

Teemu Aherto

**STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET AURINKOSÄHKÖJÄRJES-
TELMISSÄ**

STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMISSÄ

Teemu Aherto
Opinnäytetyö
Syksy 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, sähkötekniikka

Tekijä: Teemu Aherto
Opinnäytetyön nimi: Standardit ja määräykset aurinkosähköjärjestelmissä
Työn ohjaaja(t): Ismo Pitkänen (Oamk), Jani Virtanen (Caverion Oy)
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2018
Sivumäärä: 54 + 3 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ajankohtaiset sähköverkkoon liitettävä aurinkosähköjärjestelmiä koskevat standardit ja määräykset sekä ennakoida järjestelmien tulevaisuutta. Tilaajalla on käytössään kaikki tarvittavat standardit, mutta työssä selvitettiin, mitä muutoksia uusimpiin standardeihin on tuotu. Työn pohjalta Caverion Suomi Oy saa tietoonsa ajankohtaiset vaatimukset sekä pystyy ennakoimaan tulevaisuudessa vaatimuksiin tulevia muutoksia.

Työ aloitettiin selvittämällä kaikki aurinkosähköjärjestelmien suunnittelun ja toteutuksen vaatimuksia koskevat dokumentit, joita verrattiin tilaajalla käytössä oleviin dokumentteihin. Dokumentit käytiin läpi ja mahdolliset muutokset kirjattiin ylös erilliseen liitteeseen. Lisäksi etsittiin tietoa aurinkosähkön tulevaisuuden suuntauksista erilaisia tutkimuksia ja valmisteilla olevia standardeja hyväksi käyttäen sekä etsittiin ongelmakohtia, joita aurinkosähkөөn vielä liittyy. Ongelmakohtiin pyrittiin löytämään ratkaisumalleja, jotka nopeuttaisivat aurinkosähkön kehitystä ja suosiota.

Työn tuloksena saatiin kirjattua ylös standardeihin tulleet muutokset. Standardiin SFS 6000-7-712 tulleet muutokset kirjattiin erilliseen liitteeseen siten, että muutoksia sisältäneistä kohdista luotiin lista, josta voidaan tarkastaa, mihin kohtiin muutoksia on tullut. Dokumentoinnin ja merkintöjen osalta katsottiin parhaaksi vaihtoehdoksi käydä läpi nykyiset vaatimukset kokonaisuudessaan. Lisäksi tarkasteltiin vaatimuksiin tulossa olevia muutoksia sekä aurinkosähköjärjestelmien tulevaisuuden näkymiä sisältäen ratkaistavat ongelmakohdat.

Asiasanat: standardit, aurinkoenergia, vaatimukset, tulevaisuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Electric Power Engineering

Author: Teemu Aherto

Title of thesis: Standards and Specifications of Solar Energy Systems

Supervisor(s): Ismo Pitkänen (Oamk), Jani Virtanen (Caverion Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2018

Pages: 54 + 3 appendices

The objective of this thesis is to identify the newest standards and specifications of solar energy systems that are connected to the national power grid. The purpose is to find out the changes and new requirements that are added to the standards. This thesis also contains a lookahead to the future of solar energy including standards that are in course of preparation. Based on the work, Caverion Finland Oy will be informed of the newest requirements of planning and implementing a solar energy system and can prepare for the possible changes in the future.

The first step is to find out every standard and specification that affects to the planning and implementing of solar energy systems. The documents are reviewed and compared to the documents that the orderer of the thesis already has. Possible changes and added requirements are written down and introduced in the text and appendices. The future trends of solar energy are covered by reading researches and studying the standards that are in course of preparation. There are some problems that slow down the development and popularity of solar energy systems. Possible answers to solve these problems are studied and described in the end of this thesis.

As a result of this thesis the changes of standards and specifications were found out and written down. The changes of standard SFS 6000-7-712 were listed in the appendix as a list that shows which parts had been changed or added to the standard. Based on the list, the changes can be found easily from the standard. Full coverage of the requirements about documentation and marking was considered to be the best option so they were all written down to this thesis. Added to that, the future changes to the standards and specifications were viewed. Also a lookahead to the future of solar energy systems was created including problems that must be solved.

Keywords: standards, solar energy, requirements, future

ALKULAUSE

Haluan kiittää Caverion Suomi Oy:tä mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta ja mahdollisuudesta tutustua aurinkosähköön, joka tulee olemaan merkittävä osa sähköntuotannon tulevaisuutta. Suuret kiitokset myös opinnäytetyöni ohjaajille Ismo Pitkäselle ja Jani Virtaselle, joilla oli matkan varrella lukuisia hyviä ideoita. Lisäksi haluan kiittää perhettäni, ystäviäni sekä tyttöystävääni tuesta ja kannustuksesta opinnäytetyötä tehdessä.

Oulussa 1.11.2018

Teemu Aherto

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	10
2.1 Standardien sisältö	11
2.2 Standardien laadinta	11
2.3 Standardit Suomessa	12
2.4 Euroopan unionin määräykset	13
2.4.1 Asetukset	13
2.4.2 Direktiivit	13
2.4.3 Päätökset	14
2.4.4 Suositukset	14
2.4.5 CE-merkintä	14
2.5 Suomen lait	15
2.5.1 Sähkölaki	15
2.5.2 Sähköturvallisuuslaki	16
2.5.3 Sähkömarkkinalaki	16
2.5.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki	17
2.6 Aurinkosähköjärjestelmien asentamisen luvat	17
2.6.1 Sähkötyöt	18
2.6.2 Verkkoon kytkeminen	18
2.7 Sertifiointijärjestelmä	18
3 STANDARDIEN JA MÄÄRÄYKSIEN PÄIVITYKSET VUODELLE 2018	20
3.1 SFS 6000-7-712 Aurinkosähköjärjestelmät	21
3.2 Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset	22
4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN MERKINNÄT JA DOKUMENTOINTI	25

4.1 Standardin SFS-EN 50380:2017 mukaiset vaatimukset merkinnöille ja dokumentaatiolle	25
4.1.1 Dokumentaatiota koskevat pakolliset tiedot	27
4.1.2 Dokumentaation parasta käytäntöä koskevat tiedot	30
4.1.3 Merkintöjä koskevat pakolliset tiedot	31
4.1.4 Merkintöjen parasta käytäntöä koskevat tiedot	34
4.2 Standardin SFS-EN 62446-1 mukaiset vaatimukset dokumentoinnille	34
4.2.1 Järjestelmän tiedot	34
4.2.2 Johdotuskaavio	35
4.2.3 Käyttö- ja kunnossapitotiedot	37
4.2.4 Muut tiedot	37
5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT TULEVAISUUDESSA	39
5.1 Verkkoliitântävaatimus	39
5.2 Valmisteilla olevia standardeja	39
5.3 Aurinkosähköjärjestelmä älykkäässä sähköverkossa	40
5.3.1 Kysyntäjousto	41
5.3.2 Hajautettu järjestelmä	42
6 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN ONGELMAKOHTIA	43
6.1 Kattorakenteiden kestävyys	43
6.2 Aurinkoenergian varastointi	43
6.3 Aurinkosähkön myyjän asema	44
6.4 Turvallisuus palo- ja pelastusviranomaisten kannalta	46
6.5 Aurinkosähköjärjestelmien luvat ja tuet	47
6.6 Muita ongelmia	48
6.6.1 Olosuhteiden heikko ennustettavuus	48
6.6.2 Paneelien valmistukseen käytettävät materiaalit	48
7 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	50
Liite 1 Standardissa SFS 6000-7-712 olevat muutokset ja lisäykset	

SANASTO

CENELEC = European Committee for Electrotechnical Standardization

IEC = International Electrotechnical Commission

SFS = Suomen Standardisoimisliitto

pu = kuormajännite

1 JOHDANTO

Aurinkosähkön suosio on kasvanut huimasti viime vuosien aikana. Suurimpina syinä kasvaneeseen suosioon on järjestelmien laskeneet hankintakustannukset sekä lisääntynyt tietous aurinkosähkön mahdollisuuksista. Uusia aurinkosähköjärjestelmiä rakennetaan niin pieniin kuin suurempiin kohteisiin. Pienkuluttajalle aurinkosähkö on oiva tapa pienentää sähkölaskua, kun taas yritykset voivat säästöjen lisäksi parantaa imagoaan. Aurinkosähkön voimakkaasti kasvaneen suosion seurauksena myös aurinkosähköjärjestelmiin liittyvien standardien ja määräyksien olisi tärkeää pysyä kehityksessä mukana.

Standardeilla ja määräyksillä on tärkeä rooli kaikessa sähkösuunnittelussa ja sähkölaitteistojen valmistuksessa. Määräyksien pohjalta luodut standardit ohjaavat suunnittelijaa ennen kaikkea suunnittelemaan sähkölaitteistosta turvallisen. Sähkösuunnittelijan on tärkeää tuntea voimassa olevat standardit, jotta sähkölaitteisto varmasti täyttää lain asettamat vaatimukset.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ajankohtaiset aurinkosähkөөn liittyvät standardit ja määräykset sekä ennakoida niiden mahdollisia tulevaisuuden suuntauksia. Aihetta rajattiin siten, että opinnäytetyö kattaa vain sähköverkkoon liitettävät aurinkosähköjärjestelmät. Ajankohtaisia standardeja verrattiin opinnäytetyön tilaajan käytössä oleviin standardeihin ja mahdolliset muutokset standardeissa kirjattiin ylös. Lisäksi tarkasteltiin EU:n uusia voimaantulevia määräyksiä ja standardisimisjärjestöjen valmis-teilla olevia standardeja. Lisäksi tarkoituksena oli tarkastella aurinkosähkön tulevaisuuden suuntauksia sekä tutkia aurinkosähkөөn liittyviä ongelmia ja etsiä niihin ratkaisuja.

Opinnäytetyö tehtiin Caverion Oy:lle, joka suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää käyttäjäystävällisiä ja energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa. Se on alallaan Euroopan johtavia yhtiöitä. Tämä työ tehtiin Caverion Suomi Oy:n Oulun toimipisteessä, jossa tällä hetkellä hoidetaan aurinkosähköjärjestelmien myynti ja suunnittelu koko Suomen alueelle.

2 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Standardit ovat yhteisiä toimintatapoja, joilla parannetaan sähkölaitteistojen tai -järjestelmien turvallisuutta ja yhteensopivuutta. Standardit liittyvät läheisesti useisiin Euroopan unionin asettamiin säädöksiin ja niiden tarkoituksena on suojella kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpottaa kotimaista ja kansainvälistä kauppaa. Standardit ohjaavat kaikkea sähköalaan liittyvää toimintaa. Standardien mukaisesti suunniteltu ja toteutettu sähkölaitteisto tai -järjestelmä on todennäköisesti turvallinen eikä aiheuta sen asentajille tai loppukäyttäjille vaaraa. (1.)

Standardeja ei ole pakko noudattaa, mutta standardeista poikkeavia ratkaisuja tehdessä joutuu niiden tekijä osoittamaan erikseen ratkaisujen täyttävän turvallisuusvaatimukset. Tästä syystä standardien asema on vahva. (2.) Standardeista voidaan kuitenkin tehdä pakollisia joko viranomaisten määräyksien kautta tai toimivaltansa rajoissa organisaation toimesta. Esimerkiksi viranomainen voi vaatia standardien noudattamista maassaan myytävillä tuotteilla, kuten myös tilaaja tilaamalleen tuotteelle tai yritys valmistamalleen tuotteelle. (3, s. 11.)

Sähköalan standardisoinnista vastaa laajempien standardisomisjärjestöjen rinnalla toimivat tekniset komiteat. Kansainvälisen standardisomisjärjestö ISO:n alla toimii kansainvälinen sähköalan standardisomisjärjestö IEC. Euroopan tasolla standardisomisjärjestö CENin rinnalla toimii eurooppalainen sähköalan järjestö CENELEC. Standardit laaditaan teknisissä komiteoissa ja näiden alaisissa alakomiteoissa ja työryhmissä. Molemmista järjestöistä on omat alakomiteat aurinkosähköjärjestelmille, IEC:n alla toimii IEC TC 82 ja CENELECin alla CLC/TC 82. (3, s. 20–21; 4.)

CENiin kuuluu kaikkiaan 32 järjestöä, lisäksi 19 maan standardisointielimet osallistuvat sen toimintaan liitännäisjäseninä. Suomea ISO:ssa ja CENissä edustaa SFS, IEC:ssä ja CENELECissä SESKO. Kansallisella tasolla sähköalan standardisoinnista vastaa Suomessa SESKO. (4.)

2.1 Standardien sisältö

SFS-standardi koostuu kolmesta eri osasta. Alustavaan osaan kuuluvat kansilehti, sisällysluettelo, esipuhe ja johdanto. Siinä selitetään standardin tausta, kehitys ja suhde muihin standardeihin sekä annetaan standardille tunnus ja esitellään sen sisältö. Alustavan osan jälkeen järjestyksessä tulevat velvoittavat osat, joissa kerrotaan ehdot, joita noudattamalla standardinmukaisuus toteutuu. Velvoittaviin osiin kuuluvat soveltamisala, viittaukset, termit ja määritelmät sekä vaatimukset. Näistä kaksi ensiksi mainittua laskeetaan yleiseksi velvoittavaksi osaksi ja muut tekniseen velvoittavaan osaan. Standardin lopussa ovat opastavat tiedot ja kirjallisuus, jotka kuuluvat standardin opastavaan osaan. Näiden tarkoitus on auttaa ymmärtämään standardia ja sen käyttötarkoituksia. (3, s. 36; 5.)

Standardin tunnuksen kirjainyhdistelmät SFS, EN ja ISO jne. kertovat organisaation, joka on vahvistanut standardin tekstin. SFS tarkoittaa Suomessa vahvistettua standardia, CENissä vahvistetun standardin tunnus on EN ja ISOssa vahvistettuun standardiin laitetaan etuliite ISO. Mikäli standardin etuliitteessä on useampi kirjainyhdistelmä, on standardi kunkin mainitun organisaation vahvistama. (6.)

2.2 Standardien laadinta

Kuka tahansa voi tehdä aloitteen kansallisen tai kansainvälisen standardin laatimiseksi, muuttamiseksi tai korvaamiseksi. Standardialoite tulee toimittaa kirjallisena SFS:lle tai kyseistä toimialaa hoitavalle SFS:n toimialayhteisölle. Sähköalalla SFS:n toimialayksikkö on SESKO. Kansallisen standardin osalta SFS tai toimialayksikkö päättää, aletaanko standardia työstämään sekä määrittää työn tavoitteet, kiireellisyyden sekä yleiset suuntaviivat. Eurooppalaisessa tai kansainvälisessä standardoinnissa SFS tai toimialayhteisö on yhtenä osana selvittämässä standardin tarpeellisuutta ja myöhemmin mukana päättämässä standardin hyväksymisestä CENissä tai ISOssa. (7.)

Mikäli standardialoite hyväksytään, sen pohjalta luodaan standardisointiryhmien ja asiantuntijoiden standardiehdotus. Ehdotus lähetetään lausuntokierrokselle sellaisille tahoille, joilla on standardiehdotuksen suhteen paljon asiantuntemusta tai oleellinen etu valvottavanaan, esimerkiksi viranomaisille, valmistajille tai kuluttajille. (7.)

Standardiehdotus vahvistetaan standardiksi, kun se on saavuttanut hyväksynnän. Kansallisiksi standardeiksi on vahvistettava sellaisinaan CENin ja CENELECin sääntöjen mukaisesti kaikki eurooppalaiset EN-standardit sekä sellaiset ISO- ja IEC-standardit, jotka ovat myös EN-standardina. Kansainvälisiä ISO- ja IEC-standardeja ei ole pakko vahvistaa kansallisiksi standardeiksi, mikäli ne eivät ole EN-standardeja. ISO- ja IEC-standardit voidaan kuitenkin ottaa sellaisinaan käyttöön kansallisesti tarpeen mukaan. (7.)

SFS julkaisee standardit asiakirjoina, joita voi hankkia ja käyttää kuka tahansa. Englanninkieliset versiot standardeista julkaistaan heti ja tarpeen mukaan julkaistaan myöhemmin suomenkielinen versio. Standardien käyttö ja hyödyntäminen on ilmaista, mutta asiakirjojen hankinta maksullista. Standardiasiakirjojen myynnillä SFS rahoittaa toimintaansa. (1; 4, s. 36–37.)

2.3 Standardit Suomessa

Suomessa sähköalan standardit pohjautuvat suurimmilta osin maailmanlaajuisiin (IEC) tai eurooppalaisiin (CENELEC) standardeihin. Suomessa standardit vahvistaa ja julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS. Turvatekniikan keskus TUKES ylläpitää luetteloa standardeista, jotka sisältävät turvallisuuden kannalta olennaisimmat vaatimukset. (2.)

Aurinkosähköjärjestelmien osalta olennaisimmat standardit löytyvät SFS-käsikirjasta 607. SFS:n vuonna 2015 julkaisemaan käsikirjaan kuuluu aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun, asentamiseen, käyttöönottoon ja tarkastuksiin liittyviä ohjeita ja kokoelma oleellisimpia standardeja. SFS-käsikirja 607 sisältää seuraavat standardit:

- Ohjeet aurinkosähköpaneeliston suunnitteluun (IEC/TS 62548)
- Aurinkosähköasennukset (SFS 6000-7-712)
- Paneeliston tarkastukset, testit ja dokumentointi (SFS-EN 62446)
- Käytön valvonta (SFS-EN 61724)
- Generaattorin liittäminen sähköverkkoon (SFS-EN 50438) (8, s.14; 9.)

2.4 Euroopan unionin määräykset

Euroopan unioni hyödyntää standardeja säädöksien tukena. Säädöksissä käydään usein läpi vain oleellisia vaatimuksia ja standardit tuovat lisäyksiä näihin säädöksiin. Oman alansa toimijoiden laatimat standardit ovat yksityiskohtaisempia ja niiden avulla autetaan valmistamaan tuote säädöksien mukaiseksi. Jos tuote täyttää vaatimukset, sille voidaan taata vapaa liikkuvuus EU-alueella.

Vuonna 1985 käyttöön otetun uuden lähestymistavan menettelyn mukaisesti direktiiveissä huomioidaan vain oleelliset turvallisuutta, terveyttä, ympäristöä ja kuluttajan-suojelua koskevat vaatimukset. Teknisempiä vaatimuksia esitetään yhdenmukaistetussa standardissa, joita laativat Euroopan standardoimisjärjestöt. Uuden lähestymistavan tarkoituksena on nopeuttaa ja helpottaa lainsäädäntöä. Eri osapuolien osallistuminen yhdenmukaisten määräyksien laatimisessa varmistaa sen, että yksityiskohtaisempien määräysten laatimisessa saadaan käytettyä parasta mahdollista alan asiantuntemusta. Direktiivit voidaan myös laatia laaja-alaisemmiksi kuin aikaisemmin. (3, s. 39–40.)

2.4.1 Asetukset

Asetuksia luodaan joko yksin Euroopan komissiossa tai Eurooppa-neuvoston ja Euroopan parlamentin yhteistyöllä. Niiden tarkoituksena on luoda yhtenäistä lainsäädäntöä Euroopan Unionissa. Asetukset ovat EU:n vahvimpia määräyksiä. Ne tulevat jäsenmaissa kansallisesti voimaan sellaisinaan automaattisesti ilman erillisiä toimenpiteitä. Asetus voi kuitenkin vaatia toimenpiteitä jäsenmailta tullakseen tehokkaasti sovellettavaksi. Asetuksilla on välitön oikeusvaikutus ja jäsenmaan kansalaiset voivat vedota asetukseen samalla tavalla kuin kansalliseen lakiin. Välitön oikeusvaikutus voi kuitenkin puuttua, mikäli jäsenmaille on esimerkiksi annettu harkintavaltaa jonkin asian kohdalla. (10.)

2.4.2 Direktiivit

Mikäli jäsenmaille halutaan jättää harkintavaltaa, säädetään asiasta yleensä direktiivi. Direktiivit ovat ikään kuin jäsenmaille osoitettuja ohjeita kohti EU:n yhteisiä tavoitteita. Jäsenmaa voi itse päättää, miten direktiivin mukaiseen tavoitteeseen päästään. Myös täytäntöönpanomuodosta jäsenmaa voi itse tehdä päätöksen. Toisin kuin asetukset,

direktiivien oikeudet ja velvollisuudet tulevat voimaan jäsenmaassa vasta sitten, kun kansallinen täytäntöönpano on tehty. Täytäntöönpanon harkintavalta ja liikkumavara voivat vaihdella eri direktiiveissä ja myös yksittäinen direktiivi voi sisältää erityyppisiä säännöksiä. (10.)

Direktiivejä on erilaisia. Ne voivat olla vähimmäisdirektiivejä tai täysharmonisoivia direktiivejä. Vähimmäisdirektiivissä määritetään vähimmäistaso, jota EU-jäsenmaissa on noudatettava. Jäsenmaa voi kuitenkin itse soveltaa direktiiviä pidemmälle kansallisella tasolla. Täysharmonisoiva direktiivi puolestaan ei anna mahdollisuutta poikkeaviin kansallisiin säädöksiin, vaan se vaatii noudatettavaksi EU:n yhdenmukaista sääntelyä. (10.)

2.4.3 Päätökset

Päätökset ovat asetusten tavoin jäsenmaita velvoittavia. Yleensä päätökset osoitetaan jollekin tietylle jäsenmaalle tai taholle ratkaistaessa yksittäisiä tapauksia hallinnollisin menettelyin. Ne voidaan myöskin olla osoittamatta erikseen kenellekään, jolloin ne velvoittavat kaikkia jäsenmaita. Tällöin päätökset ovat hyvin pitkälti asetusten kaltaisia. (10.)

2.4.4 Suositukset

Suosituksset ovat nimensä mukaisesti EU:n tietyille jäsenmaalle osoittamia suosituksia. Niiden kautta EU:n toimielimet voivat kertoa omia näkemyksiään ja mielipiteitään osoittamalleen taholle sekä ohjeistaa erilaisiin toimiin. Suosituksen kohteelle ei seuraa oikeudellisia velvoitteita eivätkä ne ole sitovia. Suositukset ovat useimmiten poliittisluonteisia, mutta ne voivat saada myös oikeudellista merkitystä. (10.)

2.4.5 CE-merkintä

CE-merkintä lisätään tuotteeseen direktiivin vaatimusten täytyessä ja se antaa tuotteelle vapaan liikkumisoikeuden Euroopan talousalueella. Standardit auttavat tuotteen valmistajaa täyttämään sitä koskevat vaatimukset. CE-merkintä on valmistajan vakuutus siitä, että tuotetta koskevat direktiivit täyttyvät. Merkintä on pakollinen tuotetta koskevan direktiivin niin vaatiessa. Toisaalta merkintää ei saa kiinnittää sellaisiin tuoteryhmiin,

joissa sitä ei edellytetä. Väärinkäytöstä voidaan tuomita sakkorangaistukseen. Lisäksi viranomaiset poistavat markkinoilta määräystenvastaiset tuotteet. (11; 12.)

Sähkölaitteissa on direktiivien mukaisesti oltava CE-merkintä. Merkintä kertoo viranomaisille tuotteen täyttävän EU:n olennaisimmat turvallisuusvaatimukset. Vaikka CE-merkitty tuote täyttääkin olennaisimmat turvallisuusvaatimukset, se ei ole kuluttajille kaiken kattava turvallisuuden takaaja, koska se täyttää vain osan tuotteen ominaisuuksista. Esimerkiksi käyttövaatimukset eivät kuulu CE-merkinnän piiriin. (11; 12.)

Yleensä kolmannen osapuolen suorittamaa tyyppitarkastusta CE-merkintää varten ei tarvita, mutta joissakin tuoteryhmissä CE-merkinnän kiinnittämiseksi vaaditaan kolmannen osapuolen suorittamat arvioinnit testauslaboratoriossa. Tällöin tuotteen rakenteen ja toiminnan on todettu täyttävän turvallisuusvaatimukset. Tyyppitarkastuksen suorittavat tarvittaessa arviointilaitokset, jotka jäsenmaat ovat ilmoittaneet Euroopan komissiolle. (11.)

Aurinkopaneeleille on olemassa oma tyyppihyväksyntämenettely. Tyyppihyväksytty aurinkopaneeli on käynyt läpi standardin IEC 61215 ja sen alaosien mukaiset testaukset. Standardi määrittelee paneelien testausmenettelyt ja -vaatimukset, jotka paneelin täytyy täyttää saadakseen tyyppihyväksynnän. (13.)

2.5 Suomen lait

Aurinkosähköjärjestelmiä koskevat samat lait kuin kaikkia muitakin sähkölaitteistoja tai sähköntuotantojärjestelmiä. Näiden lakien lisäksi aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa tulee ottaa huomioon maankäyttö- ja rakennuslaki, sillä katolle, seinälle tai maahan asennettavat aurinkopaneelit aiheuttavat muutoksia ympäristön ilmeeseen ja kaupunkikuvaan ja näin ollen tarvitsevat yleensä toimenpideluvan. Paneelien asentaminen ei olekaan sallittua kaikkialla.

2.5.1 Sähkölaki

Sähkölaki 319/1979 koskee niin sähkön tuottajia, siirto- ja jakeluverkkoyhtiöitä kuin kuluttajiaakin, sekä sähkölaitteita ja -laitteistoja. Sähkölaki on yleisluontoisin sähköä kos-

kevista laeista. Säännöksiä on annettu esimerkiksi voimalaitosten rakentamisluvista sekä sähkölaitteiden ja -laitteistojen valvonnasta ja tarkastuksista. (14.)

2.5.2 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslain 1135/2016 tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuus ja estää niiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteiden tai -laitteistojen sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheutuneista vahingoista kärsineen oikeudet. Näiden lisäksi tarkoitus on varmistaa sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus. (15.)

Sähköturvallisuuslailla 1135/2016 pannaan täytäntöön Euroopan parlamentin ja neuvoston sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva EMC-direktiivi 2014/30/EU sekä tietyllä jännitealueella toimivia sähkölaitteita ja niiden markkinoita koskeva pienjännitedirektiivi 2014/35/EU, joiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa EU-jäsenvaltioiden lakeja. (15.)

2.5.3 Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalaki 588/2013 koskee sellaisia aurinkosähköjärjestelmiä, jotka kytketään sähköverkkoon. Lain mukaan sähköverkon haltijan on liitettävä tekniset vaatimukset täyttävä sähkönkäyttöpaikka tai voimalaitos sähköverkkoonsa teknisten vaatimusten täytyessä kohtuullista korvausta vastaan. Liittämisvelvollisuus koskee myös sähkön pien- ja mikrotuotantoa, kuten omakotitalojen aurinkosähköjärjestelmiä. Sähköntuotantojärjestelmän kytkeminen sähköverkkoon vaatii kuitenkin verkkoyhtiön luvan ja järjestelmän laitteiden ja asennusten on täytettävä voimalaitosten tekniset vaatimukset. Sähkömarkkinalakiin tuli muutoksia vuonna 2017. Muutokset eivät kuitenkaan varsinaisesti kosketa aurinkosähköjärjestelmän omistajaa tai rakennuttajaa. (16.)

Aurinkosähkön tuottajan tulee itse valita sähkönmyyjä, jolle haluaa verkkoon syöttämänsä sähkön myydä. Verkkoyhtiöllä ei ole oikeutta osallistua sähkökauppaan eikä se näin ollen voi ostaa verkkoon syötettävää sähköä. Kuitenkin verkkoon syötettävän säh-

kön määrän ollessa pieni, voi sähkön tuottaja sopia verkkoyhtiön kanssa sähkön syötöstä verkkoon ilman korvausta. (16.)

2.5.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Yksi huomioonotettavista asioista aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on maankäyttö- ja rakennuslaki. Maankäyttö- ja rakennuslain uusimman muutoksen jälkeen toimenpidelupia ei yleensä enää vaadita kuin kaupunkikuvaan tai ympäristöön huomattavasti vaikuttavan aurinkosähköjärjestelmän asentamiseen. Poikkeuksia ovat esimerkiksi suojellut rakennukset ja suuret aurinkosähköjärjestelmät, jotka voivat vaatia mm. rakennuslupan. Lupakäytännöt vaihtelevat sen mukaan, mihin ja millaiseen rakennukseen aurinkopaneeleja ollaan asentamassa. Myös kuntien välillä on eroja lupakäytännöissä, sillä Suomessa ei ole asiasta valtakunnallisia yhtenäisiä ohjeita. (16.)

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa on siis mahdollista, että toimenpide ei vaadi mitään lupia tai asentaminen on kokonaan kielletty haluttuun kohteeseen. Vaikka asentaminen olisikin sallittua, rakennusvalvonta voi kuitenkin vaatia toimenpideluvan tai ilmoituksen. Tästä syystä onkin tärkeää tarkastaa mahdollisten lupien tarve kunnan rakennusvalvonnasta mahdollisimman aikaisin. (16.)

Paikkakuntien väliset erot aurinkosähköjärjestelmien rakentamisen lupakäytännöissä lisäävät rakentamiseen liittyvää epätietoisuutta, epävarmuutta ja heikentävät alan yleistä ennustettavuutta. Toimenpidelupiin liittyvät kulut, kuten lupamaksut, menetetty tuotantoaika ja piirustuksien teettämisen palkkakulut, syövät aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta. Monet aurinkosähköjärjestelmien toimittajat hoitavatkin lupa-asiat osana kokonaistoimitusta eikä kuluttajan tarvitse näin ollen huolehtia vaadittavista luvista. (17.)

2.6 Aurinkosähköjärjestelmien asentamisen luvat

Maankäyttö- ja rakennusmääräysten lisäksi tulee huomioida muutkin luvanvaraiset toimenpiteet aurinkosähköjärjestelmää asennettaessa. Kuka tahansa ei saa asentaa aurinkosähköjärjestelmää kokonaisuudessaan omatoimisesti. Mekaanisen asennuksen saa tehdä itse, mutta on syytä ottaa huomioon katon kestävyys ja varmistaa, että paneelit asennetaan oikein.

2.6.1 Sähkötyöt

Verkkoon kytkettävien aurinkosähköjärjestelmien asennustyöt saa tehdä ainoastaan sähköasennusluvalla omaava yritys. Paneelien mekaaniset asennukset suorittaa monesti muu kuin sähköurakoitsija, sillä etenkin katolle asennettaessa asentaminen vaatii myös rakennustekniikan osaamista. Järjestelmille on aina ennen käyttöönottoa tehtävä käyttöönottotarkastus. Sähköurakoitsijan tulee tarkistaa asennukset ennen järjestelmän käyttöönottoa. (16.)

Erytyslupia aurinkopaneelien asentamistyöhön ei tarvita. Suomessa on kuitenkin mahdollista suorittaa aurinkosähköjärjestelmien asentajan sertifikaattiin oikeuttava tutkinto, joka voi auttaa alan kokenevassa kilpailussa. Sertifikaatin suorittaminen ei ole kuitenkaan ainakaan toistaiseksi pakollista. (18.)

2.6.2 Verkkoon kytkeminen

Kuten aiemmin todettiin, sähköverkon haltija on velvollinen liittämään aurinkosähköjärjestelmän verkkoonsa, mikäli järjestelmä täyttää sille asetetut tekniset vaatimukset. Verkkoon kytkeminen vaatii kuitenkin verkkoyhtiön luvan. Verkkoyhtiöön on oltava yhteydessä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa, mielellään jo ennen järjestelmän hankintaa. Ohjeet verkkoon kytkemiseen saa verkkoyhtiöltä. (16.)

2.7 Sertifiointijärjestelmä

Uusiutuvaan energiaan investoiminen vaatii päätökset rahoituksesta ja vakuutuksista. Myös käytettävän teknologian ja toimittajan osaamisen on oltava luotettavia. Kansainvälisen uusiutuvan energian sertifiointijärjestelmän IECRE:n tarkoituksena on auttaa todentamaan uusiutuvan energian parissa toimivien tahojen osaamista. IECRE sisältää aurinko-, tuuli- ja merisähköjärjestelmille kolme eri sertifiointialuetta: laitesertifiointi, projektien toimitukset ja henkilöstön pätevyyydet. (19, s.12.)

Aurinkosähkön oma sertifiointijärjestelmä IECRE-PV on julkaissut luettelon sertifiointinsa sovellettavista IEC-standardeista, kuten esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmien suun-

nittelusta, asennusten tarkastuksesta ja suorituskyvyn seurannasta. Alla olevassa taulukossa on lueteltu sovellettavat IEC-standardit. (20.)

TAULUKKO 1. Sertifiointissa sovellettavat IEC-standardit (20)

IEC 62458	Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements
IEC 62738	Design guidelines and recommendations for photovoltaic power plants
IEC 62446-1	Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection
IEC 62446-2	Grid connected photovoltaic systems - Maintenance of PV systems
IEC 61724-1	Photovoltaic system performance - Part 1: Monitoring
IEC 61724-2	Photovoltaic system performance - Part 2: Capacity evaluation method
IEC 61724-3	Photovoltaic system performance - Part 3: Energy evaluation method
IEC 61215 series	Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval
IEC 61730 series	Photovoltaic (PV) module safety qualification
IEC/TS 62941	Guideline for increased confidence in PV module design qualification and type approval
IEC 62109 series	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems
IEC 62817	Photovoltaic systems - Design qualification of solar trackers

3 STANDARDIEN JA MÄÄRÄYKSIEN PÄIVITYKSET VUODELLE 2018

Aurinkosähköala elää tällä hetkellä muutoksen kourissa. Aurinkosähköjärjestelmien suosio kasvaa kovaa vauhtia ja tätä opinnäytetyötä tehdessäkin uutisoitiin monista uusista aurinkosähköhankkeista. Esimerkiksi S-ryhmä kertoi hankkeestaan, jossa aurinkopaneeleja hankitaan noin 40 toimipisteen katoille. (21.) Monet standardit ovat kuitenkin huomattavasti aikaansa jäljessä, eivätkä ne vastaa nykyistä teknologiaa ja osaamista. Aurinkosähkön kasvavan suosion myötä standardien ajan tasalle saaminen onkin erittäin tärkeää ja tällä hetkellä onkin käynnissä standardien uusiminen.

Tässä luvussa käsitellään standardien muutoksia verrattuna työn tilaajan antamiin standardeihin. Näitä standardeja ja muita ohjaavia dokumentteja olivat

- Energiateollisuus ry:n suositus 2016: tekninen liite 1
- Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438
- Saksalainen vaatimusdokumentti VDE-AR-N 4105 2011-8
- Pienjännitesähköasennukset osa 7-712, Aurinkosähköjärjestelmät. SFS 6000-7-712
- VJV2013 – Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset.

Dokumentit käytiin läpi vertaamalla työn tilaajalla käytössä olevia dokumentteja uusimpiin julkaisuihin kyseisistä dokumenteista. Mikäli tilaajalla käytössä oleva dokumentti oli uusin versio kyseisestä standardista, ei sitä käyty sen tarkemmin läpi eikä niitä huomioitu sen enempää opinnäytetyössä. Ei ole olemassa varsinaista listaa siitä, millaisia muutoksia standardeihin on tehty. Myöskään sähköpostitse kyselemällä ei saanut lisätietoa muutoksista, vaan jokainen standardi piti käydä edelliseen painokseen vertaillen läpi. Tämä olikin opinnäytetyön työläin osuus.

Muutoksia oli tehty dokumentteihin SFS 6000-7-712 sekä VJV2013. Aurinkosähköjärjestelmien standardisarja SFS 6000-7-712 päivitetään viiden vuoden välein ja vuonna 2017 se uusittiin lähes kokonaan vuoden 2012 versioon nähden. (22). Voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimusten uusinta versiota (VJV2018) tulee puolestaan noudattaa 19.5.2018 jälkeen voimalaitoksissa, joiden sitova hankintasopimus on tehty kysei-

Lisäksi käsiteltiin aurinkosähköjärjestelmien dokumentointiin liittyviä standardeja ja määräyksiä. Aurinkosähköjärjestelmien käyttöönottoon ja kunnossapitoon sekä dokumentointiin ja merkintöihin keskittyvät SFS-EN 50380:2017 ja SFS-EN 62446-1 otettiin huomioon opinnäytetyössä. Dokumentointi- ja merkintäpuolelle muutoksia oli tehty jonkin verran. Dokumentaation ja merkintöjen osalta katsottiin parhaaksi vaihtoehdoksi käydä läpi nykyisten standardien vaatimukset kokonaisuudessaan ja niitä käsitellään omassa luvussaan.

Standardi SFS 6000-7-712 sisältyy SFS-käsikirjaan 607 ja se käsittelee sellaisen aurinkosähkögeneraattorin sähköasennuksia, joka toimii vähintään osittain sähköasennuksen rinnalla ja jonka tarkoituksena on syöttää ylijäämä sähkö jakeluverkkoon tai paikalliseen sähköjakeluun. Standardi uudistettiin syysyksi 2017 ja se on perusteellisempi ja laajempi kuin vuoden 2012 versio. (19, s. 13.)

SFS 6000 päivitetään viiden vuoden välein. Erityisesti osan 7-712 uudistuksessa on huomioitu paneeliston eristysresistanssi, vikavirtavalvonta, ylijännitesuojaus sekä generaattorin sähkölaitteistoon liittäminen. Vuoden 2017 versioon standardin SFS 6000-7-712 ensimmäinen muutos on se, että standardi on nimetty aurinkosähköjärjestelmien standardiksi. Vuoden 2012 standardi oli nimetty valosähköisten tehonsyöttöjärjestelmien standardiksi, joten nimeäminen on tehty selkeämmäksi.

21

teessä 1. Liitteessä on mainittu kohta, johon muutos on tullut, sekä tarvittaessa alakoh-
ta, mikäli koko kohta ei ole uusi. Huomioitavaa-sarakkeessa on kerrottu, onko kyseessä
uusi vai muutettu kohta. (24; 25.)

3.2 Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset

Fingridin järjestelmätekniset vaatimukset (VJV) koskevat Suomen voimajärjestelmään
kytkettäviä, nimellistehoaltaan yli 0,5 MW:n voimalaitoksia. Myös asiakkaan sähköverk-
koon liittyneitä sähkölaitteistoja ja voimalaitoksia koskevat samat ehdot ja vaatimukset.
Järjestelmäteknisillä vaatimuksilla varmistetaan, että voimalaitos kestää voimajärjestel-
män aiheuttamat jännite- ja taajuusvaihtelut, eikä se aiheuta häiriöitä voimajärjestelmän
toimintaan. Myös häiriötilanteissa järjestelmän tulee toimia luotettavasti. (23, 26.)

Voimajärjestelmään liittyvä asiakas on vastuussa vaatimusten täyttymisestä ja niiden
todentamisesta. Fingridille on ilmoitettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa millais-
ta tekniikkaa suunnitellussa voimalaitoksessa tullaan käyttämään. On suositeltavaa, että
suunnittelu ja tiedonvaihto aloitetaan hyvissä ajoin toimittajan, liittyvän asiakkaan ja kan-
taverkkoyhtiön sekä tarvittaessa jakeluverkkoyhtiön välillä. (26.)

Uusia voimalaitosten järjestelmäteknisiä vaatimuksia tulee noudattaa ja ylläpitää sellai-
sissa voimalaitoksissa, joiden sitova hankintasopimus on tehty 19.5.2018 jälkeen. Han-
kintasopimuksen ollessa tehty ennen kyseistä ajankohtaa, noudatetaan vuoden 2013
vaatimuksia. (23.)

Muutokset voimalaitosten järjestelmäteknisiin vaatimuksiin pohjautuvat osittain EU:n
uuteen verkkoliitântävaatimuksia koskevaan asetukseen 2016/631, jota on esitelty
myöhemmin tässä opinnäytetyössä. Fingridin toimesta vaatimuksiin on täydennetty
kansalliset lisäykset ja täsmennykset. (23.)

Voimassaolevia, 2013 julkaistuja voimalaitosten järjestelmäteknisiä vaatimuksia verrat-
tiin vuoden 2018 version luonnokseen. Uusimpien vaatimusten luonnos on julkaistu
helmikuussa 2018 ja se sisältää jonkin verran muutoksia verrattuna aikaisempaan ver-
sioon.

Voimalaitosten järjestelmäteknisistä vaatimuksista käsiteltiin vain aurinkosähköjärjestelmiä koskevat vaatimukset. Näinollen tahtikoneita käsitteleviä vaatimuksia ei käsitellä opinnäytetyössä. Vaatimuksiin tulleita muutoksia käsitellään alempana.

Vaatimusten soveltamisessa annetuissa ohjeissa luokitellaan voimalaitokset eri luokkiin niiden mitoitusasteen ja liittymispisteen jännitetason mukaisesti (taulukko 2). Suuntaaja-kytkettyjen voimalaitosten, joihin myös aurinkosähköjärjestelmät kuuluvat, luokka määräytyy voimantuotantoa varten rakennetun kaupallisen kokonaisuuden mukaan, mikä on liitetty yhden liittymispisteen taakse. (23.)

TAULUKKO 2. Voimalaitosten tyyppiluokittelu (23)

Tyyppi-luokka	Liittymispisteen jännitetaso	Ehto	Voimalaitoksen mitoitusaste $P_{\max}$
Tyyppi A	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 0,8 kW mutta alle 1 MW. ($0,8 \text{ kW} \leq P_{\max} < 1 \text{ MW}$)
Tyyppi B	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 1 MW mutta alle 10 MW. ($1 \text{ MW} \leq P_{\max} < 10 \text{ MW}$)
Tyyppi C	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 10 MW mutta alle 30 MW. ($10 \text{ MW} \leq P_{\max} < 30 \text{ MW}$)
Tyyppi D	Liittymispisteen jännitetaso on vähintään 110 kV	tai (+)	Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 30 MW ($P_{\max} \geq 30 \text{ MW}$)

Uusien vaatimusten taustalla on NC RfG, eli *the Network Code on Requirements for Generators*, eli generaattoreiden verkkokoodivaatimukset. Ne ovat osa EU:n uusia verkkoliitäntäasetuksia.

Uusien vaatimusten mukaan vaatimukset ovat voimassa liittymispisteessä ja vaatimustenmukaisuus on osoitettava testeillä ja simuloinneilla, joskin osan voi korvata valtuutetun todentajan antamalla sertifikaatilla. Mahdolliset poikkeamapäätökset käsittelee viranomaisen, jonka jälkeen lausuminen kuuluu Fingridille. Poikkeamapäätökset vaativat erillisen kustannus-hyötyanalyysin, joka on sähköverkkoon liittymisen tehtävä. Viranomaiset voivat myös antaa vapautuksen vaatimuksista kehittyville teknologioille. Voimalai-

tosten todentamisprosessi muuttuu kolmiportaiseksi luokan D osalta, muiden luokkien osalta jatketaan yksiportaisella todentamisprosessilla. (27.)

Uusimmat voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset kattavat vähintään vuoden 2013 version vaatimukset. Teknisissä vaatimuksissa jako tehdään tahtikoneiden ja suuntaajakytkettyjen voimalaitosten välille. Teknisiin vaatimuksiin muutoksia ovat

- jännite-taajuus toiminta-alueen muutos, jatkuvan käytön alue $f=49-51$ Hz, $U=0,90-1,05$ pu eli kuorman jännite
- lähiaikavaatimuksen keventäminen luokalle D ($t=200$ ms, $U=0,0$ pu), luokille B-C lievä muutos; suuntaajakytketyille voimalaitoksille ja tahtikoneille on olemassa omat vaatimuksensa
- suojauksen minimivaatimusten ja verkkoon kytkemisen sääntöjen määrittäminen
- taajuussäädön toiminnallisuudet, luokasta A alkaen minimivaatimus (LFM-O)
- loistehokapasiteettivaatimus luokan C voimalaitoksiin täydessä laajuudessaan.

Uuden loistehokapasiteettivaatimuksen mukaan vaatimuksen tarkastelupiste on voimalaitoksen päämuuntajan yläjännitepuolen navoissa. Tämä määrittely koskee kaikkea voimantuotantoa. Tyypin B suuntaajakytketyille voimalaitoksille verkonhaltija määrittää loistehokapasiteettivaatimuksen. (27.)

4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN MERKINNÄT JA DOKUMENTOINTI

Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän odotettu käyttöikä on vuosikymmeniä ja tämän takia dokumentointi on erittäin tärkeää. Laitteiston omistaja saattaa vaihtua käyttönsä aikana ja hyvän dokumentaation ansiosta vianselvitys sekä laitteiston ylläpitäminen yksinkertaistuu. Aurinkosähköjärjestelmien dokumentaatiota ja merkintöjä käsitellään standardeissa SFS-EN 50380 ja SFS-EN 62446. Suurimmaksi osaksi vastuu merkintöjen ja dokumentoinnin vaatimusten täyttymisestä on aurinkosähköjärjestelmän osien toimittajalla ja maahantuojalla. Vaadittavat merkinnät ovat yleisesti paneeleissa tai paneelien ohessa toimitettavissa käyttöohjeissa, joskin joitain merkintöjä tulee lisätä myös aurinkosähköjärjestelmää asennettaessa. Dokumentaation osalta vaaditut tiedot ovat yleensä tuotteen esitteessä ja tuoteselosteessa. Laitteiston suunnittelijalla on kuitenkin myös vastuuta suunnittelemansa järjestelmän dokumentoinnista. (28.)

Loppuvuodesta 2017 vahvistettu standardi SFS-EN 50380 sisälsi joitakin muutoksia verrattuna edelliseen versioon. SFS-EN 62446 on päivitetty vuonna 2016. Dokumentaation osalta nähtiin parhaaksi vaihtoehdoksi käydä läpi kaikki vaatimukset kokonaisuudessaan. (28).

4.1 Standardin SFS-EN 50380:2017 mukaiset vaatimukset merkinnöille ja dokumentaatiolle

Aurinkosähköpaneelien dokumentointia ja merkintöjä koskevia vaatimuksia esitetään standardissa SFS-EN 50380:2017. Standardi on vahvistettu syyskuussa 2017. Se määrittelee paneelin dokumentaatioon sisällytettävät tai paneeliin kiinnitettävät pakolliset tiedot, joilla varmistetaan turvallinen ja virheetön käyttö. Standardissa käsitellään myös parhaita käytäntöjä antamalla ohjeita paneeleihin liittyvästä lisäinformaatiosta. Lisäinformaatiota on esimerkiksi paneelien suorituskyky eri säteilyvoimakkuustasoilla. Tämän standardin vaatimusten tähtyminen on paneelin valmistajan vastuulla, mutta datalehtien yms. toimittaminen aurinkosähköjärjestelmän käyttäjälle asti on tietysti urakoitsijan teh-

tävä. Hyvästä dokumentaatiosta on hyötyä niin kuluttajalle kuin urakoitsijalle. (29, s. 1; 31.)

Paneelien mukana toimitettavassa dokumentaatioissa kuvataan sähköisen ja mekaanisen asennuksen menetelmät sekä paneelin sähkötekniset mitoitusarvot. Dokumentaatioissa tulee ilmoittaa aurinkosähköpaneelin kelpuutusluokka sekä mahdolliset erityisrajotukset, jotka kyseiseltä luokalta vaaditaan. Ympäristöolosuhteet, joihin paneeli on kelpuutettu, on ilmoitettava dokumentaatioissa. Lisäksi täytyy varmistaa, että asentajien ja käyttäjien saatavilla on asianmukainen, turvallista asennusta ja käyttöä sekä kunnossapitoa koskeva dokumentaatio. (29, s. 6.)

Aurinkosähköpaneelin dokumentaatioon kuuluu yleensä käyttöopas ja datalehti. Siihen on sisällytettävä kaikki tiedot, joiden avulla kansalliset, lakisääteiset tuotevaatimukset täyttyvät. On huomattava, että eri maissa voi olla lisävaatimuksia. Tiivistetty informaatio esitetään tavallisesti käyttöoppaan lisäksi datalehdessä, mutta sen voi sisällyttää myös suoraan osaksi käyttöopasta. Aurinkosähköpaneelien ollessa identtiset, riittää yhden dokumentaatiokappaleen toimittaminen aurinkosähköpaneelin toimitusyksikön mukana. Soveltuvin osin on käytettävä kansainvälisiä tunnuksia. Standardissa vaadittu dokumentaatio on oltava sen maan virallisella kielellä, mihin aurinkosähköpaneeli asennetaan. (29, s. 6.)

Kaikki merkinnät ja tunnukset on laitettava kestäväan rakenteeseen aurinkosähköpaneelin sisällä tai päällä. Mikäli aurinkosähköpaneeliin ei ole mahdollista kiinnittää pysyvää merkintää sen ominaisuuksien vuoksi, tulee käyttäjälle ilmoittaa standardin mukaiset seikat muilla luotettavilla, yksiselitteisillä ja tehokkailla tavoilla esimerkiksi mukana tulevassa dokumentaatioissa (käyttöopas, käyttöohjeet, datalehdet). Kyseiset asiakirjat ovat silloin osa aurinkopaneelia. Asiakirjat on sisällytettävä jokaiseen aurinkosähköpaneeliin. Merkintöjen on oltava englanninkielisiä. (29, s. 10.)

Kansainvälisiä tunnuksia on käytettävä soveltuvin osin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää asianmukaisia varoituksia sen maan virallisella kielellä, jossa aurinkosähköpaneelia on määrä myydä. (29, s. 10.)

Kun kaikki standardissa mainittavat testit sarjasta A–F on läpäisty standardin EN 61730-2 vaatimalla tavalla, tarkastetaan merkintöjen kestävyys ja pysyvä kiinnitys visuaalisella tarkastuksella (MST 01) ja merkintöjen kestävyystestillä (MST 05). (29, s. 10.)

4.1.1 Dokumentaatiota koskevat pakolliset tiedot

Aurinkosähköpaneelien kanssa toimitettavan dokumentaation on sisällettävä alla olevan listan mukaiset tiedot. Kaikki kursivoidut kohdat ovat suoraa lainausta standardista SFS-EN 50380:2017.

Sähkötekniset, mukaan lukien johdotusta koskevat, tiedot

- a) *liittimien tai johtimien napaisuus*
- b) *"järjestelmän suurin jännite" eli "V_{sys}"*
- c) *suurin ylivirtasuojalaitteen mitoitusvirta.*
Suositellaan ylivirtasuojalaitteita, joissa on 1 hr, 1,35 IR ylikuormitusmitoitus, missä IR on ylivirtasuojalaitteen mitoitusarvo.
HUOM. Standardinmukaisuus voidaan tarkistaa standardin EN 61730-2 kohdan MSR 26 mukaisesti. IR-mitoitus voidaan määrittää käyttäen liitteessä A esitettyä menettelyä.
- d) *suojaus sähköiskulta, suojausluokka standardin EN 61730-1 mukaisesti (ks. tarkemmat yksityiskohdat kohdasta 5.2.3 f)*

Seuraavat sähkötekniset tiedot on näytettävä suhteessa standardiolosuhteisiin (1 000 W/m², 25 °C, AM 1,5 G julkaisun CLC/TS 61836 mukaisesti) ja vakauttamisen jälkeen. Valmistajan ilmoittama mitoitettu tuotannon toleranssi on ilmoitettava myös standardiolosuhteissa (STC-olosuhteissa).

- e) *"avoimen piirin jännite eli "V_{oc}" mukaan lukien mitoitettu tuotannon toleranssi*
- f) *"jännitteet enimmäistehopisteessä" eli "V_{Pmax}" mukaan lukien mitoitettu tuotannon toleranssi*
- g) *"virta enimmäistehopisteessä" eli "I_{Pmax}" mukaan lukien mitoitettu tuotannon toleranssi*
- h) *"aurinkosähköpaneelin suurin teho" eli "P_{max}" mukaan lukien mitoitettu tuotannon toleranssi*
- i) *"virta oikosulussa" eli "I_{sc}" mukaan lukien mitoitettu tuotannon toleranssi*

Standardisarjan IEC 61215 mukaisen vakauttamisen jälkeisten sähköteknisten arvojen on oltava toteen näytettävissä ja määriteltyjen mitoitettujen tuotannon toleranssien ja epävarmuustekijöiden sisällä. Standardin liitteessä B esitetään toimintamenettely.

HUOM. 1 ESIMERKKI: $P_{max} = 250,0 \text{ W}$, mitoitettu tuotannon toleranssi 3 %, luokitusvälinä +5 W / -0 W. Tämä merkitsee, että paneelit välillä 250,0 W – 254,9 W lajitellaan yhteen ryhmään, jonka mitoitettu $P_{max} = 250,0 \text{ W}$. 3 prosentin toleranssi sallii mitoitussarvon 250,0 W vaihtelua alkaen 242,5 W arvoon 257,5 W.

Jos käyttöönottoarvot poikkeavat vakautetuista arvoista enemmän kuin valmistajan ilmoittamat toleranssit, tämä on ilmoitettava erikseen.

a-Si-tyyppin paneelin esimerkissä, kun alkuperäinen heikentyminen on 20 % ja mitoitettu tuotannon toleranssi 5%, I_{sc} ja V_{oc} on ilmoitettava käyttöönottomuuttujaksi ja vakautetuksi muuttujaksi.

Jos paneelin lähtö (I_{sc} , V_{oc} ja P_{max}) on riippuvainen asennuspaikasta tai kiinnitystavasta (esim. kaksipintaisten kennojen takaosan valaistuksen vuoksi) on ilmoitettava vaihtelu ja enimmäislähtö (I_{sc} , V_{oc} ja P_{max}).

- j) Suhteelliset lämpötilakertoimet [%/K]:ssa arvoille I_{sc} , P_{max} ja V_{oc} STC-olosuhteissa*

HUOM. Arvot IMPP ja VMPP voidaan ilmoittaa.

- k) on ilmoitettava, jos lämpötilakertoimet ovat lineaarisia. Jos lämpötilakertoimet ovat epälineaarisia, lämpötilakertoimista on annettava lisätietoja standardin EN 60904-10 mukaisesti*

Sähkötekni­sen dokumentaation on sisällettävä yksityiskohtainen kuvaus käytettävästä sähköasennuksen johdotusmenetelmästä. Kyseisen kuvauksen on sisällettävä

- l) aurinkosähköpaneelien asennusjohdoiksi tarkoitettujen kaapelien vähimmäishalkaisijat*
- m) mahdolliset johdotusmenetelmien ja johtojen hallinnan rajoitukset aurinkosähköpaneelin liitäntäkotelon osalta*
- n) käytettävien johtimien koko, tyyppi, materiaali ja lämpötilamitoitus*
- o) liittimien tyyppi asennusjohtoja varten*
- p) erityiset aurinkosähköliittimen mallit / tyypit, johon aurinkosähköpaneelin liittimet voidaan liittää, ja valmistaja*
- q) jos on tarkoitus käyttää yhtä tai useampaa potentiaalintasausmenetelmää, ne on määriteltävä. Kaikki toimitetut tai määritellyt laitteet on yksilöitävä dokumentaatioissa*
- r) jos suojalaitteet (esim. ohitusdiodi jne.) kuuluvat aurinkosähköpaneeliin, ilmoitus asiasta. Jos suojalaite on vaihdettavissa, ilmoitus asiasta. (29, s. 7–10.)*

Järjestelmän oikean koon määrittämisen helpottamiseksi valmistajan on sisällytettävä dokumentaatioon asianmukaiset muuttujat, joiden ansiosta järjestelmäkaavio ei perustu pelkästään dokumentaatiossa ilmoitettuihin STC-arvoihin. Esimerkiksi suureiden V_{oc} - ja I_{sc} -arvoille suositellaan varmuuskerrointa 1,25, koska säteilyn voimakkuus on usein

suurempi kuin 1 000 W/m² ja alle 25 °C:n menevä lämpötila voi nostaa suureen Voc-arvoa.

Dokumentaatioon on sisällytettävä seuraava tai vastaavanlainen ilmoitus:

”Normaaliolosuhteissa aurinkosähköpaneeli kokee todennäköisesti olosuhteita, jotka tuottavat suurempaa virtaa ja / tai jännitettä kuin mikä raportoidaan standardiolosuhteissa. Näin ollen tähän aurinkosähköpaneeliin merkityt arvot I_{sc} ja Voc olisi kerrottava luvulla 1,25, kun määritetään aurinkosähköpaneeliston lähtöön yhdistettyjen komponenttien jännitemitoituksia, johtimien virtamitoituksia ja ohjaimien (esim. vaihtosuuntaajan) kokoa.”

Varmuuskerrointa 1,25 komponenttien vähimmäisjännitemitoitusta varten voidaan mukauttaa järjestelmän suunnittelun aikana asennuksen sijainnin minimilämpötilan ja lämpötilakertoimen avulla suurelle Voc. Suureen I_{sc} arvoa voidaan mukauttaa enimmäislämpötilan, säteilyn voimakkuuden ja paneelin asennon perusteella. Tätä varten tarvitaan täysi simulaatio nimenomaisesta sijainnista pitkäaikaisia säätietoja käyttäen.

Lisäksi dokumentaation tulee sisältää maininta enimmäiskorkeudesta, johon aurinkosähköpaneeli on suunniteltu sekä sähkötekniset alimitoitukset, joita sovelletaan standardin EN 61730-1 mukaisesti. Jännitteen alimitoitusta voidaan soveltaa eristyskoordinaatiossa määritetyllä tavalla. (29, s. 7–10.)

Mekaaniset tiedot

- a) *Maininta kunkin kiinnitysmenetelmän (kiinnikkeet, teljet jne.) suunnitellusta kuormasta, jotta varmistetaan paneelin pysyminen paikoillaan.*
- b) *Kunkin kiinnitysmenetelmän rajoitukset (kalteva pinta, kiinnitysväline, ilmarako rakenteen ja paneelin välillä, telinekiinnitys, kattoon tai rakennukseen integroitu / kiinnitetty jne.).*
- c) *Kunkin kiinnitysmenetelmän rajoitukset, jos paloluokitus riippuu kiinnitysmenetelmästä. (29, s. 7–10.)*

Asennustiedot, sertifikaatit ja muut tiedot

Asennustiedoista mainitaan seuraavaa

- a) Tuotteen mukana on toimitettava kokoonpanotiedot ja –ohjeet, kun tuote toimitetaan alikokoonpanoina, ja niiden on oltava yksityiskohtaiset ja tarkoituksen mukaiset, niin että ne auttavat asentamaan tuotteen täydellisesti ja turvallisesti.
- b) Dokumentaation on sisällettävä maininta, että ulkoista tai muuten keinotekoisesti keskitettyä auringonvaloa ei saa suunnata suoraan aurinkosähköpaneelin etu- tai takapinnalle (jollei paneelia ole kelpuutettu siihen).

Asennusten rakenteiden ominaisuuksista on esitettävä

- a) Kiinnitysasento (esim. reiät tai kiinnikkeiden sijainti). Kiinnitystä koskevat yksityiskohdat on esitetty kohdassa 3.1.1.2.
- b) Potentiaalintasaussijainti.
- c) Paino kilogrammoina.

Dokumentaatioissa on lueteltava kaikki asianmukaiset (standardin EN 45011 mukaiset) sertifikaatit, jotka koskevat paneelin turvallista asennusta ja käyttöä. (29, s. 7–10.)

4.1.2 Dokumentaation parasta käytäntöä koskevat tiedot

Sähkötekniset tiedot, mukaan lukien johdotuksia koskevat tiedot

- a) Paneelin nimellinen käyttölämpötila – NMOT.
- b) Suorituskyky NMOT:ssä. (MQT 06.2)
- c) Suorituskyky heikon säteilyvoimakkuuden aikana. (MQT 07)
- d) Suhteelliset lämpötilakertoimet yksikkönä [%/K] suureiden I_{sc} , P_{max} ja V_{oc} arvoille tasolla 200 W/m² tai muilla säteilyvoimakkuuden tasoilla.
HUOM. Suureiden IMPP ja VMPP arvot voidaan ilmoittaa.
- e) Sarjaan ja rinnan kytkettyjen paneelien suurin lukumäärä paneeliketjussa.
- f) Standardin liitteen C mukaiset tiedot energiantuottolaskelmasta.
- g) Tiedot paneelin eristyksen käyttäytymisestä ympäristön funktiona standardin kohdan C.3 mukaisesti.
- h) Aurinkosähköpaneelien kapasitanssia koskevat tiedot standardin kohdan C.4 mukaisesti.

Asennustiedot ja sertifikaatit

- a) Tekninen piirustus, jossa on kennojen lukumäärä ja ohitusdiodin (tyyppi ja mitoitukset) piiri soveltuvien osien.
- b) Aurinkosähköpaneelin ulkomitat (pituus, leveys)
- c) Aurinkosähköpaneelin kokonaispaksuus (mukaan lukien kehys ja liitäntäkotelo).
- d) Kehyksen materiaali.
- e) Alusrakenteen ja päällysrakenteen tyyppi.
- f) Liitäntäkotelo standardin EN 62790 mukaisesti.
- g) Paneelin kaapeli standardin EN 50618 (tulevan standardin IEC 62930 ED1) mukaisesti.

- h) Liitin standardin EN 62852 mukaisesti ja sen IP-suojaus standardin EN 60529 mukaisesti.*

Kaikki muut mahdolliset sertifikaatit (standardin EN 45011 mukaisesti) voidaan luetella dokumentaatiossa. (29, s. 7–10.)

Muut tiedot

Aurinkosähkökennojen lukumäärästä, teknologiasta ja materiaalista ilmoitetaan

- a) Sarjaan kytkettyjen kennojen lukumäärä ja mahdollinen rinnakkainen sisäinen johdotus.*
- b) Kennojen teknologia ja materiaali.*
HUOM. Esim. yksikiteinen Si, monikiteinen Si, n-tyypin Si, UMG-Si, takaosasta kontaktissa oleva, kaksipintainen, CIGS, a-Si, μ -Si, npn-tyyppi, pnp-tyyppi, CdTe jne.

Paloluokitukseen liittyen täytyy sisällyttää

- a) Lauseke, jossa ilmoitetaan paloluokitus (EN 13501-1).*
- b) Tietyn muuttajan / tiettyjen muuttujien yksityiskohdat, kun paloluokitus riippuu tietyistä kiinnitysrakenteesta, tietyistä riveistä tai tietyistä, kattoon tai rakenteeseen yhdistetystä kiinnitysvälineestä.*
HUOM. Saattaa olla kansallisia vaatimuksia, jotka on otettava huomioon. (29, s. 7–10.)

4.1.3 Merkintöjä koskevat pakolliset tiedot

Alla olevassa listauksessa esitetään kaikki aurinkosähköpaneelien merkintöjä koskevat pakolliset tiedot. Merkintöjen tulee olla selviä ja häviämättömiä.

Paneelin tunnusta koskevat pakolliset tiedot

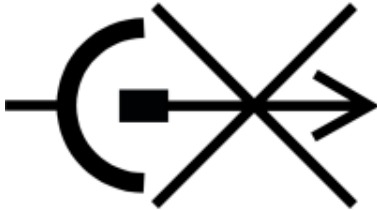
- a) valmistajan nimi, rekisteröity kauppanimi tai rekisteröity tavaramerkki*
- b) tyypin tai mallinumeron tunnus*
- c) sarjanumero*
- d) valmistusaika ja -paikka; vaihtoehtoisesti sarjanumero, jonka perusteella valmistusaika ja -paikka voidaan jäljittää*

Sarjanumeron tunnus on sijoitettava siten, että sitä ei voida poistaa (ensisijaisesti koteloon) ja että se on luettavissa asennuksen jälkeen.

HUOM. On sallittua peittää kyseisen sarjanumeron tunnus asennuksen jälkeen kehyksellä esim. julkisivuasennuksissa. (29, s. 10–12.)

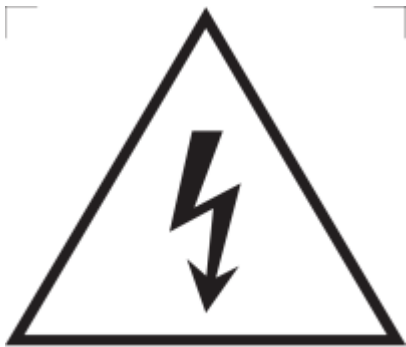
Sähkötekniisten tietojen osalta vaaditaan

- a) liittimien tai johtimien napaisuus
- b) aurinkosähköliittimet on merkittävä selvästi ilmaisten liittimen napaisuus
- c) aurinkosähköliittimet on merkittävä tunnuksella "Do not disconnect under load" (kuva 1.), joka esitetään standardin EN 61730-1:2016 liitteessä A (esim. kuvataunnuksella IEC 60417-6070). Tunnus tai varoitus on painettava liitimeen tai merkittävä sen lähelle.



KUVA 1. Vaadittu tunnus (31)

- d) suurin ylivirtasuojalaitteen mitoitusvirta
- e) "järjestelmän suurin jännite" eli V_{sys}
- f) suojaus sähköiskulta, suojausluokka standardin EN 61730-1 mukaisesti. Luokan II ja luokan 0 aurinkosähköpaneelien osalta on käytettävä kuvataunnuksia IEC 60417-6042 Caution, risk of electric shock (kuva 2.) aurinkosähköpaneelin sähköytökennän lähellä.



KUVA 2. Vaadittu varoitusmerkki (32)

Aurinkosähköpaneelit on merkittävä kuuluviksi johonkin seuraavista luokista:

TAULUKKO 3. Aurinkosähköpaneelien luokitukset (29)

Aurinkosähköpaneelin luokitus	Merkintä	Tunnus
Luokka II	Merkintä IEC 60417-5172: Class II equipment mukaisesti	
Luokka 0	Ei merkintää	Ei tunnusta
Luokka III	Merkintä IEC 60417-5180: Class III equipment mukaisesti	

Aurinkosähköpaneelit, jotka on varustettu toiminnallisen maadoituksen liitännällä, on merkittävä kuvatunnuksella IEC 60417-5018 Functional earthing (Kuva 3.)



KUVA 3. Toiminnallisen maadoituksen kuvatunnus (33)

Aurinkosähköpaneeliin, joka on varustettu asennusjohtojen liittimillä, joka on mitoitettu vain kuparijohdon kanssa käytettäväksi, on merkittävä liittimeen tai sen lähelle ilmoitus "Use copper wire only", "Cu only" tai vastaava.

Aurinkosähköpaneelit, jotka on varustettu asennusjohtojen liittimillä, joka on mitoitettu käytettäväksi vain tietyn, erilaisen johdotusmateriaalin kanssa, on merkittävä samanlaisella ilmoituksella, jossa viitataan mitoitettuun materiaaliin.

Aurinkosähköpaneeleita, jotka on varustettu asennusjohtojen liittimillä, joissa voi käyttää mitä tahansa materiaalia, ei tarvitse merkitä. (29, s. 10–12.)

Seuraavat sähkötekniset tiedot on esitettävä suhteessa standardiolosuhteisiin (1 000 W/m², 25 °C, AM 1,5 G julkaisun CLC/TS 61836 mukaisesti). Valmistajan ilmoittama toleranssi on ilmoitettava standardiolosuhteiden vallitessa (STC-olosuhteissa):

- g) "avoimen piirin jännite" eli "Voc" mukaan lukien mitoitettut tuotannon toleranssit*
- h) "jännitteet enimmäistehopisteessä" eli "VPmax" mukaan lukien mitoitettut tuotannon toleranssit*
- i) "virta enimmäistehopisteessä" eli "IPmax" mukaan lukien mitoitettut tuotannon toleranssit*
- j) "aurinkosähköpaneelin suurin teho" eli "Pmax" mukaan lukien mitoitettut tuotannon toleranssit*
- k) "oikosulkuvirta" eli "Isc" mukaan lukien mitoitettut tuotannon toleranssit. (29, s. 10–12.)*

Paneelissa, jonka avoimen piirin jännite ylittää 35 V ja / tai järjestelmän suurin jännite ylittää 35 V, on oltava liitännäsvälineen lähellä (esim. aurinkosähköpaneelin liittimen lähellä olevassa kaapelissa kilpi, jossa varoitetaan sähköiskun vaarasta).

4.1.4 Merkintöjen parasta käytäntöä koskevat tiedot

Sertifikaateista ja sertifiointiyrityksen tunnuksista mainitaan:

- a) Sertifiointiyrityksen tunnus voidaan kiinnittää paneeliin, jos sertifiointiyritys on antanut tähän luvan.*
- b) Aurinkosähköpaneeliin sovellettavat ja läpäistyt standardit.*

Muiden tietojen osalta mainitaan lauseke, jossa ilmoitetaan paloluokitus (EN 13501-1). (29, s. 10–12.)

4.2 Standardin SFS-EN 62446-1 mukaiset vaatimukset dokumentoinnille

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelijan ja urakoitsijan kannalta oleellisempi standardi dokumentointia koskien on SFS-EN 62446-1. Se käsittelee sähköverkkoon kytkettävien järjestelmien vaatimuksia dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Standardia on päivitetty edellisen kerran vuonna 2016. Opinnäytetyössä keskitytään sovitusti vain dokumentaatio-osioon, sillä muutoksia standardiin ei ole lähiaikoina tullut.

Aurinkosähköjärjestelmän dokumentointia käsitellään standardin kappaleessa 4. Siinä esitetään dokumentoinnin minimivaatimukset, joiden on oltava järjestelmän käyttäjän, tarkastajan ja kunnossapito henkilökunnan saatavilla. Dokumentaatioon kuuluvat järjestelmän perustiedot ja informaatio, jonka odotetaan olevan saatavilla käyttö- ja huolto-ohjeissa. (34.)

4.2.1 Järjestelmän tiedot

Järjestelmän perustiedoista tulee ilmoittaa seuraavat kohdat:

- a) projektin tunnus (jos tiedossa)*
- b) laitteiston mitoitus teho (kW DC tai kVA AC)*
- c) aurinkosähköpaneelien ja vaihtosuuntaajien valmistaja, malli ja lukumäärä*
- d) asennus- ja käyttöönottopäivä*
- e) asiakkaan nimi ja asennuskohteen osoite*

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelijasta ja asentajasta tulee olla selvillä yritys, yhteyshenkilö sekä yhteyshenkilön postiosoite, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. Tapauksissa, joissa suunnittelusta tai asennuksesta on vastannut useampi kuin yksi yritys, tulee toimittaa tiedot jokaiselta yritykseltä ja tehdä kuvaus jokaisen yrityksen roolista kyseisessä projektissa. (34, s. 11–12.)

4.2.2 Johdotuskaavio

Vähimmäisvaatimuksena on johdotuskaavio yksiviivaisella esitystavalla. Kaavioon on laitettava huomautukset, jotka sisältävät yksityiskohtaisempaa tietoa alempana mainituista vaatimuksista. Yleisesti informaatio ilmoitetaan johdotuskaaviossa käyttäen viivaista esitystapaa ja huomautuksia, mutta suuremmissa järjestelmissä on sallittua esittää informaatio taulukkomuodossa kaavioissa käytettävissä olevan tilan puutteen vuoksi.

Aurinkosähköpaneeliston yleiset määrittelyt

Seuraavat aurinkosähköpaneeliston suunnittelutiedoista on sisällytettävä johdotuskaavioon tai järjestelmäspesifikaatioon:

- a) *aurinkosähköpaneelin tyyppi*
- b) *paneelien kokonaislukumäärä*
- c) *paneeliketjujen lukumäärä*
- d) *paneelien lukumäärä per paneeliketju*
- e) *jokaiseen vaihtosuuntaajaan liitettyjen paneeliketjujen tunnistet.*

Jos paneelisto on jäsennetty osapaneelistoihin, on johdotuskaaviossa esitettävä paneeliston rakenne jaettuna osapaneelistoihin, sisältäen kaikki yllämainitut tiedot jokaisesta osapaneelistosta. (34, s. 11–12.)

Paneeliketjun tiedot

Paneeliketjuista on sisällytettävä seuraavat tiedot johdotuskaavioon tai järjestelmäspesifikaatioon:

- a) *paneeliketjukaapelin tiedoista koko ja tyyppi*
- b) *paneeliketjun ylivirtasuojalaitteen (jos on käytetty) tiedoista tyyppi ja mitoitus tiedot (jännite/virta)*

- c) *estodiodin tyyppi (jos on käytetty).*

Aurinkosähköpaneeliston sähkötekniset tiedot

Aurinkosähköpaneeliston sähköteknisistä tiedoista on sisällytettävä kaapelointi- ja johdinkaavioon tai järjestelmäspesifikaatioon

- a) *paneeliston pääkaapelin tiedoista poikkipinta ja tyyppi*
- b) *paneeliston liitäntärasiat / liitäntäkeskuksen sijaintitiedot*
- c) *tasasähköerottimen sijainti- ja mitoitus tiedot (jännite / virta)*
- d) *paneeliston ylivirtasuojalaitteiden tyyppi sekä sijainti- ja mitoitus tiedot (jännite / virta)*
- e) *muut virtapiirien elektroniset suojalaitteet (esim. valokaarivikojen tunnistuslaitteet), jos on käytetty; Näistä suojalaitteen tyyppi sekä sijainti- ja mitoitus tiedot.*

Vaihtosähköjärjestelmä

Vaihtosähköjärjestelmän seuraavat sähkötekniset tiedot on sisällytettävä kaapelointi- ja johdinkaavioon tai järjestelmäspesifikaatioon

- a) *vaihtosähköerottimen tyyppi ja sijainti*
- b) *vaihtosähköylivirtasuojalaitteen tyyppi sekä sijainti- ja mitoitus tiedot*
- c) *vikavirtasuojalaitteen tyyppi sekä sijainti- ja mitoitus tiedot.*

Maadoitus ja ylijännitesuojaus

Maadoituksesta ja ylijännitesuojauksesta seuraavat sähkötekniset tiedot on sisällytettävä kaapelointi- ja johdinkaavioon tai järjestelmäspesifikaatioon

- a) *yksityiskohdat kaikista maadoituksista / potentiaalintasaussjohtimista: poikkipinta-
alat ja liitäntäpisteet.*
Yksityiskohdat paneeliston kehyksen potentiaalintasaускаapelista, missä paneeliston kehysten potentiaalintasauss on toteutettu.
- b) *Yksityiskohdat kaikista liitännöistä salamasuojajärjestelmään (LPS).*
- c) *Yksityiskohdat kaikista asennetuista (vaihto- ja tasasähköpiireissä) ylijännitesuojista sisältäen mitoitus tiedot sekä tyyppi- ja sijaintitiedot. (34, s. 12–13.)*

4.2.3 Käyttö- ja kunnossapitotiedot

Käyttäjälle on luovutettava käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät tiedot ja niiden pitää sisältää vähintään seuraavat tiedot:

- a) *Toimenpiteet järjestelmän oikean toiminnan varmentamiseen.*
- b) *Tarkistuslista tehtävistä, jotka tehdään järjestelmän vikaantuessa.*
- c) *Järjestelmän hätäpysäytys ja erotustoimenpiteet.*
- d) *Kunnossapito- ja puhdistussuositukset (mekaaninen, rakenteellinen, sähkö), mikäli sellaiset on olemassa.*
- e) *Huomioitava mahdolliset tulevat rakennustyöt, jotka vaikuttavat paneeliston toimintaan (esim. kattotyöt).*
- f) *Paneelien ja vaihtosuuntaajien takuuseen liittyvä dokumentaatio, sisältäen takuun alkamispäivän ja takuujakson pituuden.*
- g) *Dokumentaatio kaikista sovellettavista työmenetelmistä tai säänkestoisuuteen liittyvistä takuutiedoista. (34, s. 11–12.)*

4.2.4 Muut tiedot

Paneeliketjun kokoonpano

Aurinkosähköjärjestelmästä on tehtävä kokoonpanopiirustus, jos paneeliketjujen lukumäärä on kolme tai enemmän. Piirustuksen tulee esittää koko paneelisto ja sen osat jaettuna paneeliketjuihin.

Tämä on erityisen hyödyllinen tieto vianpaikannukseen suurissa ja rakennukseen asennetuissa järjestelmissä, joissa pääsy paneelien alapuolelle on vaikeaa.

Datalehdet

Datalehdet on oltava vähintään seuraavista järjestelmän komponenteista:

- a) *Järjestelmän jokaisen aurinkosähköpaneelityypin datalehdet standardin IEC 61730-1 vaatimusten mukaisesti.*
- b) *Järjestelmän jokaisen vaihtosuuntaajatyypin datalehdet.*

Suosittelaa myös järjestelmän muiden merkittävien komponenttien datalehtien sisällyttämistä.

Mekaanisen suunnittelun tiedot

Paneeliston kiinnitysjärjestelmän datalehdet on oltava saatavilla. Jos kiinnitysrakenteita muutetaan, tulee sisällyttää tarvittava dokumentaatio.

Hätätilannejärjestelmät

Aurinkosähkölaitteistoon liittyvien hätätilannejärjestelmien (palovaroittimet, palonilmaisu- ja paloilmoitusjärjestelmät) dokumentaatio. Tietojen tulee sisältää suunnittelutiedot ja käyttöohjeet.

Testitulokset ja käyttöönottoon liittyvät tiedot

Kaikista testeistä ja käyttöönottoon liittyvistä tiedoista on annettava kopiot. Tietojen tulee sisältää vähintään tulokset tarkastukseen liittyvistä testeistä, joiden tiedot yksilöidään standardin SFS-EN 62446-1 kohdassa 5. (34, s. 13–14.)

5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT TULEVAISUUDESSA

5.1 Verkkoliitântävaatimus

EU-komission uusi verkkoliitântävaatimuksia koskeva asetus 2016/631 tulee sovellettavaksi vuonna 2019. Laitestandardeja voidaan asetuksen vuoksi joutua päivittämään ja ennen asetuksen voimaantuloa kaikki verkkokoodiin liittyvät EN-standardit päivitetään uuden asetuksen mukaisiksi. Aurinkosähkön osalta se tarkoittaa mm. sähköverkkoon kytkettyjen invertterien eli vaihtosuuntaajien ominaisuuksien ja parametrien määrittelyä. (28, s. 12–13). Voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimusten muutokset vuonna 2018 ovat osittain juuri verkkoliitântäasetuksen ansiota.

5.2 Valmisteilla olevia standardeja

Standardien ja määräyksien voidaan odottaa kehittyvän ja lisääntyvän lähivuosina. Pää tavoitteena standardisoinnissa tulee olemaan järjestelmien turvallisuus ja kustannustehokkuus. Haasteeksi voi muodostua aurinkosähköjärjestelmien nopea kehitys ja suosion kasvu. Myös aurinkoenergian monipuolistuva hyödyntäminen vaatii standardien uusimista. Aurinkoenergian hyödyntäminen lisääntyy varmasti esimerkiksi sähköautojen lataamisessa sekä kiinteistöjen lämmityksessä ja jäähdytyksessä. (25).

IEC:n aurinkosähkökomitealla on tällä hetkellä valmisteilla 70 aurinkosähköjärjestelmiin liittyvää uutta standardia tai standardin uudistusta. Julkaistut ja työn alla olevat standardit ovat IEC:n verkkosivuilla. (35.) Uusia standardeja voidaan joutua luomaan tai jo olemassa olevia muokkaamaan, mikäli tulee tarvetta reagoida esimerkiksi EU:n uusiin määräyksiin.

Opinnäytetyössä käsitellyistä standardeista SFS-EN 62446-1 on saamassa lisäosan, kun valmisteilla on verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien kunnossapitoon keskittyvä IEC 62446-2. Lisäosa IEC 62446-3, joka käsittelee lämpökameran käyttöä tarkastuksissa, on julkaistu kesäkuussa 2017 ja se tulee käyttöön Suomessa myöhemmin. (35.)

SFS 6000 standardeihin voidaan odottaa seuraavia muutoksia vuonna 2022, sillä standardi päivitetään viiden vuoden välein ja edellisen kerran sitä päivitettiin vuonna 2017. Seuraavia muutoksia on hyvin vaikea ennustaa, sillä ala kehittyy todella nopeasti niin teknologian kuin osaamisen osalta.

Voimalaitosten järjestelmäteknisiin vaatimuksiin on tuskin tulossa muutoksia lähiaikoina, sillä uusi VJV2018 tuli käyttöön juuri opinnäytetyön tekemisen aikana. Myöskään dokumentaatiopuolelle ei ole odotettavissa muutoksia vähään aikaan, koska molemmat dokumentaatiota käsittelevät standardit on päivitetty parin vuoden sisään eikä tällä hetkellä ole valmisteilla dokumentaatiota koskevia standardeja.

Kokonaan uusia standardeja tullaan varmasti julkaisemaan vuosittain useita, jotta saadaan standardit vastaamaan nykypäivän tarpeita. Tällä hetkellä aurinkosähkön standardisoinnin trendeissä näkyy teknologian kehittyminen, suosion kasvamisen myötä järjestelmien kehittäminen ja monipuolistaminen sekä standardien harmonisointi. Erilaisten paneelimateriaalien myötä mahdollistuu esimerkiksi ikkunoiden toimiminen auringonsäteilyn vastaanottajana. Vaihtovirtapaneelit mahdollistaisivat invertterin poisjättämisen järjestelmästä, jolloin kyseeseen tulisivat mikroinvertterit, jotka asennettaisiin jokaiseen paneeliin. Toisaalta invertterejä pyritään myös kehittämään älykkäämpään suuntaan. Myös järjestelmien saatavuutta sekä laatua ja luotettavuutta pyritään parantamaan. (8, s. 4.)

Turvallisuus on oleellinen tekijä myös aurinkosähköjärjestelmissä ja aurinkosähköstä pyritäänkin tekemään turvallisin sähköntuotantotapa. Muita aurinkosähköjärjestelmien standardoinnin tämän hetkisiä trendejä ovat mm. energiatuotannon arviointi odotetulta käyttöiältä ja aurinkoenergian varastoinnin kehittäminen. (8, s. 4.)

5.3 Aurinkosähköjärjestelmä älykkäässä sähköverkossa

Älykäs sähköverkko tarkoittaa hyvin pitkälti tieto- ja viestintäteknologiaa käyttävää automatisoitua sähköverkkoa, joka osaa kommunikoida eri verkon komponenttien välillä ja lähettämään tietoa verkon tilasta. Näin sähköverkko toimii luotettavammin ja kannattavammin. Älykästä sähköverkkoa on kehitetty jo pitkään pienin askelin, esimerkiksi sähköyhtiö Elenia on ottanut käyttöön ensimmäiset älykkäät sähkömittarit vuonna 2004.

(36.) Älykkään sähköverkon avulla pystytään parantamaan sähkölaatua sekä lyhentämään sähkökatkoja ja tehostamaan verkon ylläpitoa (37).

Älykäs sähköverkko mahdollistaa sähkön pientuotannon liittämisen valtakunnan sähköverkkoon. Näin jokainen aurinkosähköjärjestelmän omistaja pystyy tuottamaan energiaa yleiseen sähköverkkoon, jolloin keskitettyä tuotantoa voidaan vähentää tai voimalaitosten tuottamaa sähköä varastoida. Nykyisessä sähköverkossa ongelmana on ollut se, että kulutettu sähkö pitää samanaikaisesti tuottaa jossakin tuotantolaitoksessa. Yhtenä merkittävänä tekijänä on myös tuotannon ja kulutuksen tasapainottaminen, jolloin sähköverkon saatavuus paranee tehopiikkien jäätyä pois. (38.)

Tällä hetkellä tavallisissa kodeissa älykkääseen sähköverkkoon kuuluvat vain etäluettavat sähkömittarit, mutta yhä enemmän rakennetaan rakennuksen sisäisiä älykkäitä sähköverkkoja (38). Uusissa älykkään sähköverkon sisältävissä kohteissa asukas pystyy esimerkiksi säätämään etänä sähkölaitteidensa käyttöä (39). Aurinkosähköjärjestelmän sisältävässä rakennuksessa älykästä sähköverkkoa pystytään hyödyntämään esimerkiksi sähkönkulutuksen tasaamiseen, jolloin puhutaan kysyntäjoustosta.

5.3.1 Kysyntäjousto

Kysyntäjoustolla tarkoitetaan sähkön kuluttamista sen tuotannon mukaan. Sähkön kuluusta säädetään sen mukaan, kuinka paljon sitä tuotetaan, jolloin energiajärjestelmä on luotettavampi ja sähkön saanti varmempaa. (39, s. 9.)

Aurinkosähköjärjestelmän tuottaessa eniten sähköä päiväsaikaan, pystytään kysyntäjouston avulla käyttämään sähköenergiaa silloin kun sitä on saatavilla. Esimerkiksi päivällä auringonsäteilyn ollessa voimakkaimmillaan voi automaattisesti toimiva kytkin ohjata osan aurinkosähköjärjestelmän tuottamasta sähköstä lämmittämään vettä lämminvesivaraajaan tai lataamaan sähköautoa. Tällöin joudutaan kuluttamaan sähköä yleisestä sähkönjakeluverkosta mahdollisimman vähän. Aurinkosähköjärjestelmän ollessa tarpeeksi suuri voidaan normaalitilanteessa olla jopa riippumattomia sähköyhtiöiltä ostetusta sähköstä. (40.)

5.3.2 Hajautettu järjestelmä

Hajautettu järjestelmä liittyy hyvin vahvasti älykkääseen sähköverkkoon ja valtakunnallisen sähköverkon kysyntäjousto. Siinä sähköntuotantolaitokset ovat hajautuneena ympäri sähköverkkoa, jolloin verkossa ei olla niin riippuvaisia suurista voimalaitoksista ja uudistuvia energianlähteitä käyttäviä sähkön pientuottajia on enemmän. Esimerkiksi yksittäisten kuluttajien aurinkosähköjärjestelmät ovat osa hajautettua energiantuotantoa. Kun kuluttajan aurinkosähköjärjestelmä tuottaa ylimääräistä energiaa, se voidaan myydä sähköyhtiöille. Toisaalta aurinkosähkönjärjestelmä tuo omavaraisuutta kuluttajalle, jolloin hänen ei tarvitse ostaa sähköä sähköyhtiöiltä. Hajautetun energiantuotannon kehittyessä taloudellisesti järkevämmäksi ja tullessa suosituimmaksi voidaan välttää energian tuottamista suurissa voimalaitoksissa. (41.)

Tavalliselle omakotitaloasukkaalle hajautettu järjestelmä tuo monia hyviä puolia. Sähköyhtiöiden ja teollisuuden määräysvalta energiateollisuudessa vähenee. Sähköä voidaan tuottaa itse omiin tarpeisiin ja asukas voi itse tarkkailla, milloin energiaa kannattaa tuottaa ja myydä sähköyhtiöille. (41.)

6 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN ONGELMAKOHTIA

Lisääntyneestä kiinnostuksesta ja räjähdysmäisestä käyttöönottojen määrien kasvusta huolimatta aurinkosähköjärjestelmilläkin on omat ongelmakohtansa, jotka jarruttavat aurinkosähköjärjestelmien hankintojen määrää. Tämän luvun tarkoituksena on esittää, mitä ongelmia aurinkosähköön liittyy ja miten niitä mahdollisesti voitaisiin ratkaista.

6.1 Kattorakenteiden kestävyys

Ennen varsinaisen aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun aloittamista tulee tarkastaa kohteen kattorakenteiden kestävyys. Noin 20 kg painavat paneelit lisäävät kattorakenteiden rasitusta, jonka lisäksi paneelit kerryttävät tavallista enemmän lunta katolle. (42). Monissa kohteissa ongelmaksi koituu, ettei rakenteiden kestävyys ole varattu lisäkuormia. Tällöin kattorakenteita joudutaan vahvistamaan ja aurinkosähköjärjestelmän hankintahinta kasvaa. Monella järjestelmä voikin jäädä tästä syystä hankkimatta.

Asuinrakennusten kattojen kestävyys on poikkeuksetta pystyttävä todistamaan. Parhaiten tämä onnistuu tarkistamalla asia rakennuksen rakennesuunnittelijalta. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee ulkopuolisen rakennesuunnittelijan mitoittaa rakenteiden kestävyys uudelleen ennen paneelien asentamista. (42.)

Nykypäivänä aurinkosähköjärjestelmän hankkimista harkitaan jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Tällöin kattorakenteet voidaan heti mitoittaa niin, että ne kestävät aurinkopaneelien aiheuttaman rasituksen. Aurinkosähkön suosion ja kehityksen jatkuessa olisi rakennettavissa kohteissa aina hyvä tehdä rakenteet tarpeeksi kestäviksi mahdollisesti hankittavaa aurinkosähköjärjestelmää varten.

6.2 Aurinkoenergian varastointi

Aurinkosähköjärjestelmän tuottaman ylimääräisen energian varastointi on mahdollista, mutta tällä hetkellä se ei ole taloudellisesti järkevää akkujen korkeiden hintojen vuoksi. Akkujen hintavuuden vuoksi investointi ei ole yhtä kannattava, sillä järjestelmän takaisinmaksuaika kasvaa todella pitkäksi tai se ei maksa itseään ollenkaan takaisin lait-

teiston eliniän aikana. Tulevaisuudessa on kuitenkin odotettavissa, että akkuteknologian kehitys ja laskevat hinnat tekevät akkujen hankkimisen kannattavaksi. (43; 44.)

Sähkölämmitteisissä omakotitaloissa järjestelmän tuottamaa ylimääräistä aurinkoenergiaa voidaan varastoida lämminvesivaraajaan. Tällöin järjestelmän automaattisesti toimiva kytkin kääntää ylimääräisen energian lämminvesivaraajaan, eikä sitä tarvitse siirtää sähköjakeluverkkoon. Käyttöveden lämmittäminen on sähköllä lämpenevissä omakotitaloissa yksi suurimmista sähkönkuluttajista, joten kuluttaja säästää tässä ostosähkön määrässä. (44.)

6.3 Aurinkosähkön myyjän asema

Aurinkosähköjärjestelmän tuottaman ylimääräisen energian varastointiongelmien vuoksi joskus sähköä saatetaan joutua myymään sähköverkkoyhtiöille. Tämä ei kuitenkaan ole järjestelmän omistajan kannalta rahallisesti kannattava ratkaisu, sillä itse käytetyn sähkön hyöty on paljon suurempi kuin myydystä sähköstä saatu myyntitulo. Sähköverkkoyhtiöiden maksama korvaus on vain murto-osa siitä, mitä kuluttaja maksaa sähköstään kantaverkkoyhtiöille. Alhaista ostohintaa on perusteltu mm. siten, että sähköverkkoyhtiöt maksavat sähköstä yhtä paljon voimalaitoksille. Jotkin sähköverkkoyhtiöt eivät maksa tuotetusta aurinkosähköstä mitään. (44.)

Yksi ratkaisu voisi olla nykyisen sähkönkulutuksen mittaustapojen uusiminen. Sähkönkulutuksen mittaamisen muuttaminen tuntitasolla mitattavaksi helpottaisi aurinkosähkön panostavan asemaa. Omakotitaloissa, joissa on kolmivaiheinen sähkömittari ja yksivaiheinen aurinkosähköjärjestelmä, on nykyinen sähkönkulutuksen mittaaminen kömpelöä. Kulutetun ja tuotetun sähkön mittaustulokset menevät omiin rekistereihinsä, jolloin omakotitalo voi mittarin mukaan samaan aikaan kuluttaa ja tuottaa sähköä. Tällöin itse tuotetun sähkön todellinen käyttöaste hämärtyy verrattuna etukäteisarviointeihin. Itse tuotetun sähkön määrää ei näin ollen vähennetä kulutetusta määrästä, vaan periaatteessa kuluttaja on myynyt tuottamansa sähkön halvalla sähköyhtiölle ja ostanut sieltä kaiken kuluttamansa sähkön. (45.)

Mittaustavat ovat suuri ongelma myöskin taloyhtiöiden kannalta. Aurinkopaneeleilla itse tuotettu sähkö kulkee edelleen jokaisen asunnon sähköyhtiön mittarin läpi, jolloin siitä-

kin tulee asukkaan kannalta sähköyhtiöltä ostettua sähköä. Ostetun sähköenergian hinnan lisäksi kuluttaja maksaa taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmän tuottamasta sähköstä energiamaksun lisäksi sähköyhtiön sähkönsiirtomaksun sekä verot. Lappeenrannan yliopiston professori Jero Aholan mukaan ratkaisu voisi olla virtuaalimittaus. Tällöin sähköyhtiö hoitaisi itse mittauksen, mutta vähentäisi oman tietokantansa avulla talouden kokonaissähkönkulutuksesta sen itse tuottaman sähköenergian. Virtuaalimittaukseen perustuvia kokeiluja on jo menossa ja siitä odotetaan ratkaisua yksittäisen kuluttajan mittausongelmiin. (46.)

Myös sähköverkkoyhtiöiden välillä on eroavaisuuksia pientuotannon mittaustavoissa. Joillakin paikkakunnilla mitataan sähkön tuotantoa ja kulutusta eri rekistereihin, kun taas toisaalla nämä luvut tasataan. Näin sähkön pientuottaja saatetaan eriarvoiseen asemaan sähkömarkkinoilla. Kuluttajan laskussa tämä näkyy siten, että toisaalla itse tuotettu aurinkosähkö joudutaan myymään tappiolla sähköyhtiöille, kun toisaalla se saadaan omaan käyttöön ja säästetään sähkölaskussa. (45.)

Teknisesti helppo ratkaisu olisi nettomittarointi, mutta se vaatisi sähköyhtiöiltä suuria muutoksia niiden liiketoimintamalleihin. Nettomittaroinnissa mitataan sekä sähkönjakeluverkosta tulevaa että sinne syötettävää, itse tuotettua sähköä. Tällöin kuluttaja maksaisi ainoastaan näiden kahden hintaeron sähköverkkoyhtiölle. (45.)

Yleisesti on suositeltavaa, että aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa kannattaa se mitoitaa siten, että ylijäämäsähköä syntyy mahdollisimman vähän. Tarpeen mukaan voidaan ostaa lisäsähköä sähkönjakeluyrityksiltä. Tämä tulee kuitenkin muuttumaan muutaman vuoden sisällä, kun järjestelmän tuottaman sähkön varastointi saadaan järkevämmäksi teknologian kehittyessä ja hintojen laskiessa. Tällä hetkellä aurinkosähköjärjestelmä on kuitenkin hyvä investointi lisätueksi omaan sähköntarpeeseen. Lisäksi hyvä tapa hyödyntää omaa aurinkosähköjärjestelmää on käyttää paljon sähköä kuluttavia laitteita päiväsaikaan, jolloin myös järjestelmän sähköntuotanto on tehokkaimmillaan.

6.4 Turvallisuus palo- ja pelastusviranomaisten kannalta

Asiaa tutkiessa pinnalle nousi myös aurinkopaneeleiden aiheuttamat riskit palo- ja pelastustilanteissa. Viime aikoina on kiinnitetty erityisesti huomiota pelastusviranomaisten turvallisuuteen tulipalotilanteissa. Etenkin tulipalotilanteessa riskinä on sammutusveden osuminen jännitteellisiin aurinkopaneeleihin, mikä voi aiheuttaa vaaratilanteita katolla työskenteleville pelastusviranomaisille. Vaikka sähkönjakelun keskeytyessä aurinkosähkövoimalan toiminta keskeytyy, voi paneeleissa ja niiltä lähtevissä tasajännitekaapeleissa olla silti 200–1000 voltin tasajännite auringonsäteilystä ja sarjaan kytkettyjen paneelien lukumäärästä riippuen. Invertterin ja keskuksen välisellä turvakytkimellä saadaan erotettua järjestelmä verkosta mutta se ei katkaise tai erota paneeliketjujen jännitettä. Tällä hetkellä Euroopan määräykset eivät velvoita rakentamaan paneeleille etäohjattavia turvaerottimia. (30, s. 5.)

Turvaerottimetkaan eivät kuitenkaan olisi kaikkia ongelmia ratkaiseva vaihtoehto. Niillä saataisiin katkaistua paneeliketjujen jännite, mutta yksittäisessä paneelissa jännitettä on aina kun se vastaanottaa auringonsäteilyä. Tähän ongelmaan ei ole vielä keksitty lainkaan ratkaisua. Tärkeä asia tulevaisuudessa onkin miettiä, miten yksittäinen paneeli saadaan jännitteettömäksi tarvittaessa. Yksi mahdollinen keino voisi olla aurinkopaneelien peittäminen, mutta sekin on haasteellista varsinkin suuremmissa aurinkosähköjärjestelmissä. Lisäksi tulisi varmistaa peitteen paikallaanpysyminen ja paneelien todella olevan jännitteettömiä.

Aurinkosähköjärjestelmän asennukseen ja käyttöön ei ole ollut varsinaisia turvallisuusohjeita Suomessa eikä kansainvälisestikään. Kesäkuussa 2016 kansainvälinen palo- ja pelastusalan järjestö CTIF käynnistikin aurinkopaneeleihin liittyvän turvallisuusohjeistuksen suunnittelun. (47.)

Vahinkoja voidaan kuitenkin ehkäistä hyvällä tiedottamisella pelastusviranomaisille. Suomen valtioneuvoston antama asetus pelastustoimesta edellyttää pelastussuunnitelman laatimista suurempiin kohteisiin. Pelastussuunnitelmassa on huomioitava aurinkosähköjärjestelmät ja pelastussuunnitelmaan olennaisesti kuuluvassa riskikartoituksessa on otettava huomioon pelastustoimen henkilöiden turvallisuus. Mikäli pelastus-

henkilöstön ei ole esimerkiksi sähköiskuvaaran vuoksi turvallista mennä rakennuksen tiettyyn osaan, esimerkiksi aurinkopaneeleita sisältävälle katolle, tulee siitä ilmoittaa selkeästi pelastussuunnitelmassa. (48, s. 38–39.)

6.5 Aurinkosähköjärjestelmien luvat ja tuet

Turun yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan aurinkoenergiaan liittyvät lainsäädännöt ja lupa-asiat olivat järjestelmän hankintaa hankaloittavia sekä aurinkoenergiaan liittyvää tietoutta koettiin olevan liian vähän. Lupa-asioiden välillä on eroja kunnittain, minkä koetaan eriarvoistavan eri kuntien asukkaita aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa. (49.)

Aurinkosähköjärjestelmän asentamiseen vaadittavat toimenpideluvat ovat erilaisia eri kunnissa. Paneelien ollessa pinta-alaltaan yli kunnassa asetetun rajan, joudutaan hakemaan lupa järjestelmän asentamiseen. Joissakin kunnissa lupia ei vaadita. Tämä asettaa eri kuntien asukkaat eriarvoiseen asemaan ja aiheuttaa epätietoisuutta siitä, mitä lupia järjestelmän asentamiseen vaaditaan. Lupa-asiat lisäävät myös järjestelmän hankkimisen kustannuksia, mikä vaikuttaa negatiivisesti investoinnin kannattavuuteen. Mikäli Suomessa halutaan panostaa uusiutuvan energian käyttöön, olisi hyvä poistaa paneelien kokorajoitukset ja toimenpideluvat. Myös tarvittavien lupien ja rajoitusten yhtenäistäminen kuntien välillä on vaihtoehto, mikäli niiden poistaminen ei onnistu. (16; 17.)

Tutkimukseen osallistuvat ihmiset kokivat aurinkosähköjärjestelmän hankintaan saavat tuet epäreiluiksi, sillä tällä hetkellä Suomessa yritykset ja julkiset toimijat saavat tukia yksittäisen kuluttajan joutuessa tyytymään kotitalousvähennykseen. Kotitalousvähennys kattoi vuonna 2017 aurinkosähköjärjestelmän kustannuksista noin 14–18%, kun taas yrityksille ja julkisille toimijoille annettiin tukea 25% aurinkosähköinvestoinnista. Lisäksi maataloilla tuki voi nousta jopa 35%:iin. Taloudelliset kannustimet uusiutuvan energian hankkimiseen koettiin tärkeiksi, mutta tällä hetkellä yksittäisiä kotitalouksia syrjiviksi. Myös tietoutta eri tukimahdollisuuksista kaivattaisiin lisää. Aurinkoenergian hyödyntämisen lisäämiseksi voitaisiin kehittää tukijärjestelmästä kaikille tasapuolinen ja hankintaan vielä enemmän kannustava. (49.)

6.6 Muita ongelmia

6.6.1 Olosuhteiden heikko ennustettavuus

Suomessa kulloinkin vallitsevia olosuhteita on mahdoton ennustaa. Olosuhteet vaikuttavat suuresti aurinkosähköjärjestelmän tuottoon, jolloin vuositasolla sen tuotossa voi tulla suuriakin eroja. Tuottoon vaikuttavat auringon säteilyn määrän lisäksi lämpötila ja mahdollinen lumikerros paneelien päällä, joka estää säteilyn pääsemisen paneeleille. Tästä syystä onkin tärkeää olla riippumaton aurinkoenergiasta, vaan vaihtoehtoisia energiantuotantomuotoja tulee silti käyttää tai olla varalla. Yksittäisissä kohteissa sähkön saatavuus voidaan varmistaa liittymällä yleiseen sähkönjakeluverkkoon.

6.6.2 Paneelien valmistukseen käytettävät materiaalit

Aurinkopaneelien valmistukseen käytetään hopeaa, alumiinia, indiumia, telluuria ja gadiumia. Näiden metallien saatavuus tai niitä korvaavien materiaalien löytämisen vaikeus on suurin uhka aurinkoenergian ekologisuudelle. Ongelmaksi muodostuu, mikäli tarvittavia metalleja ei ole saatavilla ja niitä korvaavia materiaaleja ei löydetä. Metallien korvaamiseksi on käynnissä useampi tutkimus ja korvaavia tapoja kerätä auringosta saatavaa energiaa on löydetty. Tulevaisuudessa tulee lisääntymään esimerkiksi auringon säteilyä keräävien kalvojen käyttö, joita voidaan asentaa esimerkiksi ikkunoihin. Uudet tavat ja materiaalit, joilla energiaa voidaan kerätä, näkyvät myös valmisteilla olevissa aurinkoenergiaa koskevissa standardeissa, sillä näistä on valmisteilla useita eri standardeja. (8; 50.)

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää ajankohtaiset verkkoon liitettyjä aurinkosähköjärjestelmiä koskevat standardit ja määräykset. Tilaajalla käytössä olevat dokumentit olivat uusia, mutta tarkoituksena oli käydä läpi niiden sisältämiä muutoksia ja täysin uusia kohtia. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella aurinkosähkön tulevaisuutta ja siihen liittyviä ongelmia sekä etsiä niihin mahdollisia ratkaisuja.

Lopputuloksena saatiin selkeä lista siitä, mihin kohtiin muutoksia oli tullut verrattuna aiempiin standardeihin sekä hyvä katsaus aurinkosähkön tulevaisuuteen. Muutokset olisi voitu käydä kohta kohdalta läpi, mutta se olisi ollut erittäin työlästä. Uusimpia standardeja verrattiin niitä edeltäviin standardeihin ja jokainen muutos tai täysin uusi vaatimus kirjattiin. Lisäksi tarkasteltiin tällä hetkellä vasta valmisteilla olevia standardeja ja tulevaisuudessa voimaan tulevia eri tahojen asettamia määräyksiä, jotka koskevat aurinkosähköjärjestelmien suunnittelua ja toteutusta. Caverion Suomi Oy:llä voidaan varautua tulevaisuudessa tuleviin muutoksiin etukäteen, jolloin niitä voidaan ennakoida järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa jo ennen standardien voimaan tulemistä eikä näin ollen yllätyksiä koskien suunnittelua tai toteutusta tule.

Älykäs sähköverkko ja hajautettu energiantuotanto ovat osa tulevaisuutta ja niihin panostetaan Suomessa tällä hetkellä koko ajan enemmän. Aurinkosähköjärjestelmät ovat osa tätä tulevaisuutta ja onkin tärkeää, että uusien vaatimusten asettamiin tarpeisiin pystytään vastaamaan. Aurinkosähkön kehitystä ja suosion kasvua jarruttavia ongelmia on yhä paljon, mutta niihin kaikkiin pystytään löytämään ratkaisut, mikäli tahto riittää. Useat ongelmat ovat kiinni päättäjistä ja heillä onkin mahdollisuus vauhdittaa matkaa kohti ekologisempaa maailmaa.

Opinnäytetyö oli hyvin pitkälti tiedon etsimistä ja erilaisten standardien sekä vaatimusten läpikäymistä, joita lukiessa koen oppineeni todella paljon aurinkosähköstä ja sen tuomista mahdollisuuksista. Aihe oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen ja tärkeä nykyajan ilmastokeskustelun johdosta. Aurinkosähköjärjestelmät ovat iso osa tulevaisuuden sähköntuotantoa ja koen opinnäytetyön olleen hyvä lisä insinööriopintoihini.

LÄHTEET

1. Mitä standardisointi on? Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on. Hakupäivä 8.3.2018.
2. Standardit. Sähköala.fi. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/teknisetmaaraykset/fi_FI/standardit/. Hakupäivä 8.3.2018.
3. Avain standardien maailmaan. Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/files/83/kk1_avain_standardien_maailmaan_web.pdf. Hakupäivä 29.3.2018.
4. Standardisoinnin maailmankartta. Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on/standardisoinnin_maailmankartta. Hakupäivä 29.3.2018.
5. Näin luet standardia. Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/nain_luet_standardia. Hakupäivä 5.4.2018.
6. Standardi tutuksi. Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso. Hakupäivä 3.4.2018.
7. Miten standardit laaditaan? Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on/miten_standardit_laaditaan. Hakupäivä 3.4.2018.
8. Sirviö, Arto 2016. Aurinkosähköstandardointi. Saatavissa: http://www.sesko.fi/files/710/Aurinkosahkonstandardointi-Arto_Sirvio.pdf. Hakupäivä 8.3.2018.
9. Uusi SFS-käsikirja aurinkosähköstä. Suomen Standardisoimisjärjestö. Saatavissa: http://www.sesko.fi/ajankohtaista/uutisarkisto/arkisto_2015/huhtikesakuu_2015/uusi_sfs-kasikirja_aurinkosahkosta.753.news?1262_o=5. Hakupäivä 16.3.2018.

10. Lainlaatijan EU-opas. Oikeusministeriö. Saatavissa: <http://eu-opas.finlex.fi/1-eu-oikeus-osana-suomen-oikeusjarjestysta/1-3/>. Hakupäivä 9.4.2018.
11. CE-merkki. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>. Hakupäivä 5.4.2018.
12. CE-merkintä. Suomen standardisoimisliitto. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta. Hakupäivä 5.4.2018.
13. TC 82 work programme. International Electrotechnical commission. Saatavissa: http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:3174308125870::::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1276,25. Hakupäivä 24.4.2018.
14. Sähkölaki 319/1979. 1979. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1979/19790319>. Hakupäivä 24.5.2018.
15. Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. 2016. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>. Hakupäivä 24.5.2018.
16. Ennen järjestelmän hankintaa. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/lupa-asiat. Hakupäivä 16.5.2018.
17. Toimenpideluvat. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/lait-ja-saadokset/toimenpideluvat/>. Hakupäivä 16.5.2018.
18. Sertifiointikoulutus. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/palvelut/sertifioidut_asentajat/sertifiointikoulutus. Hakupäivä 24.5.2018.
19. Aurinkosähkön toimintaympäristö muuttuu. 2016. Suomen Standardisoimisjärjestö. Saatavissa: http://www.sesko.fi/files/731/SESKO_joulukuu_final_pieni.pdf. Hakupäivä 26.4.2018.
20. IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications. IECRE. Saatavissa: <http://www.iecre.org/documents/refdocs/pdf/iecre04-ed1.0.pdf>. Hakupäivä 24.5.2018.

21. S-ryhmästä Suomen suurin aurinkosähkön tuottaja – valtiolta tuhti tukipaketti. 2018. YLE uutiset. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10160938>. Hakupäivä 16.4.2018.
22. SFS 6000 -standardisarja 2017 Pienjännitesähköasennukset. Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa: <https://www.sfs.fi/files/8417/KK600-esite2017web.pdf>. Hakupäivä 16.4.2018.
23. Kuusela, Antti 2018. Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset 2018. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarmasahkonsiirto/vjv2018-luonnos.pdf>. Hakupäivä 2.5.2018.
24. SFS 6000. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
25. SFS 6000. 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset. Valosähköiset tehonsyöttöjärjestelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
26. Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset. Fingrid. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/palvelut/sahkonsiirto/liitynta-kantaverkkoon/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-vaatimukset/>. Hakupäivä 2.5.2018.
27. VJV2018-tilaisuus. Fingrid. Saatavissa: https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/ajankohtaistapahtumat/vjv2018_tilaisuus.pdf. Hakupäivä 2.5.2018
28. Aurinkosähkön toimintaympäristö muuttuu. Suomen Standardisoimisjärjestö. Saatavissa: http://www.sesko.fi/files/731/SESKO_joulukuu_final_pieni.pdf. Hakupäivä 26.4.2018.
29. SFS-EN 50380. 2017. Aurinkosähköpaneelien merkintä- ja dokumentointivaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
30. Aurinkosähkö osana energiamurrosta: PV-voimalan suunnittelijan opas. 2017 Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://www.jamk.fi/globalassets/tapahtumakalenteri--events/teknologian-tapahtumat/aurinkosahkojarjestelmat-5.10.2017/aurinkosahko-osana-energiamurrosta-pv-voimalan-suunnittelijan-opas-ii.pdf>. Hakupäivä 12.3.2018.

31. International Organization for Standardization. Saatavissa:
https://www.iso.org/obp/graphics/grs/052f9a75-92ee-46bc-8992-684aa6596a01_200.png. Hakupäivä 16.3.2018.
32. International Organization for Standardization. Saatavissa:
https://www.iso.org/obp/graphics/grs/b3ffbc35-223c-486f-b7bf-2d83d9fea92f_200.png. Hakupäivä 16.3.2018.
33. International Organization for Standardization. Saatavissa:
https://www.iso.org/obp/graphics/grs/ec3c3a22-2380-487e-ad20-813dd19a4b54_200.png. Hakupäivä 16.3.2018.
34. SFS-EN 62446-1. 2016. Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
35. Solar photovoltaic energy systems. International Electrotechnical Commission. Saatavissa:
http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:3174308125870::::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1276,25. Hakupäivä 24.4.2018.
36. Älykäs sähköverkko. 2016. Elenia. Saatavissa:
<http://www.elenia.fi/content/%C3%A4lyk%C3%A4s-s%C3%A4hk%C3%B6verkko>. Hakupäivä 9.10.2018.
37. Mikä on älykäs sähköverkko? ABB. Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/alykas-sahkoverkko/mika-on-alykas-sahkoverkko>. Hakupäivä 9.10.2018.
38. Älykäs sähköverkko. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Saatavissa:
<https://stek.fi/alykas-sahkon-kaytto/alykas-sahkoverkko/>. Hakupäivä 9.10.2018.
39. Haanpää, Susanna 2015. Älykäs sähköverkko Kalasatamassa. Saatavissa:
<https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankohtaista/arjessa/sahko/alykas-sahkoverkko-kalasatamassa/>. Hakupäivä 9.10.2018.
40. Joustoja sähköjärjestelmään. 2015. Energiauutiset. Saatavissa:
<https://www.energiuutiset.fi/uutiset/joustoja-sahkojarjestelmaan.html>. Hakupäivä 10.10.2018.
41. Aitonurmi, Joonas. Kotona tuotettu sähkö mullistaa maailman. Saatavissa:
<http://www.klimaatti.fi/kotona-tuotettu-sahko-mullistaa-maailman/>. Hakupäivä 11.10.2018.

42. Kestääkö katto aurinkovoimalan. Finsolar. Saatavissa:
<http://www.finsolar.net/kestaako-katto-aurinkovoimalan/>. Hakupäivä 27.9.2018.
43. Sähkön varastointi tulee pientaloihin. 2018. YLE uutiset. Saatavissa:
<https://yle.fi/uutiset/3-10123130>. Hakupäivä 25.9.2018.
44. Ranta-aho, Ilkka 2016. Aurinkopaneelit tuottavat halpaa sähköä omaan käyttöön. Saatavissa: <https://www.meillakotona.fi/artikkelit/aurinkopaneelit-tuottavat-halpaa-sahkoa-omaan-kayttoon>. Hakupäivä 25.9.2018.
45. Ahonen, Tero 2018. Sähköverkkoyhtiöiden mittareissa ongelma – omakotitalon aurinkoenergia ei päädy kokonaan tuottajan hyödyksi. Saatavissa:
<https://www.tekniikkatalous.fi/teknologiamurrokset/sahkoverkkoyhtioiden-mittareissa-ongelma-omakotitalon-aurinkoenergia-ei-paady-kokonaan-tuottajan-hyodyksi-6744588>. Hakupäivä 15.10.2018.
46. Rannisto, Tarja 2016. Aurinkoenergian edistäminen vaatii määrätietoista politiikkaa ja oikeata tahtoa. Saatavissa: <http://www.energiaopas.net/vihrea-teknologia/aurinkoenergian-edistaminen-vaatii-maaratietoista-politiikkaa-ja-oikeata-tahtoa>. Hakupäivä 28.9.2018.
47. Aurinkopaneeleihin liittyy turvallisuusriskejä. 2016. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Saatavissa: <http://www.spek.fi/news/Aurinkopaneeleihin-liittyy-turvallisuusriskeja-/27263/8f3c122c-52c5-4350-8a4e-a51837e3da65>. Hakupäivä 15.3.2018.
48. ST-käsikirja 40. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Hakupäivä 3.5.2018.
49. Nieminen, Anna 2017. Aurinkoenergia- ja kysyntäjoustoselvitys. Saatavissa:
https://www.utu.fi/fi/yksikot/ffrc/julkaisut/e-tutu/Documents/eTutu_5-2017.pdf. Hakupäivä 28.9.2018.
50. Ympäristövaikutukset. Finsolar. Saatavissa:
<http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/ymparistovaikutukset/>. Hakupäivä 1.10.2018.

STANDARDISSA SFS 6000-7-712 OLEVAT MUUTOKSET JA LISÄYKSET

Standardissa SFS 6000-7-712 olevat muutokset, lisäykset ja uudet kohdat												
KOHTA										ALAKOHTA		HUOM.
712.4 Suojausmenetelmät												
712.41 Suojaus sähköiskulta												
712.410 Johdanto										712.410.101		uusi
										712.410.102		uusi
712.412 Kaksoiseristys tai vahvistettu eristys										712.412.101		muutos
712.414 Pienoisjännite SELV tai PELV										712.414.4.5		uusi
712.42 Suojaus lämmön vaikutuksilta												uusi
712.421 Suojaus sähkölaitteiden aiheuttamaa paloa vastaan												uusi
712.43 Ylivirtasuojaus												
712.431 Piirien rakenteesta johtuvat vaatimukset												uusi
712.432 Suojalaitteiden tyypit												uusi
712.433 Ylikuormitussuojaus										712.433.101		muutos
										712.433.102		uusi
										712.433.103		uusi
										712.433.104		uusi
712.434 Oikosulkusuojaus										712.434.101		muutos
712.44 Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä												
712.443 Suojaus ilmastollisilta ja kytkentäylijännitteeltä										712.443.101		uusi
										712.443.102		uusi
										712.443.103		uusi

STANDARDISSA SFS 6000-7-712 OLEVAT MUUTOKSET JA LISÄYKSET

712.5 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen									
712.51 Yleiset säännöt									
712.511 Sähkölaitteiden standardinmukaisuus							712.511.101		muutos
							712.511.102		uusi
							712.511.103		uusi
712.512 Käyttöominaisuudet ja ulkoisten tekijöiden vaikutukset							712.511.1.1		uusi
							712.511.1.2		uusi
							712.511.101		uusi
							712.511.102		uusi
712.514 Tunnistaminen							712.514.101		uusi
							712.514.102		uusi
							712.514.103		uusi
712.52 Johtojärjestelmät									
712.521 Johtojärjestelmien tyypit							712.521.101		uusi
							712.521.102		uusi
712.523 Kuormitettavuus							712.523.101		uusi
712.525 Jännitteenalenema kuluttajan sähköasennuksissa									uusi
712.526 Sähköiset liitokset							712.526.1		lisäys
							712.526.101		uusi
712.53 Erottaminen, kytkentä ja ohjaus							712.530.3.101		uusi
712.531 Vikasuojaus ja syötön automaattinen poiskytkentä							712.531.101		uusi
712.532 Suojalaitteet paloa vastaan							712.532.101		uusi
712.533 Ylivirtasuojat							712.533.101		uusi
712.534 Ylijännitesuojat							712.534.101		uusi
							712.534.102		uusi
							712.534.102.1		uusi
							712.534.102.2		uusi
							712.534.102.3		uusi
							712.534.102.4		uusi
							712.534.102.5		uusi
							712.534.102.6		uusi
							712.534.103		uusi
							712.534.104		uusi
							712.534.105		uusi
712.537 Erottaminen ja kytkentä							712.537.2.2.101		muutos
							712.537.2.2.102		muutos
							712.537.2.2.103		uusi
							712.537.2.2.104		uusi
							712.537.2.2.105		uusi
712.538 Valvontalaitteet							712.538.101		uusi
712.54 Maadoittaminen ja suojajohtimet									
712.542 Maadoitusjärjestelmät							712.542.101		uusi
							712.542.102		uusi
							712.542.3.101		uusi

STANDARDISSA SFS 6000-7-712 OLEVAT MUUTOKSET JA LISÄYKSET

712.6 Tarkastukset								
712.6.101 Tarkastukset ja testaus								uusi
Liite A Esimerkki aurinkosähköpaneelistosta								muutos
Liite B Suureiden Uocmax ja Iscmax laskeminen								uusi
Liite C Esimerkkejä ylijännitesuojien asennuksista eri tapauksissa								uusi