

Arktisen aurinkosähkön hyödyntämisen opas



Arktisen aurinkosähkön hyödyntämisen opas

Mikko Rintala ja Jukka Joutsenvaara

Arktisen aurinkosähkön hyödyntämisen opas

Sarja B. Raportit ja selvitykset 10/2016

Lapin ammattikorkeakoulu
Rovaniemi 2016

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-134-4 (nid.)

ISSN 2342-2483 (painettu)

ISBN 978-952-316-135-1 (pdf)

ISSN 2342-2491 (verkkojulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja
Sarja B. Raportit ja selvitykset 10/2016

Kirjoittajat: Mikko Rintala ja Jukka Joutsenvaara
Taitto: Lapin AMK, viestintäyksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu
Jokiväylä 11 C
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000
www.lapinamk.fi/julkaisut

Lapin korkeakoulukonserni



Lapin korkeakoulukonserni LUC
on yliopiston ja ammattikorkeakoulun strateginen yhteenliittymä.
Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto
ja Lapin ammattikorkeakoulu.
www.luc.fi

Sisällys

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	9
TIIVISTELMÄ.	11
1. JOHDANTO	13
2. ARKTISTEN ALUEIDEN SÄÄOLOSUHTEET JA NIIDEN VAIKUTUS AURINKO PANEELIEN SÄHKÖNTUOTANTOON	15
2.1 Auringon vuotuinen säteilykertymä	15
2.2 Lumi	17
2.3 Tuuli	18
2.4 Lämpötila	19
3. AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ	21
3.1 Aurinkosähköpaneelit	22
3.1.1 Yksikiteiset kennot	23
3.1.2 Monikiteiset kennot	24
3.1.3 Ohutkalvo aurinkosähköpaneelit	24
3.1.4 Soveltuvuus arktisiin olosuhteisiin	25
3.2 Invertterit	26
3.3 Kaapelointi	27
4. AURINKOPANEELIEN SUUNTAUS JA HUOLTO	29
4.1 Kiinteä suuntaus	29
4.2 Akseloitu suuntaus.	30
4.3 Aurinkosähköjärjestelmien kunnossapito	32
5. YLEISIMPIÄ ASENNUS- JA KIINNITYSMATERIAALEJA	35
5.1 Alumiini.	35
5.2 Hiiliteräs	36
5.3 Ruostumaton teräs.	38

6. AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIIN LIITTYVÄT LUVAT, SÄÄNNÖKSET JA STANDARDIT . . . . .	. 41
6.1 Sähkön pien- ja mikrotuotantoon liittyvä lainsäädäntö, luvat ja sopimukset . . . . .	. 41
6.1.1 Määritelmä . . . . .	. 41
6.1.2 Tarvittavat luvat ja sopimukset . . . . .	. 42
6.1.3 Muita huomioitavia lakisääteisiä asioita . . . . .	. 42
6.2 Aurinkosähkön tuotantolaitteisiin liittyvät standardit ja vaatimukset . . . . .	. 43
6.2.1 Sähkön laadulliset vaatimukset . . . . .	. 43
6.2.2 Tuotantolaitoksen erotettavuus verkosta . . . . .	. 43
6.2.3 Varautuminen vikatilanteisiin. . . . .	. 44
6.3 Aurinkosähkön tuotantolaitteiden yleisimpiin kiinnitysmateriaaleihin liittyvät standardit ja säännökset . . . . .	. 45
7. YHTEENVETO . . . . .	. 47
LÄHDELUETTELO . . . . .	. 49

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Wp/m ²	watt peak per square meter, tehopotentiali
kWh/m ²	kilowattituntia per neliometri, ominaisteho
Hz	hertsi, taajuuden yksikkö
V	voltti, jännitteen yksikkö
kW	kilowatti, tehon yksikkö
MVA	megavolttiampeeri, tehon yksikkö
kVA	kilovolttiampeeri, tehon yksikkö
EMC	electro magnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus

TIIVISTELMÄ

Tämä julkaisu on toteutettu vuonna 2016 osana Lapin ammattikorkeakoulun Arktisen Aurinkoenergian Hyödyntämisedellytykset -hanketta. Julkaisu on tarkoitettu tuomaan perustietoa kaikille aurinkosähkön tuottamisesta kiinnostuneille arktisilla alueilla toimiville tahoille.

Tässä julkaisussa esitellään arktisten alueiden ilmaston vaikutuksia aurinkosähkön tuotantoon sekä laitteistovalintoihin. Julkaisussa on esitetty aurinkosähköjärjestelmän komponentit, suuntaus, kunnossapito, yleisimmät kiinnitysmateriaalit sekä tuotantoon liittyvät luvat, säännökset ja standardit.

asiasanat: arktinen, aurinkosähkö, tuotanto, aurinkoenergia

1. JOHDANTO

Tämä julkaisu on tehty osana Lapin Ammattikorkeakoulun toteuttamaa Arktisen Aurinkoenergian Hyödyntämisedellytykset –esiselvityshanketta. Hanke toteutetaan välillä 1.8.2015 – 31.8.2016. Hankkeen tarkoitus on tutkia aurinkoenergian hyödyntämisen edellytyksiä arktisella alueella. Tavoitteena on selvittää ja luoda kuva siitä, mitkä nykyiset teknologiat toimivat parhaiten näissä olosuhteissa ja kerätä käyttäjäkokemuksia olemassa olevista aurinkosähköä tuottavista ratkaisuista. Lisäksi hankkeessa selvitetään arktisten alueiden ilmaston asettamat vaatimukset tuotannolle, tuotantoa koskevat luvat, säännökset ja standardit. Hankkeen rahoittajana toimii Lapin Liitto (EAKR) ja hanke on osana Toimintalinjaa 2. Uusimman tiedon ja osaamisen tuottaminen ja hyödyntäminen sekä kuuluu erityistavoitteeseen: 3.2. Uusiutuvan energian ja energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen.

Tämän julkaisun tarkoituksena on tuoda arktisilla alueilla toimiville tahoille tietoa aurinkoenergian hyödyntämisestä aurinkosähköjärjestelmiä hyväksikäyttäen. Tässä yhteydessä tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin aurinkolämpöä ja hybridiratkaisuja käyttävät järjestelmät. Julkaisu käsittelee arktisten alueiden ympäristövaikutukset tuotantoon, laitteistot sekä niihin liittyvät vaatimukset, lainsäädäntö ja sopimusasiat sekä aurinkosähköjärjestelmien kunnossapidon.

2. ARKTISTEN ALUEIDEN SÄÄOLOSUHTEET JA NIIDEN VAIKUTUS AURINKOPANEELEIDEN SÄHKÖNTUOTANTOON

Arktisten alueiden määritelmiä on monia eikä suoraa linjausta alueen rajaukselle ole tehty. Usein rajana pidetään pohjoista napapiiriä ($66^{\circ} 33'N$), joka on kesän keskiyön auringon ja talven kaamoksen raja. Aluevaikutuksellisista syistä Arktisen Aurinkoenergian Hyödyntämisedellytykset hankkeessa arktisen alueen rajana pidetään Lapin maakunnan eteläisintä rajaa ($65^{\circ} 58'N$). (Lapin Yliopisto, 2016)

Tässä kappaleessa kerrotaan, miten arktisen alueen sääolosuhteet vaikuttavat aurinkosähkön tuotantoon. Sääolosuhteiden osalta tässä kappaleessa on käsitelty auringon vuotuisen säteilykertymän, lumen, tuulen sekä lämpötilan vaikutus.

2.1 AURINGON VUOTUINEN SÄTEILYKERTYMÄ

Johtuen pohjoisesta sijainnista aurinko paistaa Lapissa kesällä lähes ympäri vuorokauden, kun taas puolestaan talvella vallitsee kaamos. Kaamoksen aikana aurinko on horisontin yläpuolella korkeintaan muutamia tunteja vuorokaudessa. Keväällä ja syksyllä aurinko usein paistaa myös varsin matalalta. Esimerkiksi Sodankylässä auringon vuotuinen säteily määrä vaakasuuralle pinnalle on Ilmatieteen laitoksen testivuoden mukaan noin 790 kWh/m^2 (motiva.fi, 2015). Ilmatieteenlaitoksen testivuoden vuotuista säteily määrää käytetään yleensä järjestelmän potentiaalisen tuotannon mitoituksessa. Vaikka testivuosi ei kuvaa eri vuosien välisiä vaihteluita, on se silti hyvä lähtökohta mitoitukselle. Kuvassa 1 on kuvattu keskimääräinen vuosittainen auringon säteily määrä vaakatasolle Suomessa (Solar radiation and photovoltaic electricity potential, 2012). Kuvasta voidaan havaita, että pohjoisempana auringon keskimääräinen vuosittainen säteily määrä on pienempi, kuin etelässä.



Global irradiation and solar electricity potential Horizontally mounted photovoltaic modules

FINLAND / SUOMI



Yearly sum of global irradiation
[kWh/m²]



525 600 675 750

Yearly sum of solar electricity generated by 1kW_p
system with performance ratio 0.75
[kWh/kW_{peak}]



Urban area



Water body



Joint
Research
Centre

Authors: Thomas Huld, Irene Pinedo-Pascua
European Commission - Joint Research Centre
Institute for Energy and Transport, Renewable Energy Unit
PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Kuva 1. Keskimääräinen vuosittainen auringon säteily määrä vaakatasolle Suomessa (Solar radiation and photovoltaic electricity potential, 2012)

Taulukkoon 1 on kerätty Ilmatieteenlaitoksen Sodankylän mittausasemalta kuukausittaiset auringon säteilyenergiakertymät väliltä 2010 - 2014 kuvaamaan potentiaalisen säteilyenergian määrää ja jakaamaa (Hutila, 2014). Samaan taulukkoon on liitetty myös ensimmäiseen sarakkeeseen Ilmatieteenlaitoksen testivuoden säteilyenergian kuukausittaiset arvot. Taulukosta voidaan havaita kuinka eri vuosien välillä on pieniä vaihteluita säteilyenergian määrässä kuukausitasolla ja testivuoden arvot voivat vaihdella todellisista mitatuista arvoista vuosittain. Taulukosta käy myös ilmi, että marraskuun ja helmikuun välillä säteilyenergian määrä on huomattavasti muita kuukausia pienempi.

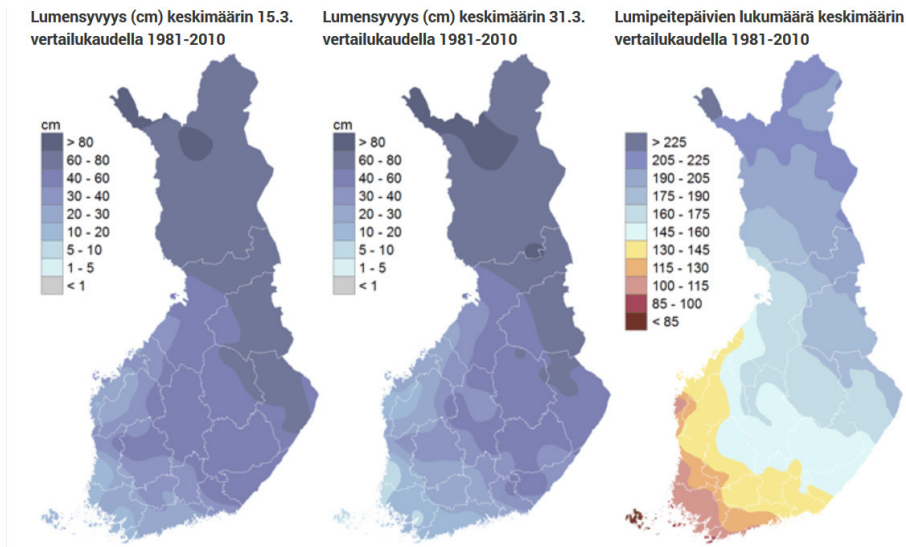
Taulukko 1. Kuukausittaiset säteilyenergiakertymät Sodankylä (Hutila, 2014), (Ilmatieteenlaitos, 2011)

SODANKYLÄ, LAPIN ILMATIET. TUTK.KESKUS						
kWh/m ²	testivuosi	2010	2011	2012	2013	2014
tammikuu	1,4	1,7	1,7	1,9	1,7	1,8
helmikuu	13,6	16,1	16,7	14,7	12,2	8,0
maaliskuu	48,0	60,4	62,1	59,5	70,4	50,2
huhtikuu	121,1	103,3	104,3	93,3	99,8	109,0
toukokuu	128,2	135,7	136,4	158,2	162,8	142,5
kesäkuu	154,3	157,4	166,9	128,9	110,3	152,1
heinäkuu	146,5	129,1	157,0	145,3	136,3	159,0
elokuu	94,6	100,3	105,7	127,4	116,9	90,6
syyskuu	63,7	47,1	47,6	46,3	54,2	-
lokakuu	16,6	16,7	18,4	15,7	21,7	-
marraskuu	3,0	3,9	2,8	2,7	3,3	-
joulukuu	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	-
yht.	791,5	772,1	819,7	794,0	789,8	-

2.2 LUMI

Arktisilla alueilla lumi aiheuttaa omat haasteensa aurinkosähkön tuotannossa. Paneeleille kertyvä lumi estää auringon lämpösäteilyn pääsemisen kennoille ja äärimmäisissä tapauksissa lumen paino voi jopa vaurioittaa järjestelmiä. Jo vähäinen lumikerros heikentää paneelien kykyä tuottaa tehoa ja paksu lumikerros voi ehkäistä tuotannon kokonaan. Lumi ei kuitenkaan ole pelkästään haitaksi aurinkosähkön tuotannolle. Aurinkosähköpaneelien ympärille kertyneestä lumipeitteestä heijastuva valo voi jopa lisätä paneeleille tulevan hajasäteilyn määrää, mikäli paneelit itsessään ovat lumettomat.

Pysyvä lumipeite tulee arktisille alueille keskimäärin 17.10. - 26.11. välisenä aikana, mutta kuitenkin keskimäärin viimeistään 6.12. Vastaavasti pysyvä lumipeite lähtee keskimäärin 20.4. – 9.6. välisenä aikana. Suurimmassa osassa aluetta pysyvä lumipeite lähtee keskimäärin viimeistään 30.5. Kuvassa 2 on esitetty keskimääräiset lumensyvydet sekä lumipeitepäivien lukumäärä vertailukaudella 1981 - 2010. (Ilmatieteenlaitos, 2012)

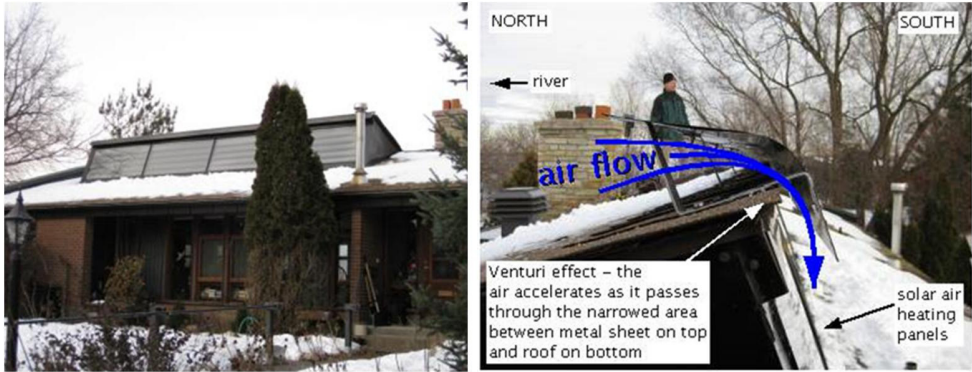


Kuva 2. Lumipeitteen paksuus ja lumipeitepäivät 1981 - 2010 (Ilmatieteenlaitos, 2012)

2.3 TUULI

Tuuliolosuhteilla ei ole merkittävää suoraa vaikutusta aurinkosähkön tuotantoon. Välillisistä vaikutuksista voidaan tunnistaa kuitenkin kaksi merkityksellisintä: tuulen paneeleita puhdistava/ lunta kinostava vaikutus sekä mahdolliset myrskyvauriot.

Tuulen paneeleita puhdistava vaikutus ilmenee selkeimmin talvella, jolloin tuuli puhaltaa paneeleille kertyneen kevyen lumen pois. Vastaavasti tuuli voi myös kinostaa lunta paneeleille sopivissa olosuhteissa. Muina kuin talviaikoina tuulen vaikutus on yleensä tuotannon kannalta lähinnä positiivinen, koska se viilentää paneeleita ja puhaltaa pois mahdolliset roskat. Paneelien viilentäminen parantaa niiden hyötysuhdetta varsinkin kesäkuukausina. Tuulen puhdistavaa vaikutusta on testattu mm. VTT:n toimesta. Kuvassa 3 on esitetty yksi tapa tehostaa tuulen puhdistavaa vaikutusta. Kuvassa esitetty suppilomainen rakennelma ohjaa tuulen puhaltamaan paneelien pintaa pitkin, jolloin niille kertynyt lumi saadaan tuulen vaikutuksesta puhallettua tehokkaammin pois.

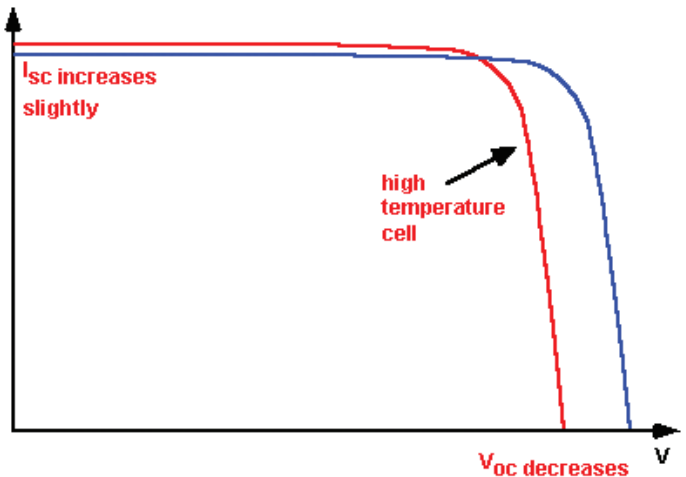


Kuva 3. Tuulen vaikutuksen tehostaminen. (VTT, 2012)

Aurinkosähköjärjestelmien myrskyvauriot eivät ole yleisiä, mutta ne ovat mahdollisia. Varmin tapa välttää myrskyvaurioilta on varmistaa, että järjestelmä on asennettu huolellisesti ja noudattaen laitevalmistajan ohjeita. Voimakkaille tuulille alttiilla alueilla on myös syytä huolehtia jo järjestelmää suunniteltaessa, että kiinnitysratkaisut ja materiaalit soveltuvat kestävästi vallitsevia olosuhteita.

2.4 LÄMPÖTILA

Lämpötila vaikuttaa aurinkosähkön tuotantoon samalla tavalla kuin muiden puolijohteiden toimintaan. Pääperiaatteena voidaan todeta, että mitä kylmempänä paneelien kennot pystytään pitämään, sitä suuremman jännitteen ne voivat tuottaa. Suurempi jännite taas puolestaan mahdollistaa paremman tuoton. Tästä syystä varsinkin kevättalvella on otollinen aika aurinkosähkön tuotannolle. Kuvassa 4 on esitetty lämpimän ja kylmän kennon toiminnan erot.



Kuva 4. Kylmän ja lämpimän kennon toiminnan erot. (Honsberg & Bowden, 2013)

Lämpimän ja kylmän kennon toiminnan erot. Lämmin kenno on kuvassa esitetty punaisella ja kylmä kenno sinisellä viivalla (Honsberg & Bowden, 2013). Lämpimän kennon tuottama maksimi virta on aavistuksen suurempi matalilla jännitteillä, mutta puolestaan kylmä kenno pystyy saamaan aikaan korkeamman jännitteen.

3. AURINKOSÄHKÖ- JÄRJESTELMÄ

Aurinkosähköjärjestelmän tärkein komponentti ovat itse aurinkosähköpaneelit. Paneelit muuttavat auringosta tulevan säteilyn sähkötehoksi. Tässä kappaleessa esitellään aurinkosähköpaneelien toimintaperiaate, yleisimmät aurinkosähköpaneelityypit sekä niiden soveltuvuus arktisiin olosuhteisiin. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki aurinkosähköpaneeleista.



Kuva 5. Esimerkki aurinkosähköpaneeleista (Sundance Solar, 2016)

Aurinkosähköjärjestelmään kuuluu paneelien lisäksi olennaisena osana myös invertteri. Invertteri muuttaa paneeleilta tulevan tasajännitteen vaihtojännitteeksi. Samalla invertteri muuttaa jännitteen verkkojännitteeksi sekä tahdistaa vaihtojännitteen jakeluverkon taajuudelle 50 Hz. Invertteri syöttää paneeleilla tuotetun sähkötehon kiinteistön sähkökeskukseen, josta se voidaan joko käyttää itse tai myydä sähköyhtiölle. Järjestelmään kuuluu myös kaapelointi. Aurinkosähköjärjestelmän peruskomponentit on esitetty kuvassa 6.

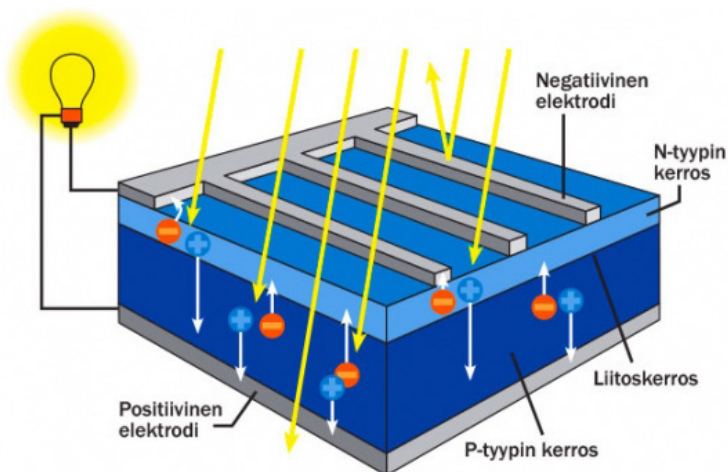
Aurinkosähköä kotitalouksille



Kuva 6. Aurinkosähköjärjestelmän periaatekuva (Oulun Energia, 2016)

3.1 AURINKOSÄHKÖPANEELIT

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilyenergian hyödyntämiseen. Auringonsäteily koostuu fotoneista eli hiukkasista, jotka kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Osuessaan aurinkosähköpaneelien kennoihin fotonit luovuttavat energiansa kennojen materiaalin elektroneille. Fotoneilta energiaa saaneet elektronit muodostavat sähkövirran aurinkokennojen positiivisten ja negatiivisten elektrodien välille. (Motiva, 2014) Kuva 7 on periaatekuva aurinkosähköpaneelin toimintaperiaatteesta.



Kuva 7. Periaatekuva aurinkosähköpaneelin toimintaperiaatteesta

Aurinkosähköpaneelit muodostuvat sarjaan ja/tai rinnan kytketyistä aurinkokennoista. Kennot koteloidaan paneelikehyksen avulla siten, että kennojen eteen sijoitetaan auringonsäteilyä läpäisevä suojalasi. Aurinkopaneeleita on saatavilla monen kokoisina ja moniin käyttötarkoituksiin. (Motiva, 2014)

Erilaisilla aurinkokennojen kytkennöillä saadaan muodostettua halutun suuruinen jännite ja virta. Aurinkopaneelin jännite on sarjaan kytkettyjen aurinkokennojen jännitteiden summa. Rinnan kytkennässä muodostuva kokonaisvirta on rinnan kytkettyjen kennojen yhteenlaskettu virta. (Motiva, 2014)

Aurinkosähköpaneeli tuottaa tasasähköä, joka eroaa yleisessä sähköverkossa virtaavasta vaihtosähköstä. Jotta aurinkosähköpaneeleilla tuotettu tasasähkö saadaan muutettua yleisesti sähköverkossa käytetyksi vaihtojännitteeksi, täytyy paneelien yhteyteen asentaa invertteri. (Motiva, 2014)

Markkinoilla on tarjolla yleisimmin kolmen tyyppisiä aurinkosähköpaneeli kennoja. Vaikka kaikki kolme eri tyyppiä eroavatkin toisistaan hieman, toimivat kaikki peruseriaatteeltaan samalla tavalla. Tässä kappaleessa esitellään yksikiteisen, monikiteisen ja ohutkalvokennojen yleisimpiä ominaisuuksia.

3.1.1 Yksikiteiset kennot

Yksikiteiseksi muokatusta piihiosta sahataan ohuita piikiekkkoja, joista muotoillaan suorakulmiota muistuttavia kennoja. Kennot voidaan näin asentaa paneeliin tiiviimmin, eikä pinta-ala kasva liian suureksi. Pyöreinä piikiekkoina käytettäessä kennojen kulmiin jää aukot, jolloin se kasvattaa paneelin pinta-alaa ja jättää hukkatilaa. Yksikiteisen piin valmistus on kallista, joten se nostaa paneelin hintaa korkeammaksi, kuin monikiteisestä piistä valmistetun paneelin. Yksikiteisten kennojen teho on noin 75 - 140 Wp/m² välillä ja niiden hyötysuhde vaihtelee 15 - 22 % välillä. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki yksikidekennoista valmistetusta aurinkosähköpaneelistä. (Petri Lähde, 2012)



Kuva 8. Yksikiteisiä aurinkosähköpaneeleita (SOLAR BERMUDA LTD., 2011)

3.1.2 Monikiteiset kennot

Monikiteiset kennot valmistetaan suorakulmaisista aihioista, johon on puristettu yhteen useita kiteitä. Kiderakenne on havaittavissa selvästi aurinkokennon pinnalla. Suorakulmaisesta muodosta johtuen kennot saadaan asennettua tiiviimmin paneeliin, jolloin monikidekennon neliömetriltä saatava tuotto on samaa luokkaa, kuin yksikiteisellä kennolla, vaikka monikiteisen kennon hyötysuhde jääkin pienemmäksi. Monikiteisten kennojen teho on noin 75 - 140 Wp/m² ja hyötysuhde vaihtelee 10 - 15 %:n välillä. Monikiteisestä piistä valmistetut kennot ovat halvempia kuin yksikiteiset kennot, sillä niiden valmistusprosessi on huomattavasti yksinkertaisempi. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki monikidekennoista valmistetuista aurinkopaneeleista. (Petri Lähde, 2012)



Kuva 9. Monikiteisiä aurinkosähköpaneeleita (Archi Expo, 2016)

3.1.3 Ohutkalvo aurinkosähköpaneelit

Ohutkalvokenno valmistetaan erittäin ohuesta puolijohdemateriaalista, yleisimmin amorfisesta piistä. Ohutkalvokennojen valmistukseen kuluu moni- ja yksikidekennoihin verrattuna vähemmän materiaalia ja ne ovat edullisempia valmistaa. Tehossa ja hyötysuhteessa ohutkalvokennot eivät pärjää yksi- ja monikiteisille kennoille. Ohutkalvokennojen hyötysuhde on keskimäärin noin 10 % ja teho liikkuu välillä 40 - 65 Wp/m². Kennot koostuvat ohuesta kalvosta, jonka pinnalle asennetaan puolijohdemateriaalia. Ohutkalvokennojen paino, sekä joustavuus antavat kennoille hyvin laajan käyttömahdollisuuden. Nämä kennot ovat suosittuja esimerkiksi veneissä, kuten on havainnollistettu kuvassa 10. (Petri Lähde, 2012)



Kuva 10. Ohutkalvo aurinkosähköpaneeleita (Titan Energy)

3.1.4 Soveltuvuus arktisiin olosuhteisiin

Suurin osa aurinkopaneeleista toimivat laajalla lämpötila-alueella, joka on noin -40 - $+85$ °C. Tämä lämpötila-alue riittää täyttämään arktisen alueen ilmaston asettamat lämpötilavaatimukset yleisimmin markkinoilla oleville aurinkosähköpaneeleille.

-

Aurinkopaneelien hyötysuhteeseen vaikuttaa kennojen resistanssin lämpötilakerroin. Mitä suurempi lämpötilakerroin, sitä enemmän ympäröivä lämpötila vaikuttaa kennojen hyötysuhteeseen. Mikäli resistanssin lämpötilakerroin on suuri, pienenee kylmässä kennojen resistanssi ja näin ollen kenno pystyy tuottamaan enemmän pienemmästä määrästä säteilyä. Kuumassa puolestaan suuren resistanssin lämpötilakerroimen omaava kenno tuottaa huomattavasti heikommin, kuin pienen kertoimen

omaava kenno. Yksikidekennoilla on suurempi resistanssin lämpötilakerroin kuin monikidekennoilla. (Jyväskylän yliopisto, 2010) (Tindo solar, 2016)

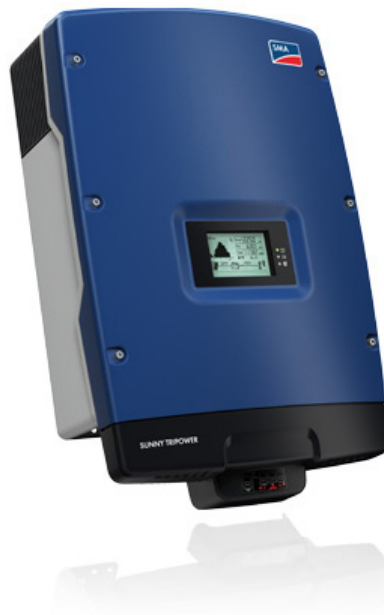
Arktisten alueiden lämpötilaolosuhteissa ei ole välttämätöntä ottaa huomioon yksi- ja monikidekennojen resistanssin lämpötilakertoimen vaikutusta paneelien hyötysuhteeseen. Mikäli tämä halutaan kuitenkin ottaa huomioon, yksikidekennojen suurempi resistanssin lämpötilakerroin antaa paremman hyötysuhteen kylmissä olosuhteissa. Arktisilla alueilla lämpötila harvoin saavuttaa sellaisia lukemia, että pelkän resistanssin lämpökertoimen perusteella olisi suositeltavaa valita monikidekenno.

Arktisella alueen tuotannollisen kauden ollessa lyhyt, kannattaa paneelia valittaessa panostaa hyötysuhteeseen. Yksikiteisestä piistä valmistetut paneelit omaavat parhaan hyötysuhteen, jolloin niillä saa parhaimman mahdollisen tuoton.

3.2 INVERTTERIT

Invertterit eli vaihtosuuntaajat muuntavat aurinkopaneelista saadun tasajännitteen 230 V:n vaihtojännitteeksi. Kotitalouslaitteet käyttävät 230 V:n vaihtojännitettä, jolloin invertteri mahdollistaa aurinkosähköjärjestelmien käytön kotitalouksissa. Invertteri tulee mitoittaa siten, että sen teho tulee olla vähintään yhtä suuri kuin suunniteltu käytettyjen sähkölaitteiden teho. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että esimerkiksi 2kW invertteriin tulee kuormaksi suunnitella enintään 2kW kuorma. Inverttereitä on saatavilla useita erilaisia, eri tehoille ja eri jännitteille. Yleisimmät ovat 12 V:n, 24 V:n ja 48 V:n tulojännitteille. Mikäli aurinkosähköjärjestelmä kytketään yleiseen sähköverkkoon, on järjestelmään asennettava siihen soveltuva esimerkiksi kuvan 11 mukainen verkkoinvertteri. (JN-Solar, ei pvm)

Arktisiin olosuhteisiin tuotannon kannalta parhaiten soveltuvat ne invertterit joiden kytketymisen kynnysjännite eli minimi toimintajännite, on mahdollisimman matala. Matala kytketymisen kynnysjännite mahdollistaa tuotannon myös pienillä säteilymäärillä. Useimmiten invertterit asennetaan sisätiloihin, joten invertterin säänkestoa ei tarvitse ottaa huomioon valintaa tehdessä. Mikäli invertteri aiotaan sijoittaa ulos, tulee varmistaa



Kuva 11. Verkkoinvertteri (Finnwind, 2016)

että laitteen IP-luokitus on riittävä pitämään kosteuden ja pölyn poissa laitteen sisäosista sekä laitteen lämpötilankesto varsinkin pakkasen osalta.

3.3 KAAPELOINTI

Aurinkosähköjärjestelmän kaapelointia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon useita eri tekijöitä. Kaapelit tulee mitoittaa suuremmaksi, kuin järjestelmän suurin mahdollinen virta eli oikosulkuvirta. Kaapeleiden tulee kestää vähintään 1,25-kertainen määrä virtaa oikosulkuvirtaan nähden. Kaapeloinnissa tulee myös ottaa huomioon ulkoiset rasitukset, kuten tuuli, jää, lämpötilojen muutokset sekä auringon säteily. (Isojunno, 2014)

Arktiset olosuhteet eivät aiheuta merkittäviä erityisvaatimuksia aurinkosähköjärjestelmän kaapeloinnille, mutta on silti syytä kiinnittää huomiota valittavan kaapelin ominaisuuksiin ulkoisen rasituksen keston osalta.

4. AURINKOPANEELEIDEN SUUNTAUS JA HUOLTO

Aurinkopaneeleiden suuntaamisella on suuri merkitys koko aurinkosähköjärjestelmän tuotantoon. Energiatuoton kannalta on tärkeää, että aurinko paistaa mahdollisimman pitkään ja esteettömästi paneelien pinnalle. Aurinkopaneelien optimaaliseen energiantuotantoon vaikuttaa merkittävästi kolme tekijää: sijainti, kallistuskulma sekä suuntaus. (Isojunno, 2014)

Kallistuskulmaan vaikuttaa auringonsäteilyn tulokulma, joka on paneelin sisään tulevan säteilyn ja pinnan välinen kulma. Säteilyn osuessa kohtisuoraan paneelin pintaan on säteilystä saatava energia suurin mahdollinen. Tulokulmaa säädetään muuttamalla paneelin kallistuskulmaa suhteessa asennuspintaan. (Isojunno, 2014)

Paneelin kallistuskulmankulman valintaan vaikuttaa auringon korkeus suhteessa horisonttiin. Suomessa tuotannon kannalta edullisimmat kallistuskulmat ovat 30° ja 90° välillä riippuen vuodenajasta. Paneeleita ei kuitenkaan aina pystytä asentamaan optimikulmaan. Alle 5° kallistuskulmia tulisi kuitenkin välttää, jottei likaa, pölyä tai lunta pääse kertymään paneelien pinnoille. Kallistuskulmaa määritettäessä tulee ottaa huomioon myös paneelien toisilleen aiheuttamat varjot jos paneelit asennetaan esimerkiksi maatalineisiin. Harjakatolle asennettavat paneelit harvoin varjostavat toisiaan. (Isojunno, 2014)

4.1 KIINTEÄ SUUNTAUS

Useimmat Suomessa asennettavat aurinkosähköpaneelit asennetaan ns. kiinteänä suuntauksena. Tämä tarkoittaa, että asennusvaiheessa paneelit suunnataan johonkin tiettyyn kallistukseen ja suuntaukseen eikä niiden suuntausta aktiivisesti muuteta. Yleensä kallistuksen ja suuntauksen suhteen valitaan optimaalisimpaan tarjolla olevaan suuntaan oleva katto tai vastaava suuri pinta, johon paneelit asennetaan.

Kiinteän suuntauksen etuna ovat, että se on mekaanisesti kestävä ratkaisu sekä hinnaltaan huomattavasti akseloitua suuntausta halvempi. Kiinteä suuntaus voidaan

toteuttaa esimerkiksi olemassa olevan rakennuksen katolle. Kuvassa 12 on esimerkki harjakatolle asennetuista kiinteästi suunnatuista aurinkosähköpaneeleista. Kiinteän suuntauksen ainoa heikkous verrattuna akseloituun suuntaukseen on pienempi potentiaalinen vuosituotto.



Kuva 12. Kiinteästi suunnatut aurinkosähköpaneelit (Marathon Roofing & Services, 2010)

4.2 AKSELOITU SUUNTAUS

Akseloitu suuntaus tarkoittaa, että aurinkopaneelien kiinnitystelineet kääntyvät joko yhden tai kahden akselin ympäri. Joissain yhteyksissä akseloitua suuntausta nimitetään myös seuraavaksi järjestelmäksi. Akseloidun suuntauksen tarkoituksena on kääntää aurinkosähköpaneelit aina kohtisuoraan aurinkoon nähden, jotta maksimaalinen tuotanto saataisiin aikaan. Akseloidut suuntaukset ovat Suomessa toistaiseksi harvinaisia, koska niitä ei ole laajasti saatavilla avoimilla markkinoilla ja niiden hinta on huomattavasti kiinteän suuntauksen ratkaisuja korkeampi. Akseloiduissa kiinnitystavoissa voi myös esiintyä enemmän vikoja käytön aikana, koska niissä on mekaanisia liikkuvia osia. Kuvissa 13 ja 14 on esimerkki kahden akselin suuntauksella toteutetusta järjestelmästä.



Kuva 13. Esimerkki kahden akselin suuntauksella toteutetusta järjestelmästä (Saariniemi, 2015)



Kuva 14. Esimerkki kahden akselin suuntauksella toteutetusta järjestelmästä (Saariniemi, 2015)

4.3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITO

Yleisesti ottaen aurinkosähköjärjestelmät eivät tarvitse kunnossapitoa. Sade ja tuuli pitävät huolen siitä, että roskat ja siitepöly sekä muut pinnalle kertyvät materiaalit poistuvat paneelien pinnoilta. Mikäli tai pölyä kertyy paneelien pinnoille, voi paneeleita huuhdella vedellä. Pesuaineita, hankaavia aineita tai paineistettua vesisuihkua puhdistukseen ei tule käyttää.

Talviaikana lumi ja jää usein peittää paneelit joko osin tai kokonaan. Vaikka lumikerros estää säteilyn pääsyn paneeleille, säteilystä saatava tuotanto ei yleensä ole niin merkittävä että lunta kannattaisi manuaalisesti poistaa. Lumen ja jään poistaminen voi jopa vaurioittaa paneeleita. Paneelien päälle kertynyttä lunta voi varovasti harjata pehmeällä harjalla, mikäli järjestelmällä halutaan tuottaa sähköä kevättalven aurinkoisina päivinä. Puhdistettaessa paneeleita on varottava käyttämästä liikaa voimaa.

Järjestelmän muille osille ei ole tarvetta tehdä varsinaisia kunnossapitoon liittyviä toimenpiteitä, mutta aika-ajoin on syytä tarkistaa, että esimerkiksi kaapeleiden eristeet eivät ole kärsineet rasitusvaurioita.

5. YLEISIMPIÄ ASENNUS- JA KIINNITYSMATERIAALEJA

Tässä kappaleessa kerrotaan aurinkosähköjärjestelmien asennuksessa ja kiinnityksessä käytettävistä materiaaleista ja niiden ominaisuuksista. Kappaleessa käsitellään myös näiden materiaalien ominaisuudet ja soveltuvuus arktisiin olosuhteisiin aurinkosähkön tuotannossa.

5.1 ALUMIINI

Alumiini on runkorakenteena suosittu materiaali sen keveyden ja suhteellisen lujuuden vuoksi. Yleisimmin käytetyillä laaduilla myötölujuus on noin 140 N/mm^2 . Alumiineista on toki huomattavaa useiden eri seostuksien olemassaolo. Seostuksilla vaikutetaan alumiinin ominaisuuksiin, lähinnä lujuuteen tai korroosionkestoon. Pursotetut profiilit ovat yleensä pehmeämpää laatua kuin varsinaiseen koneenrakennukseen käytettävät laadut. Tämän vuoksi esimerkiksi kattoasennuksiin käytettävät alusrungot ovat yleensä pursotettua alumiiniprofilia. Tällöin profiilin työstäminen eri menetelmillä ei vaadi erityisiä työvälineitä vaan tarvittavat työt voidaan tehdä normaaleilla sähkökäsityökaluilla, joita asennuksessa käytetään muutenkin. Pursotettujen profiilien hyväksikäyttö voi myös perustua muotosulkeisten lukitusmekanismien käyttöön, jolloin asentamisen tarvitsema työstö vähenee (erilaiset urat ja kolot, joihin kiinnitys mutterit tai pultit asentuvat ja lukittuvat kiristettäessä).

Alumiinin käyttö arktisissa olosuhteissa ei normaaleissa kuormitustilanteissa aiheuta kokemusten perusteella ongelmia esimerkiksi kattokiinnityksen välirunkona. Tärkeää on kuitenkin varmistaa käytettävän alumiinilaadun ominaisuudet, sillä korroosionkesto vaihtelee seostuksen mukaan. Galvaanisen korroosion mahdollisuus on olemassa aina, kun liitetään eri materiaaleista koostuvia osia yhteen ilman galvaanista erottamista. Tällainen tilanne ilmenee helposti silloin, kun alumiinirunkoinen aurinkosähköpaneelisto kiinnitetään peltikaton lävitse kattotuoleihin hiiliteräsruuvein. Tyypillinen kiinnitystilanne on esitettyä kuvassa 15.

Sisämaailmaston ollessa kyseessä ei säärasituksesta normaalisti aiheudu lisärasitusta esimerkiksi ilmansaasteiden tai teollisuuden päästöjen vuoksi Suomessa. Merellinen ilmasto sisältää kuitenkin enemmän klorideja, jotka voivat edesauttaa ja kiihdyttää galvaanisen korroosion syntyä ja vaikutusta. Korroosion kestoa voidaan lisätä myös alumiinilla pinnoittamalla, mutta yleensä näissä sovelluksissa ei käytetä erityisesti pinnoitettuja profileja sen tuoman lisäkustannuksen vuoksi.

Alumiiniprofiilit ovat ylivoimaisesti eniten käytetty aurinkosähköpaneelien kannatinmateriaali kotitalousmittakaavan tuotantolaitteille erityisesti katto- ja seinäasennuksien yhteyksissä. (Valuatlas, 2015) (Safewalk, 2016)



Kuva 15. Alumiiniprofiilin käyttö kattotuennassa. (Aurinkovirta.fi)

5.2 HIILITERÄS

Hiiliteräs eli tässä tapauksessa normaali rakenneteräs (myötölujuusluokat 235-355 N/mm²) on käytetyin materiaali suuremmissa aurinkosähkön tuottamiseen käytettävissä yksiköissä. Yleisemmin tällä tarkoitetaan itsekantavia rakenteita, jotka on pystytetty

maahan. Edistyneemmät rakenteet voivat sisältää kallistus- tai kääntömekanismeja sähköntuotannon optimoimiseksi.

Normaali hiiliteräs ei muodosta luontaisesti hyvin suojaavaa oksidikerrosta, jonka vuoksi korroosiota esiintyy jo normaaleissakin käyttöoloissa. Tämän vuoksi hiiliteräksisten osien käyttö ulkotiloissa vaatii yleensä pinnoitusta, joista kuumasinkitys on yksi yleisimmistä maalauksen ohella. Rakenneteräksen käyttöä puoltaa sen korkea lujuus ja kimmokerroin, joka on noin kolme kertaa suurempi kuin alumiinilla. Osien valmistukseen tarvitaan yleisesti konepajaa, jonka vuoksi osien ja rakenteiden valmistus on enemmän tai vähemmän lähempänä valmista teollista tuotetta kuin asennuspaikalla tehtävää tuotetta. Valmistuksen laajuus voi toki vaihdella yksittäistuotteesta esimerkiksi laajan tuotantokentän rakenteiden valmistukseen.

Kuvassa 16 on esitettyä lumiasteiden kiinnikkeiden käyttö aurinkopaneelien kiinnikkeinä. Tällä tavoin olemassa olevia tuotteita käytetään hyväksi ja vähennetään uusien osien suunnittelun ja valmistuksen tarvetta.



Kuva 16. Pinnoitetut hiiliteräksiset kattokiinnikkeet (lumiasteiden kiinnikkeet).

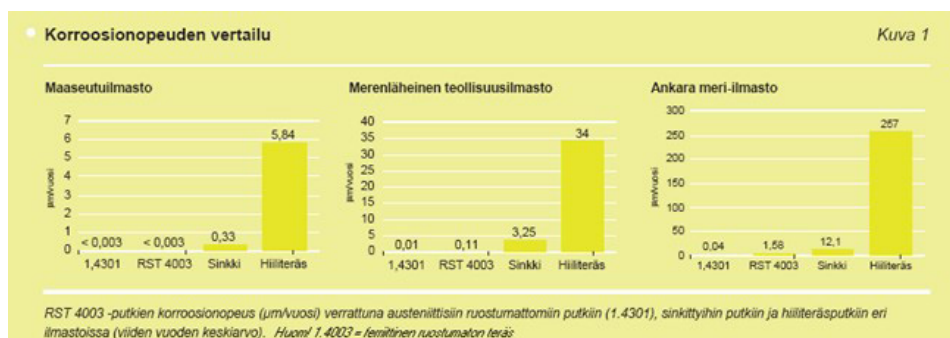
Pinnoitetun hiiliteräksen käytölle pätee samat ohjeistukset kuin mille tahansa liittorakenteelle ulkona, eli pyritään välttämään galvaanisen korroosion syntymistä materiaalinvalinnalla sekä detaljisuunnittelulla rakenteessa. Hiiliteräksen käyttö kantavissa rakenteissa on hyvin tunnettu aihe, eikä se normaali konepajakäytänteitä noudatettaessa sisällä yllättäviä riskejä valmistukselle. Kappaleessa 4.2 kuvissa 12 ja 13 on esitetty tyypillinen pinnoitetun (kuumasinkityn) hiiliteräksen käytöstä itseisovassa tukirakenteessa.

5.3 RUOSTUMATON TERÄS

Ruostumattomien teräslajien käyttö on kohtuullisen vähäistä muissa kuin kiinnitysosissa perusmateriaalin kalleuden vuoksi. Ruostumattomien peruslajien, ferriittisen, austeniittisen ja duplex-terästen käyttö kantavissa rakenteissa olisi korroosion kestävyuden näkökulmasta suositeltavaa verrattuna hiiliteräkseen. Rakenteen lujuuden suhteen ruostumaton teräs vastaa suorituskyvyltään rakenneterästä, erityispiirteenä kuitenkin se, että austeniittisella ruostumattomalla teräksellä ei esiinny maanpäälisissä lämpötiloissa haurasmurtumaa.

Käytännössä kuitenkin hinta jää korkeammaksi kuin pinnoitetun hiiliteräksen, joten näitä käytetään erittäin harvoin kokonaisissa rakenteissa. Osa laitetoimittajista käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja osia esimerkiksi kiinnikeosissa. Syy tähän lienee pelkästään imagollinen, sillä muut kiinnitystarvikkeet ovat hiiliterästä ja aurinkopaneelin kehikko alumiinia. Materiaalien valinnan kokonaistaloudellisuuden näkökulma on tällaisessa tapauksessa heikosti huomioitu.

Pitkäaikaisen vertailun näkökulmasta korroosio-ominaisuudet paranevat siirryttäessä rakenneteräksestä sinkkittyyhin ja edelleen alumiiniin sekä ruostumattomiin teräslajeihin. Maaseutuilmastossa olevat sinkkityt rakenteet saavuttavat helposti arvioidun 20 vuoden käyttöiän. Tästä huomattavasti paremmin kestävä vielä ruostumattomat teräkset, kuten kuvassa 17 on esitettyä. (Teräsrakenneyhdistys)



Kuva 17. Korroosionopeuden vertailutaulukko (Eskelinen, 2013)

6. AURINKOSÄHKÖ- JÄRJESTELMIIN LIITTYVÄT LUVAT, SÄÄNNÖKSET JA STANDARDIT

Aurinkosähköjärjestelmien asentamiseen, käyttöönottoon ja ylläpitämiseen liittyy monia lakeja, lupia, säännöksiä ja standardeja, joita tuotantoa suunnitteleva ei välttämättä ennalta ole osannut ottaa huomioon. Tässä kappaleessa esitetään kirjoitushetkellä voimassaolevat tiedot tiivistetyssä muodossa kootusti.

6.1 SÄHKÖN PIEN- JA MIKROTUOTANTOON LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ, LUVAT JA SOPIMUKSET

Tässä luvussa käsitellään sähkön pien- ja mikrotuotantoon liittyvää lainsäädäntöä sekä lupa- ja sopimusasioita. Pääsääntöisesti luvussa käsitellään mikrotuotantoon liittyviä asioita, koska Suomessa asennettavista aurinkosähköjärjestelmistä suurin osa lukeutuu tähän kategoriaan.

6.1.1 Määritelmä

Suomessa yksityishenkilöiden ja yhteisöjen omistamat aurinkosähköä tuottavat laitokset ovat mittakaavaltaan luettavissa pien- ja mikrotuotantolaitoksiksi. Sähkön pientuotannoksi määritellään energiamarkkinalain mukaan kaikki alle 2 MVA:n tuotantolaitokset. Tätä kokoluokkaa suuremmat voimalat voidaan katsoa kuuluvan teollisen sähköntuotannon piiriin, joita koskevat eri säännöt sähköntuotossa, kuin pienvoimaloita. Sähkön pientuotantoa voidaan kutsua myös hajautetuksi tuotannoksi. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 2013)

Mikrotuotantolaitoksiksi luetaan laitokset, joiden nimellisteho on enintään 50 kVA (Energiateollisuus, 2013). Energiamarkkinalain mukaan mikrotuotannoksi katsotaan kaikki alle 50 kVA:n tuotantolaitokset. Standardin EN 50438 mukaan mikrotuotannoksi katsotaan tuotantolaitos, jota suojaavan sulakkeen koko on enintään 16 A. Tällöin yksivaihetehoon noin 4kVA ja kolmivaiheteho noin 11 kVA. Mikäli sähköä

tuotetaan vain yksivaiheisesti, on tästä ilmoitettava jakeluverkonhaltijalle, joka voi määrätä, mille vaiheelle tuotanto tulee kytkeä. Tällä voidaan välttää tilanne, jossa jakeluverkkoon syntyy vaiheiden välille epätasapaino. (Energiateollisuus, 2016)

6.1.2 Tarvittavat luvat ja sopimukset

Aurinkosähköpaneelien- ja aurinkokeräinten asennusta varten saatetaan vaatia rakennus- tai toimenpidelupa kunnasta riippuen. Kunnan rakennusvalvonta neuvoo asukkaita kuntakohtaisten vaatimusten osalta (Motiva, 2014). Laitteiston asennuspai- kasta riippuen voidaan tarvita myös ympäristölupa tai mikäli kohde on suojelukohde, tarvitaan museovirastolta lupa töiden suorittamiseen.

Mikrotuottajan tulee toimittaa verkonhaltijalle tiedot tuotantolaitteiston teknisistä ominaisuuksista. Tuottajan tulee antaa seuraavat tiedot ennen liittämistä:

- Tuotantolaitteen, verkkoonliityntälaitteen ja mahdollisten lisälaitteiden tyyppi-
- kilpiin kirjatut tiedot sekä laitteen syöttämä suurin vikavirta.
- Testauspöytäkirja, josta selviää, että tuotantolaitos täyttää standardissa EN 50438 esitetyt suojausvaatimukset.
- Tuotantolaitoksen verkkoon kytkeytymistapa (automaattinen/manuaalinen) ja kytkeytymisaika.
- Tieto laitoksen erottamisratkaisusta ja erottimen tiedot.
- Testauspöytäkirjat, joista selviää, että laitteisto täyttää vaadittavat EMC-vaatimukset.

Kun laite on kytketty verkkoon, tuottajan tulee toimittaa verkonhaltijalle asianmu- kainen käyttöönototarkastuspöytäkirja. Jos laitos on yksivaiheinen, tulee käydä ilmi, mille vaiheelle se on liitetty. Tuotantolaitosta voidaan käyttää vasta, kun käyttöönot- totarkastuspöytäkirja on toimitettu verkonhaltijalle ja verkonhaltija on antanut luvan laitoksen käyttöön. (Energiateollisuus, 2016)

Nykyisten sopimusehtojen mukaan verkkoon syöttö tulisi estää, jos sähkölle ei löydy ostajaa. Verkonhaltija voi kuitenkin joustaa tässä asiassa niin kauan, kunnes tuottaja löytää markkinakumppanin, tai asia ratkeaa esimerkiksi lainsäädännön muutoksella. Kun tuottaja löytää itselleen markkinakumppanin, astuvat voimaan normaalit tuottajaa koskevat velvoitteet. Mikäli tuotantolaitoksen haluaa liittää verkkoon, vaikka sähkölle ei ole ostajaa, on tehtävä erillinen sopimus verkkoyhtiön kanssa. (Energiateollisuus, 2016)

6.1.3 Muita huomioitavia lakisääteisiä asioita

Sähkölaitteiston asentamiseksi ja kytkemiseen tarvitaan riittävät oikeudet omaava sähköurakoitsija. Sähköturvallisuuden varmistamiseksi sähköurakoitsijan on myös

tehtävä käyttöönottotarkastus, johon sisältyy silmämääräinen tarkastelu sekä erilaisia mittauksia ja testauksia. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan sähkötyön tilaajalle (Tukes, Asennus ja käyttöönotto, 2012). Sähkötyön tekemiseen ja turvallisuuden liittyvistä asioista on kerrottu tarkemmin sähköturvallisuuslaissa 14.6.1996/410. (Finlex, 1996)

Yksittäisten kaupallisilla markkinoilla olevien laitteiden sähköturvallisuudesta vastaa aina pääsääntöisesti laitevalmistaja ja/tai maahantuoja. Turvallisista laitteista tulee Euroopan unionin alueella löytyä CE-merkintä. CE-merkinnällä tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja ilmoittaa viranomaisille, että tuote täyttää EU:n asetuksen 765/2008 artiklan 30 ja päätöksen 768/2008/EY oleelliset turvallisuusvaatimukset. (SFS, 2010) (Tukes, 2015)

6.2 AURINKOSÄHKÖN TUOTANTOLAITTEISIIN LIITTYVÄT STANDARDIT JA VAATIMUKSET

Tässä luvussa on lueteltu aurinkosähkön tuotantolaitteisiin liittyviä vaatimuksia sekä standardeja. Nämä vaatimukset ja standardit koskevat kaikkia asennettavia tuotantolaitoksia Suomessa.

6.2.1 Sähkön laadulliset vaatimukset

Sähköliittymään voidaan liittää tuotantoa liittymissopimuksessa määritellyn tehon mukaisesti, jos tuotantolaitoksen käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta yli 4% jännitteen muutosta ja sähkön laatu liittämiskohdassa pysyy aina SFS-EN 50160 rajoissa. Lisäksi mikrotuotantolaitoksen käynnistysvirta ei saa ylittää liittymissopimuksen maksimitehon mukaista virran huippuarvoa (Energiateollisuus, 2016). Verkon kanssa rinnan toimiva mikrotuotanto ei saa aiheuttaa häiriöitä verkkoon eikä muihin sähköasennuksiin.

Sähkön tuotantoon liittyvistä EMC suojauksista on säädetty standardit EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2 sekä EN 61000-3-3. Näiden standardien mukaisesta toiminnasta vastaa aurinkopaneelilla tuotettaessa käytännössä invertteri-yksikön valmistaja.

6.2.2 Tuotantolaitoksen erotettavuus verkosta

Sähköturvallisuusstandardien mukaan tuotantolaitos tulee olla erotettavissa verkosta ja erotuslaitteessa tulee olla näkyvä ilmapäli ja erottimen käyttömekanismi tulee olla lukittavissa (SFS6002). Lisäksi jakeluverkon haltijalla täytyy olla joko rajoittamaton pääsy erottimelle tai kaukokytkenämahdollisuus (SFS6000). Verkon huolto ja korjaustilanteissa on tärkeää, ettei mikrotuotantolaitos ylläpidä verkon jännitettä.

Mikrotuotantolaitoksen oman suojauksen tulee huolehtia siitä, ettei laitos voi syöttää jännitteettömään verkkoon. (Energiateollisuus, 2016)

Erottimena voidaan käyttää erillistä mikrotuotantolaitoksen yhteyteen asennettua erotinta, jossa on näkyvä ilmaväli tai luotettava mekaaninen asennonosoitus tai kohteen sähkökeskuksen pääsulakkeet voidaan irrottaa. Verkon korjaus- ja huoltotilanteissa tulee varmistua siitä, että erottimia käytetään asianmukaisesti. Erotuslaite voi olla myös verkonhaltijan verkossa ennen liittämiskohtaa oleva kytkin, esimerkiksi pylväsvarokeytkin ilmajohtoverkossa tai kaapelijakokaapissa oleva jonovarokeytkin kaapeliverkossa. Tällaisen kytkinlaitteen asentamisesta voidaan laskuttaa mikrotuottajaa vain siinä tapauksessa, ettei tällaista kytkintä olisi verkkoon muuten asennettu ja ettei mikrotuottaja ole asennuttanut asianmukaista erotinta tuotantolaitoksensa yhteyteen.

Mikäli halutaan vaihtoehto erottimien käytölle, työt on tehtävä asianmukaisina jännitetöinä tai muuten yhtä turvallisella tavalla. Tuotantolaitoksen tulee aina irrottaa verkosta myös siinä tilanteessa että verkon jännite katoaa. (Energiateollisuus, 2016)

6.2.2.1 TAKAISINSYÖTTÖRISKIN HUOMIOIMINEN

Takaisinsyöttöriskin takia on tärkeää todentaa jännitteettömyys ja maadoittaa asennuspaikka myös mahdollisen mikrotuotantolaitoksen puolelta. Myös pienjänniteverkossa maadoitus on aiheellista tehdä työkohteen molemmin puolin. Tämä on tehtävä aina, kun on olemassa mahdollisuus, että verkkoon on liittynyt pientuotantoa, ja maadoittaminen kohteen puolelta on mahdollista. (Energiateollisuus, 2016)

6.2.3 Varautuminen vikatilanteisiin

Mikrotuotantolaitteisto on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkevät laitteiston irti yleisestä verkosta. Irtikytkennän on tapahduttava jos verkkosyöttö katkeaa, tai jos jännite tai taajuus generaattorilaitteiston navoissa poikkeaa mikrotuotantolaitoksen sallitulle toiminnalle asetelluista jännite- ja taajuusarvoista. Mikrotuotantolaitteisto ei saa koskaan kytkeytyä verkkoon, kun verkon jännite tai taajuus ei ole annetuissa rajoissa. (Energiateollisuus, 2016)

Tuotantolaitoksen suojauksen tulee varmistaa, että mikrotuotantolaitos lakkaa syöttämästä verkkoon, kun mikä tahansa standardissa EN 50438 määritellyistä sähkölaatuun liittyvistä parametreista ylittää tai alittaa asetteluarvon. Laitoksen tulee irtautua verkosta kaikissa laitevioissa eikä laitos saa koskaan alkaa syöttämään sähköä verkkoon, joka ei täytä asetteluarvojen vaatimuksia. (Energiateollisuus, 2016)

6.3 AURINKOSÄHKÖN TUOTANTOLAITTEIDEN YLEISIMPIIN KIINNITYSMATERIAALEIHIN LIITTYVÄT STANDARDIT JA SÄÄNNÖKSET

Julkaisun kirjoittamishetkellä ei ole tiedossa voimassa olevia standardeja ja säännöksiä, jotka erityisesti koskisivat aurinkosähköön tuotantolaitteiden runkorakenteita tai kiinnitysmateriaaleja. Yritysten omilla johtamis- tai toimintajärjestelmän sertifiikaateilla voi olla merkitystä valmistuksen laadukkuuteen.

Osista koottavien kattokiinnitysjärjestelmien materiaalien valinta on vapaata, joka on myös nähtävissä eri toimittajien tarjonnassa. Useimmilla toimittajilla on tarjolla myös monia eri materiaalivaihtoehtoja.

Hitsattujen, lähinnä tässä tapauksessa sinkittyjen, hiiliteräsrakenteiden valmistuksessa on huomioitava Suomessa CE-merkinnän asettamat vaatimukset. CE-merkintä tuli pakolliseksi 1.7.2014 siirtymäkauden päätyttyä. CE-merkintä perustuu SFS-EN 1090-1:een ja SFS-EN 1090-2:en sekä näitä mahdollisesti täydentäviin ja selittäviin lisäosiin.

Yleisesti kuntien ja kaupunkien rakennus- tai toimenpideluvissa, jotka vaihtelevat alueellisesti, määritellään enemmänkin laitteistoja ulkonäön, kuin teknisen toteutuksen puitteissa. Tämän vuoksi näiden huomio kiinnittyy raportin kannalta epäolennaiseen seikkaan.

7. YHTEENVETO

Tämä julkaisu on toteutettu vuonna 2016 osana Lapin Ammattikorkeakoulun Arktisen Aurinkoenergian Hyödyntämisedellytykset -hanketta. Hankkeen rahoittajana toimi Lapin Liitto (EAKR).

Tässä julkaisussa esiteltiin arktisten alueiden ilmaston vaikutuksia aurinkosähkön tuotantoon sekä laitteistovalintoihin. Julkaisussa on esitetty aurinkosähköjärjestelmän komponentit, suuntaus, kunnossapito, yleisimmät kiinnitysmateriaalit sekä tuotantoon liittyvät luvat, säännökset ja standardit. Julkaisu on tarkoitettu tuomaan perustietoa kaikille aurinkosähkön tuottamisesta kiinnostuneille arktisilla alueilla toimiville tahoille.

Arktisiin olosuhteisiin hankittavaa aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat tässä julkaisussa esiin nousseet asiat:

Arktisissa olosuhteissa on suositeltavaa valita yksikiteiset aurinkonnot aurinkopaneeliin niiden monikiteistä paremman hyötösuhteen vuoksi. Suurempi hyötösuhte takaa paremman tuotannon myös silloin, kun auringon säteilyä on vain vähän saatavilla.

Arktisiin olosuhteisiin tuotannon kannalta parhaiten soveltuvat ne invertterit joiden kytketymisen kynnysjännite eli minimi toimintajännite, on mahdollisimman matala. Matala kytketymisen kynnysjännite mahdollistaa tuotannon myös pienillä säteilyn määrillä.

Arktiset olosuhteet eivät aiheuta merkittäviä erityisvaatimuksia aurinkosähköjärjestelmän kaapeloinnille, mutta on silti syytä kiinnittää huomiota valittavan kaapelin ominaisuuksiin ulkoisen rasituksen keston osalta.

Aurinkosähköjärjestelmän suuntaus tulee valita sen mukaan, mikä on tarkoitukseen ja sijoituspaikkaan soveltuvin ratkaisu. Kaikki suuntaustavat soveltuvat arktisiin olosuhteisiin.

LÄHDELUETTELO

- Archi Expo. (2016). *Archi Expo*. Haettu 7. 6 2016 osoitteesta Jetion Solar Europe: <http://www.archiexpo.com/prod/jetion-solar-europe/product-69997-1428307.html>
- Aurinkovirta.fi. (ei pvm). Noudettu osoitteesta Aurinkovirta.fi: <http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/aurinkopaneelien-kiinnitysteline/>
- Energiateollisuus. (13. 12 2013). Haettu 10. 1 2016 osoitteesta energia.fi: http://energia.fi/sites/default/files/images/mikrotuotanto_-_taustapaperi_20131217.pdf
- Energiateollisuus. (12. 1 2016). *Mikrotuotannon liittäminen sähköjakeluverkkoon*. Noudettu osoitteesta http://energia.fi/sites/default/files/mikrotuotannon_liittaminen_verkostosuositus_lopullinen_2009.pdf
- Eskelinen, H. (2013). *Konstruktiomateriaalit ja niiden valinta*. Noudettu osoitteesta <http://slideplayer.biz/slide/2439878/>
- Finlex. (14. 6 1996). Haettu 20. 1 2016 osoitteesta Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410#L3>
- Finnwind. (2016). Haettu 8. 6 2016 osoitteesta <http://www.verkkokauppa.finnwind.fi/tuotteet.html?id=11/28>
- Honsberg, C.;& Bowden, S. (2013). Haettu 30. 5 2016 osoitteesta [pveducation.org: http://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature](http://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature)
- Hutila, A. (2014). *Ilmatieteenlaitoksen mittauksiloket*. Ilmatieteenlaitos. Haettu 7. 10 2015
- Ilmatieteenlaitos. (2011). Noudettu osoitteesta http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=827685fa-942d-4727-abb3-ae2877e55a99&groupId=30106
- Ilmatieteenlaitos. (22. 2 2012). *Lumitilastot*. Haettu 30. 5 2016 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/lumitilastot>
- Isojunno, V. (2014). *Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu*. Haettu 13. 6 2016 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74844/Isojunno_Veijo.pdf?sequence=1
- JN-Solar. (ei pvm). Haettu 8. 6 2016 osoitteesta [jn-solar.fi: http://www.jn-solar.fi/fi/32-invertterit-ja-muuntimet](http://www.jn-solar.fi/fi/32-invertterit-ja-muuntimet)
- Jyväskylän yliopisto. (2010). *Resistanssin lämpötilariippuvuus*. Haettu 9. 6 2016 osoitteesta https://www.jyu.fi/science/opiskelu-ohjeet/fysiikka/tyoosasto/tyot/fysp104/FYSP104_K3_k2010.pdf
- Lapin Yliopisto. (30. 5 2016). Noudettu osoitteesta Lapin Yliopisto Arktinen keskus: <http://www.arcticcentre.org/FI/arktinenalue>

Marathon Roofing & Services. (2010). Haettu 12. 6 2016 osoitteesta [marathonroof: http://www.marathonroof.com/wp-content/uploads/2010/02/solar-roof-panels.jpg](http://www.marathonroof.com/wp-content/uploads/2010/02/solar-roof-panels.jpg)

Motiva. (2014). *Auringosta lämpöä ja sähköä*. Haettu 21. 12 2015 osoitteesta [motiva.fi: http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_%282014%29.pdf](http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_%282014%29.pdf)

Motiva. (12. 5 2014). *Auringosta sähköä*. Haettu 6. 6 2016 osoitteesta http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa

motiva.fi. (10. 8 2015). Haettu 2. 10 2015 osoitteesta http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Oulun Energia. (2016). *aurinkopaneeli*. Noudettu osoitteesta [ouluenergia.fi: https://www.ouluenergia.fi/aurinkopaneeli](https://www.ouluenergia.fi/aurinkopaneeli)

Petri Lähde, S. K. (24. 2 2012). *Aurinkoenergiajärjestelmien integrointi rakennuksiin ja kiinteistöautomaatioon*. Haettu 7. 6 2016 osoitteesta <http://docplayer.fi/1831802-Aurinkoenergiajarjestelmien-integrointi-rakennuksiinja-kiinteistoaautomaatioon.html>

Saariemi, J. (13. 11 2015). (M. Rintala, Haastattelija) Haettu 16. 11 2015

Safewalk. (2016). Noudettu osoitteesta [merialumiini: http://www.safewalk.eu/merialumiini/](http://www.safewalk.eu/merialumiini/)

SFS, S. s. (8. 10 2010). *sfs.fi*. Haettu 20. 1 2016 osoitteesta http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta

SOLAR BERMUDA LTD. (2011). Haettu 6. 7 2016 osoitteesta [solarbermuda.com: http://www.solarbermuda.com/?cat=16](http://www.solarbermuda.com/?cat=16)

Solar radiation and photovoltaic electricity potential. (4. 9 2012). Haettu 5. 10 2015 osoitteesta [Joint Research Center \(IET\): http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eur.htm#FI](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eur.htm#FI)

Sundance Solar. (2016). *How much energy can a solar panel produce in a day?* Haettu 31. 5 2016 osoitteesta <http://store.sundancesolar.com/how-much-energy-can-a-solar-panel-produce-in-a-day-1/>

Sähkömarkkinalaki 588/2013. (9. 8 2013). Suomi. Haettu 27. 10 2015 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Teräsrakenneyhdistys. (ei pvm). Noudettu osoitteesta http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/221/1ba5d4e/Kuumasinkittyjen_terasrakenteiden_kayttoika_2014_09.pdf

Tindo solar. (2016). *Poly vs Mono Crystalline*. Haettu 9. 6 2016 osoitteesta <http://www.tindosolar.com.au/learn-more/poly-vs-mono-crystalline/>

Titan Energy. (ei pvm). Haettu 8. 6 2016 osoitteesta [titan energy: http://www.titan-energy.co.uk/ekmps/shops/titan4321/resources/Design/photo-of-semi-flexible-solar-panels-on-yacht2.jpg](http://www.titan-energy.co.uk/ekmps/shops/titan4321/resources/Design/photo-of-semi-flexible-solar-panels-on-yacht2.jpg)

Tukes. (20. 8 2012). *Asennus ja käyttöönotto*. Haettu 20. 1 2016 osoitteesta [tukes.fi: http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Asennus-ja-kayttoonotto/](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Asennus-ja-kayttoonotto/)

Tukes. (22. 10 2015). *CE-merkintä*. Haettu 20. 1 2016 osoitteesta [tukes.fi: http://www.tukes.fi/fi/toimialat/kuluttajaturvallisuus/ce-merkki/](http://www.tukes.fi/fi/toimialat/kuluttajaturvallisuus/ce-merkki/)

Valuatlas. (28. 1 2015). *Painevaluseokset*. Noudettu osoitteesta http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/metals_aluminum_FI.pdf

VTT. (2012). *Arctic Solar Energy Solutions*. Haettu 30. 5 2016 osoitteesta www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T15.pdf

Aurinkoenergian kysyntä ja tarjonta on viime vuosina lisääntynyt merkittävästi. Tässä julkaisussa esitellään arktisten alueiden ilmaston vaikutuksia aurinkosähkön tuotantoon sekä laitteistovalintoihin. Julkaisu kattaa aurinkosähköjärjestelmän komponentit, suuntauksen, kunnossapidon, sekä yleisimmät kiinnitysmateriaalit ja tuotantoon liittyvät luvat, säännökset ja standardit.

Julkaisun tarkoituksena on tuoda arktisilla alueilla toimiville tahoille tietoa aurinkoenergian hyödyntämisestä aurinkosähköjärjestelmiä hyväksikäyttäen. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin aurinkolämpöä ja hybridiratkaisuja käyttävät järjestelmät sekä verkkoon kytkemättömät järjestelmät.

Julkaisu on tarkoitettu tuomaan perustietoa kaikille aurinkosähkön tuottamisesta kiinnostuneille arktisilla alueilla toimiville tahoille.



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

LAPIN AMK⁷
Lapland University of Applied Sciences

www.lapinamk.fi

ISBN 978-952-316-135-1