkiksi Jäspi Solar 300. Varaaja on aurinkolämmityksen hyödyntämiseen tarkoitettu käyttövedenlämmitin.

4 Tulevaisuus

Millainen tulevaisuuden näkymä aurinkovoimalla on? Potentiaali on lähes rajaton, kunhan kehitys menee eteenpäin. Tulevaisuudessa pystytäisiin käyttämään rakennusten kaikki näkyviä osia aurinkokeräiminä. Näin saavutettaisiin isoja pinta-aloja, vaikka keräimen hyötyteho olisi pienempi. Ylen artikkelin mukaan tulevaisuus on perovskiitin mineraalikiteistä rakennetuissa aurinkopaneeleissa. Tästä olisi mahdollista tulla halpa ja joustava materiaali sähköenergian

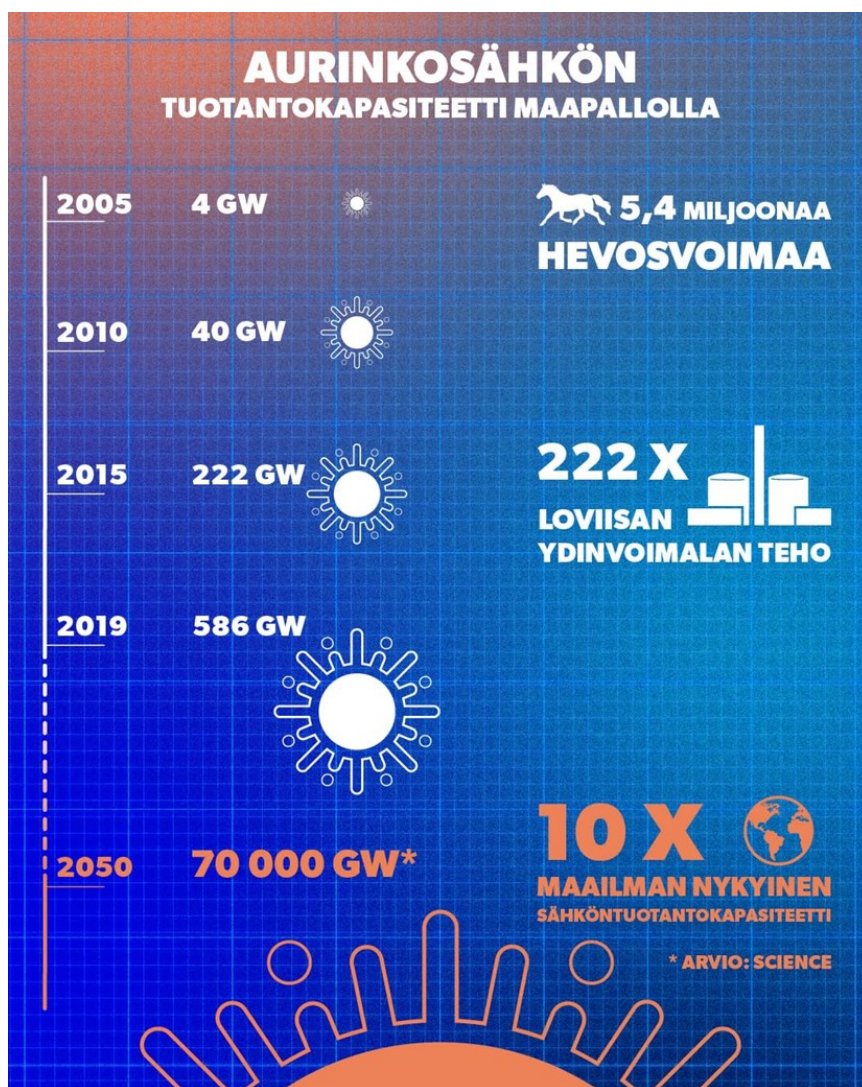
tuottamiseen. Perovskiitti on kalsiumtitanaattia. Perovskiittiä on arvioitu olevan yli kolmasosa maapallon painosta, joten materiaalia on riittävästi. Perovskiittiä voidaan tuottaa myös synteettisesti, joten ei tarvita isoja kaivoksia raaka-aineen tuottamiseen. Uuden teknologian aurinkopaneelit tultaisiin valmistamaan synteettisestä perovskiitistä. Perovskiitistä rakennettu aurinkokeräin voi olla joustava ja minkä tahansa pinnan päälle liimattavissa. Rakenne ei siis ole samanlainen kuin nykyhetken aurinkopaneeleissa. Kalvomaisella rakenteella voisi vuorata talosta katon ja tämän lisäksi myös seinät. Halutessaan voisi vaikka vuorata auton ja tuottaa ajaessa sähköön auton akustoihin. Tämä lisäisi sähköauton toimintamatkaa ja mahdollistaisi lataamisen sähköverkon ulkopuolella. Tulevaisuudessa aurinkokeräimien tuottaminen olisi edullista, ja edullisen materiaalin seurauksena aurinkosäteitä keräävä pinta-ala voitaisiin kasvattaa mahdollisimman suureksi. Lisäksi kevyt ja joustava materiaali mahdollistaa joustavan paneelin rakentamisen, ja näitä paneeleista voisi muotoilla eri pinnoille. Keräin olisi myös ohut ja kevyt.

Perovskiitistä tehtyjen aurinkokeräimillä voidaan muuttaa huomattavasti enemmän auringon säteilyä sähköksi kuin piistä tehdyillä aurinkokeräimillä. Piipohjaisella aurinkopaneelilla voidaan parhaimmillaan tuottaa 30 % auringonsäteilystä sähköksi, kun tällä hetkellä paneelien tuottomäärä on 26 %. Perovskiitistä valmistetulla paneelilla voidaan muuttaa teoriassa jopa 66 % auringon säteilystä sähköksi. Tämä on vielä teoriassa, todellisuus tällä hetkellä on 10 %:n hyötysuhde.

Perovskiiin edut eivät vielä ole energian tuotantomäärän muuttamisessa, vaan tuotannossa. Valmistus on helpompaa kuin piikeräimien. Periaatteessa mikä tahansa vanha painokone soveltuu tarvittavan kalvon painamiseen. Olisiko tässä vaihtoehtoinen vanhojen paperikoneiden uusiokäytölle?

Ongelmana perovskiitistä rakennetusta kalvossa on ollut keräilytehon säilyminen. Tämä ongelma on kuitenkin saatu ratkaistua, ja vuonna 2018 kehitetyssä aurinkokeräimessä on teho jopa hiukan kasvanut käytön aikana. Tämä johtuu siitä, että kiderakenne on hiukan käytössä muuttunut.

Puola on tällä hetkellä johtava maa perovskiiitistä tehtyjen paneelien kehittämisessä. Yritys nimeltä Saule Technologies on tehnyt yhteistyötä Skanskan kanssa päällystääkseen osittain rakennuksen uuden tekniikan aurinkopaneelilla tai oikeastaan kalvolla. Kalvo on osa seinärakennetta. Osittain kalvolla päällystetyssä kokeilutalossa on saatu tuotettua 41 258 kilowattituntia sähköä vuoden mittaisessa kokeilussa. Tämä riittäisi useamman omakotitalon sähkölukukseen vuodeksi. Tällainen kerrostalo olisi omavarainen ja mahdollistaisi ilmalämpöpumppujen ja muiden sähköllä tuottavien lämmönlähteiden käytön. On myös arvioitu tutkijoiden toimesta aurinkovoiman energiatuotannon potentiaali (kuva 12). [13.]



Kuva 12. Arvioi aurinkosähkön tuotantopotentialista vuonna 2050 voisi olla jopa 70 terawattia

5 Yhteenveto

Aurinkosähkövoimala on hyvä ja ekologinen tapa tuottaa sähköä. Haasteena on epätasainen tuotanto eri aikoina. Keväällä ja kesällä tuotetaan paljon, mutta ei 24 h/vuorokaudessa. Haasteena on myös ylituotantoaikojen ja vajaatuotannon aikainen käyttö sekä varastointi. Minne voitaisiin varastoida silloin kun tuotetaan yli omien tarpeiden? Parhaiten aurinkosähköjärjestelmä toimii silloin, kun kaiken energian voi itse käyttää. Nykyisellä sähköhinnalla ja sähkön siirto hinnalla siitä on suurin taloudellinen hyöty. Myös tuotetusta sähköstä maksetaan nykyisillä hinnoilla hyvin. Tämä pienentää takaisinmaksuaikaa, vaikka aurinkosähköjärjestelmä olisi ylimitoitettu.

Pienet aurinkosähkövoimalat aiheuttavat sähköverkolle haasteita. Sähkön tuotantoa joudutaan tasaamaan, jotta verkon tuotetun sähkön ja käytetyn sähkön suhde pysyy samana. Myös valtakunnallisessa sähköverkossa on ongelmana, minne varastoida ylimääräinen sähkö, jos sähköntuotantoa ei voida laskea alas yhtä nopeasti kuin kysyntä laskee. Miten tasataan tuotanto ja kulutus?

Yhdistämällä useampaa uusiutuvaa energiantuotannon muotoa, kuten aurinkoenergia, tuulivoima ja vesivoima, saadaan tuotettua sähköä tasaisemmin. Samalla pienennetään riskejä sähköverkon kaatumisesta.

Aurinkosähköjärjestelmät omakotitaloissa lisäävät energiatehokkuutta ja tekevät asumisesta edullisempaa. Aurinkopaneelit vaikuttavat myös rakennuksen energiatehokkuuslukuun. Onko aurinkosähköjärjestelmällä mahdollisuus saada omakotitalon energiatehokkuus EU:n tulevien vaatimuksien alle, jos ollaan lähellä raja-arvoa? Aurinkosähköjärjestelmä voi olla ratkaisu energiatehokkuuden nostamiseen ilman kalliita remontteja.

Lähteet

- 1 Mitoitusmenetelmiä. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia>. Päivitetty viimeksi 2.8.2022. Luettu 10.1.2023
- 2 Lupa-asiat. 2022. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/lupa-asiat>. Päivitetty viimeksi 2.8.2022. Luettu 10.1.2023
- 3 Aurinkosähköpaneelien ja aurinkokeräinten asennusta varten vaaditaan toimenpidelupa. Verkkoaineisto. Oulun kaupunki. <<https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/aurinkopaneelit>>. Luettu 11.1.2023
- 4 Aurinkopaneeleiden hankintaan voi saada ARAn energia-avustusta 2022. Verkkoaineisto. ARA Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. <[https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset_ja_tiedotteet/Uutiset_ja_tiedotteet_2022/Aurinkopaneeleiden_hankintaan_voi_saada_\(63643\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset_ja_tiedotteet/Uutiset_ja_tiedotteet_2022/Aurinkopaneeleiden_hankintaan_voi_saada_(63643))>. Päivitetty 15.8.2022. Luettu 1.3.2023
- 5 Sähkön tukkuhinta ennätyslukemissa 2022, Suomessa sähkö toiseksi halvinta eurooppalaisten pääkaupunkien vertailussa. 2022. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkon_tukkuhinta_ennatyslukemissa_2022_suomessa_sahko_toiseksi_halvinta_eurooppalaisten_paakaupunkien_vertailussa.html>. Päivitetty 30.12.2022. Luettu 12.1.2023
- 6 Pörssisähkön hinta kuukausittain. Verkkoaineisto. Omavoima. <<https://omavoima.fi/spot-sahkon-hintahistoria>> Luettu 20.3.2023
- 7 Sähkön hintatilastot. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>>. Luettu 12.1.2023
- 8 Europe`s leading power market. 2022. Verkkoaineisto. Nord Pool AS. <<https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/#/nordic/table>>. Päivitetty 30.12.2022. Luettu 12.1.2023
- 9 Photovoltaic geographical information systems. 2022. Verkkoaineisto. PVGIS Online Tool <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/>. Päivitetty 01.3.2022. Luettu 18.1.2023

- 10 Aurinkosähkölaskurin käyttöohjeet. Verkkoaineisto. Aurinkosähköäkotiin.fi <<https://aurinkosahkoakotiin.fi/aurinkosahkolaskurin-kayttoohjeet/>>. Luettu 6.2.2023
- 11 Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2022 Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa>. Päivitetty 22.8.2022. Luettu 18.1.2023.
- 12 Kannattavuuslaskurit. Verkkoaineisto. Finsolar. <<https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>>. Luettu 7.2.2023
- 13 Tulostetaanko tehokasta aurinkopaneelia kohta seiniin, kattoihin ja ikkunoihin? Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2021/03/24/tulostetaanko-tehokasta-aurinkopaneelia-kohta-seiniin-kattoihin-ja-ikkunoihin>>. 24.03.2021. Luettu 12.1.2023

Tarjous 10 kWp aurinkovoimala

Tarjous:8498 6.3.2023

Asiakas:
Janne Kangas

Tarjomme teille seuraavaa aurinkosähköjärjestelmää:

AurinkoWatt 10

Tarjoukseen sisältyy:

- Aurinkopaneelit 24 kpl Jinko Tiger Neo 420 Wp
- Invertteri Growatt 10kw hybridi, takuu 10 vuotta
- Kiinnitysjärjestelmä valitun kattotyypin mukaan
- TIII
- Jyrkkä harjakatto
- Riistyskorkeus alle 4 metriä
- Asennus 2:lle lappeelle
- AC-Turvakytkin ja verotustarvat
- Tarvittavat kaapelit kiinnikkeineen:
 - Aurinkopaneelikaapeli 6mm²
 - AC-kaapeli
 - Maadoituskaapeli
- Käyttökoulutus
- Käyttökäyttöohjekirja, huolto- ja ohjekirja
- Ilmoitukset verkkoyhtiölle

Paketin hinta asennettuna 12 290 € (sis. ALV 24%)

Aurinkosähkijärjestelmän käyttöönottopöytäkirja



ST 55.36

1 (4)

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Pöytäkirjan nro				
PERUSTIEDOT				
Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys			
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka	
Sähkölaitteiston rakentajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero	
	Sähköpostiosoite			
Sähkötöiden johtaja	Nimi		Puhelinnumero	
	Sähköpostiosoite			
Kohteen tiedot	Nimi		Työnumero	
	Kohteen yksilöinti			
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka	
Tilaaaja	Yritys			
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka	
Tilaaajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero	
	Sähköpostiosoite			
1 AISTINVARAINEN TARKASTUS (Katso ohje)				
Sähkijärjestelmän turvallisuusvaatimukset toteutuvat SFS 6000 mukaisesti ja muiden sähköasennusten käyttöönottotarkastus (pöytäkirjalla ST 51.21.05) on suoritettu				
	<input type="checkbox"/>	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly
Huom!				
Tasasähkijärjestelmän asennukset				
a) SFS 6000-7-712 vaatimusten mukaiset	<input type="checkbox"/>	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly
Huom!				
b) Komponenttien mitoitus on riittävä (jännite, virta, ylijännite...)	<input type="checkbox"/>	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly
Huom!				
c) Toteutuksessa on käytetty kaksoiseristystä tai pienisjännitettä (SELV, PELV)	<input type="checkbox"/>	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly
Huom!				
d) Kaapeliin vahingoittumisriskit on minimoitu ja liitosten yhteensopivuus on varmistettu.	<input type="checkbox"/>	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly
Huom!				
e) Johtojärjestelmä on ympäristöolosuhteiden mukainen	<input type="checkbox"/>	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly
Huom!				