



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

EEMELI KONTTO

# **Aurinkosähköjärjestelmän toteutus asunto-osakeyhtiössä**

SÄHKÖTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2020

Tekijä(t) Kontto, Eemeli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Syyskuu, 2020
	Sivumäärä 50+14	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Aurinkosähköjärjestelmän toteutus asunto-osakeyhtiössä</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikka		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kirjallinen materiaali asunto-osakeyhtiössä toteutettavan aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun tueksi. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Granlund Turku Oy. Työ toteutettiin toimeksiantajan suunnittelussa olevan uudiskohteen kohdetietoja hyödyntäen.</p> <p>Työhön kuului uudisrivialokohteen kokonaisvaltainen sähkö- ja tietotekninen suunnittelu ja tähän mahdollisesti liitettävän aurinkosähköjärjestelmän selvitys. Työssä selvitettiin asunto-osakeyhtiössä toteutettavan aurinkosähköjärjestelmän haasteita sekä käytiin läpi suunnitteluun liittyviä julkaisuja, lakeja, standardeja sekä muita aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun liittyviä pointteja. Erityiseen rooliin nousi sähköenergiankulutuksen erilaiset mittaustavat asunto-osakeyhtiössä, joita avattiin työn loppupuoliskolla.</p> <p>Opinnäytetyön tulokseksi saatiin toimeksiantajan käyttöön kirjallinen selvitys aurinkosähköjärjestelmän toteuttamisesta asunto-osakeyhtiössä. Työtä voidaan käyttää suunnittelun tukena tulevissa kohteissa. Lopussa todettiin, että aiheeseen liittyvien standardien ja lakien muuttumista on hyvä seurata jatkuvasti, sillä aihe liittyy tiiviisti globaaliin energiamurrokseen, joka tulee väistämättä muuttamaan myös Suomen energiatuotantomalleja.</p>		
<a href="#">Asiasanat</a> Aurinkoenergia, asunto-osakeyhtiö, sähkömittaustekniikka		

Author(s) Kontto, Eemeli	Type of Publication Bachelor's thesis	Date September, 2020
	Number of pages 50+14	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Photovoltaic system in limited liability housing company</b>		
Degree program Electrical engineering		
<p>The purpose of this thesis was to produce a written publication to support the design of photovoltaic solar systems in limited liability housing companies. This thesis was commissioned by Granlund Turku Oy. The thesis was carried out using target data from one of the employer's new construction projects.</p> <p>This thesis included a comprehensive design of the electrical and IT systems used in the new row house complex construction project and the research for a photovoltaic solar system which could be integrated to the buildings' electrical system. In this thesis the challenges of a photovoltaic solar systems integrated to the electrical system of a limited liability housing company were studied, alongside with publications, laws, standards and other points related to the design of photovoltaic solar systems in these kinds of housing arrangements. In this thesis, a special role was given to the various methods of measuring electrical energy consumption in a limited liability housing companies. These methods were explained in more detail in the second half of the thesis.</p> <p>As a result of this thesis a written report on the implementation of a photovoltaic solar system in a limited liability housing company was made available to the employer. The final report can be used as a support document for upcoming projects. At the end of the thesis it was stated that it's good to keep up with the related standards and laws related to the topic as the topic is closely related to the global energy revolution which will inevitably change Finland's energy production models as well.</p>		
<u>Key words</u> Solar energy, limited liability housing company, electricity measurement technology		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 PROJEKTI .....	8
2.1 Työn toimeksiantaja .....	8
2.2 Työn tavoitteet .....	8
3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ YLEISESTI.....	9
3.1 Osat ja toimintaperiaate .....	9
3.2 Suunnittelustandardit ja julkaisut.....	14
3.2.1 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.....	14
3.2.2 Sähkömarkkinalaki 588/2013 .....	15
3.2.3 SFS-käsikirja 607 Aurinkosähköjärjestelmät.....	15
3.3 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus .....	16
4 RIVITALON SUUNNITTELU .....	17
4.1 Kohde ja suunnittelun lähtötiedot .....	17
4.2 Sähköjärjestelmä .....	17
4.2.1 Kiinteistön huipputehon määrittäminen .....	17
4.2.2 Asunnon huipputehon määrittäminen.....	19
4.2.3 Pääsulakkeiden mitoitus.....	19
4.2.4 Syöttökaapeleiden mitoitus .....	20
4.2.5 Sähköjärjestelmän maadoitus ja potentiaalintaus.....	21
4.3 Viestintäjärjestelmät.....	21
4.3.1 Antennijärjestelmä .....	22
4.3.2 Yleiskaapelointijärjestelmä .....	23
4.3.3 Viestintäjärjestelmien maadoitus ja potentiaalintasaus.....	24
5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....	26
5.1 Sijoitus ja suuntaus.....	26
5.2 Aurinkosähköpaneeliston tasasähköosan ylivirtasuojaus .....	29
5.3 Aurinkosähköpaneeliston vaihtosähköosan ylivirtasuojaus.....	32
5.4 Aurinkosähköpaneeliston ylijännitesuojaus.....	32
5.5 Maadoitus ja potentiaalintasaus .....	33
5.6 Aurinkosähkötuotantomallit asunto-osakeyhtiössä.....	34
5.6.1 Esimerkki mittaustekniikoiden eroista .....	36
6 TOTEUTUKSIEN VERTAILU .....	38
6.1 Asukkaan oma aurinkosähköjärjestelmä.....	38
6.2 Kiinteistösähkökulutukseen tarkoitettu aurinkosähköjärjestelmä.....	39
6.3 Takamittarointimalli.....	40

6.4 Hyvityslaskentamalli.....	41
7 YHTEENVETO .....	45
LIIKTEET	
LÄHTEET	

## 1 JOHDANTO

Aurinkoenergia on kasvattanut markkina-alaansa maailman sähköntuotannossa eksponentiaalisesti aina 1980-luvulta lähtien, ensimmäisten kaupallisten aurinkopaneelien tullessa markkinoille. Aurinkoenergian potentiaalia on paikoin ollut vaikea perustella, mutta viimeisen kymmen vuoden aikana on tuotetun sähköenergian määrä ylittänyt 2010-luvun alun optimistisimmatkin odotukset.

Aurinkosähköjärjestelmät ovat yleistyneet niin yritys- kuin kuluttajatasolla. Suurimpana syynä aurinkosähköjärjestelmien yleistymiseen voidaan pitää paneelien hintojen huomattavaa tippumista viimeisen kymmenvuoden aikana, suurimmaksi osaksi masuotannon ansiosta (IRENA, 2020, s. 62-66). Hintojen laskun myötä yhä useammalla kuluttajalla on mahdollisuus hankkia itselleen aurinkosähköjärjestelmä. Kysynnän kasvaessa, myös yhä useampi asunto-osakeyhtiö kiinnostuu aurinkosähköön investomisesta. Tuotannon toteuttaminen ei ole kuitenkaan niin yksinkertaista kuin yksittäisessä pientalossa toteutetussa aurinkosähköjärjestelmässä. Kuitenkin hyvällä kartoituksella ja suunnittelulla, on onnistuneen tuotantomallin toteuttaminen mahdollista. Kuten muussakin suunnittelussa, myös aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa on tärkeää saada mahdollisimman tarkat lähtötiedot. Näin säästytään turhilta kustannuksilta.

Euroopan unioni velvoittaa jäsenmaitaan siirtymään vuoteen 2020 mennessä 15 minuutin mittaiseen taseselvitysjaksoon, joka mahdollistaa huomattavasti paremmin toimivan kysyntäjouaston sähkömarkkinoilla, ja näin lyhentää aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaikoja entisestään. Avainasemaan aurinkosähköjärjestelmän toteuttamisessa asunto-osakeyhtiössä nousee mittarointitapa, sekä järjestelmän oikea mitoitus. Oikeanlaisella mittaroinilla mahdollistetaan asunto-osakeyhtiölle kustannustehokas järjestelmä, joka kykenee hyödyntämään uudistuvia kulutusjoustomarkkinoita. Juuri kiinteistön tarpeisiin mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä sen sijaan mahdollistaa

sähkön käytön vain kiinteistön tarpeisiin. Näin vältetään sähkönmyymiseltä jakeluverkko, joka ei nykyisellä lainsäädännöllä ja sopimuksilla ole kovin kannattavaa.

## 2 PROJEKTI

### 2.1 Työn toimeksiantaja

Työn toimeksiantaja on Granlund Turku Oy. Toimeksiantaja työllistää työn kirjoitus-  
hetkellä noin 20 talotekniikan ja rakennuttamisen ammattilaista ja on osa kansainvä-  
listä Granlund Oy konsernia. Granlund Oy on vuonna 1960 perustettu rakennetun ym-  
päristön ja kiinteistöalan asiantuntijakonserni, joka työllistää kansainvälisesti yhteensä  
yli 1000 oman alansa asiantuntijaa. Granlundilla on liiketoimintaa Suomen lisäksi Aa-  
siassa, Lähi-idässä, Baltiassa, Pohjoismaissa sekä Iso-Britanniassa. (Granlund, 2020.)

### 2.2 Työn tavoitteet

Suomen virallisten tilastojen mukaan vuonna 2019 Suomessa oli noin 1,54 miljoona  
asuinrakennusta, joista 145 000 oli kerros- tai rivitaloja. Näissä rakennuksissa asuu  
hieman yli puolet Suomen väestöstä. Asumisen sähkönkulutus oli Suomessa vuonna  
2018 22,5 TWh, josta aurinkoenergialla tuotettiin vain 90 GWh. Tilastokeskuksen en-  
nakkotiedon mukaan tämä määrä kaksinkertaistui vuonna 2019. Tämä tarkoittaa, että  
Suomessa on merkittävä määrä hyödyntämätöntä sähköntuotantopotentiaalia, joka tul-  
laan nykyisten trendien perusteella valjastamaan käyttöön lähitulevaisuudessa  
(IRENA, 2019, s. 20-21).

Ilmastonmuutoksen kiihtyessä, ihmisten ympäristötietoisuuden kasvaessa sekä aurin-  
kopaneelien hinnanlaskun myötä, ovat aurinkosähköjärjestelmät nostaneet markkina-  
osuuttaan energian paikallistuotannon vaihtoehtona (IRENA, 2019, s. 19). Työn tilaa-  
jan asumiskäyttöön tarkoitetusta suunnittelukohteista suurin osa on asunto-osakeyhti-  
öitä. Kohteissa toteutetaan kasvavassa määrin aurinkosähköjärjestelmiä eri kokoluo-  
kissa. Näin ollen projektin toimihenkilöille on tarjottava ajankohtaiset tiedot aurin-  
kosähköjärjestelmän toteuttamisesta asunto-osakeyhtiössä, laadukkaan ja tuloksellisen  
suunnittelun varmistamiseksi. Työn tavoitteena on luoda tilaajalle selkeät ohjeet au-  
rinkosähköjärjestelmän toteuttamisesta asunto-osakeyhtiössä, sekä vertailla eri toteu-  
tusmalleja.

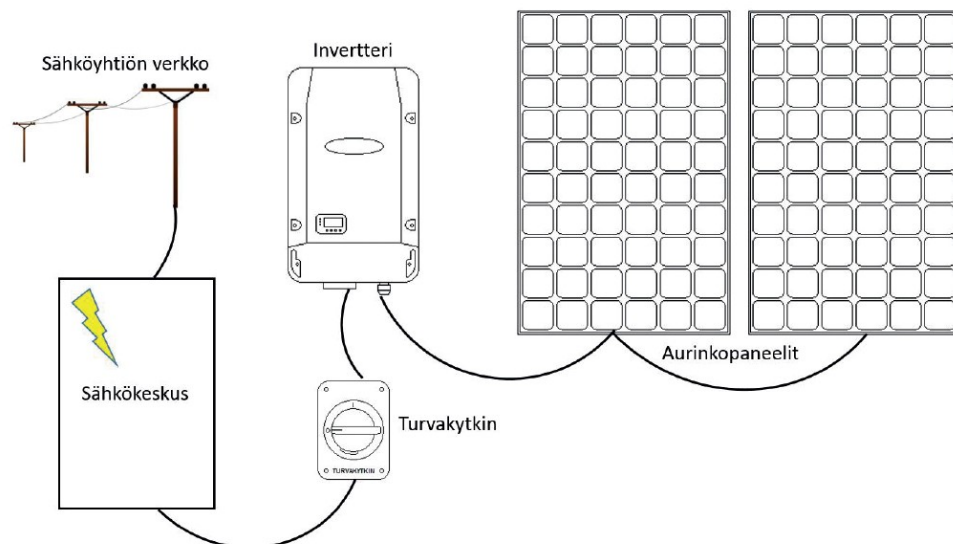


### 3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ YLEISESTI

Aurinkosähköjärjestelmät voidaan toteutustapansa mukaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan: off-grid ja on-grid-järjestelmiin. Off-grid-järjestelmä on akuilla varmennettu jakeluverkkoon kytkemätön järjestelmä, joka lataa akustoa, josta sähkö otetaan käyttöön. On-grid-järjestelmä on jakeluverkkoon kytketty järjestelmä, josta ylimääräinen tuotettu sähkö siirretään jakeluverkkoon. Johtuen off-grid-järjestelmän vaatiman akuston korkeasta hinnasta, on lähtökohtaisesti jokainen asunto-osakeyhtiössä toteutettu järjestelmä kytketty jakeluverkkoon. Työssä keskitytään pelkästään on-grid-järjestelmiin. (Lehto ym., 2017, s. 43; Tuomi, 2019.)

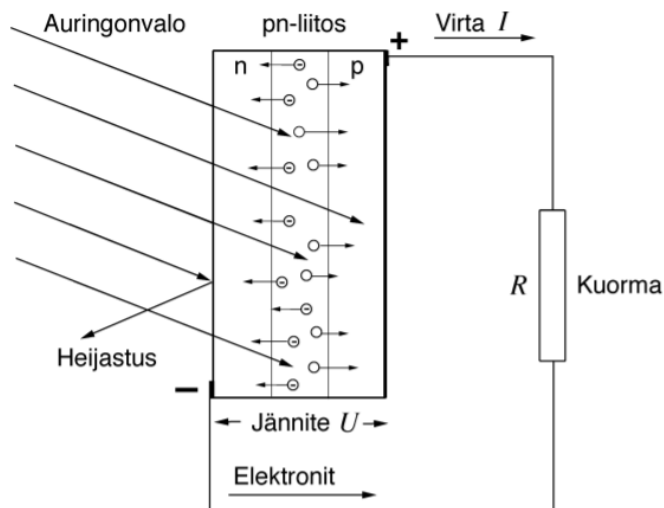
#### 3.1 Osat ja toimintaperiaate

Jakeluverkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän toteuttamiseksi vaaditaan kuvan 1 mukaisesti seuraavat pääkomponentit: aurinkopaneelit, invertteri, erotuskytkin, DC- ja AC-kaapelointi, johdonsuojakytkimet sekä paneeliston kiinnitysjärjestelmä. (Helen, 2019, s. 5.)



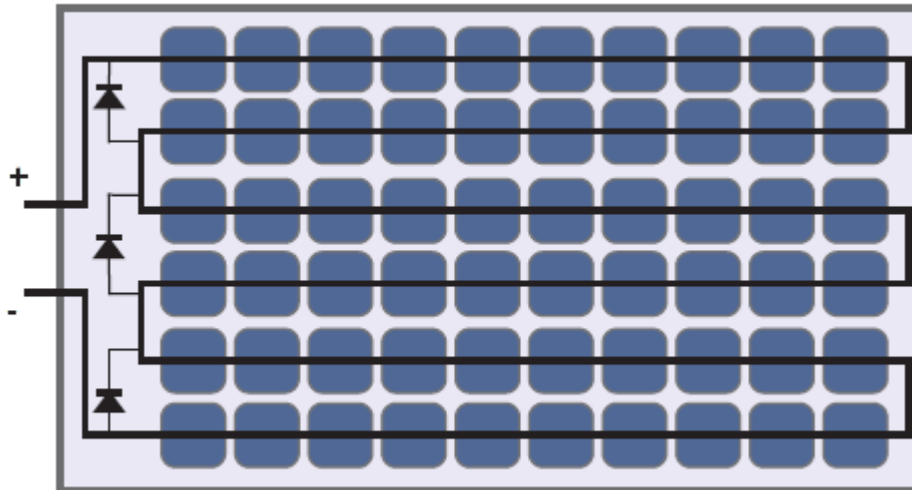
Kuva 1. On-grid aurinkosähköjärjestelmän periaatekaavio. (Lehto ym., 2017, s. 44)

Aurinkopaneeli on aurinkosähköjärjestelmän sähkövirtaa tuottava osa, tarkemmin sanottuna sähköä tuottavaa osaa kutsutaan aurinkokennoksi. Aurinkokenno koostuu kahdesta päällekkäin asetellusta eri tyyppisestä puolijohdemateriaalista, joita kutsutaan p- ja n-puolijohdeiksi. Auringon säteilemien valohiukkasten osuessa puolijohdeiden rajapintaan, muodostaa se elektroni-aukkopareja. Valohiukkasten synnyttämistä elektroni-aukkopareista elektronit kulkeutuvat n-puolelle ja aukot p-puolelle. Koska puolijohdeiden rajapintaan on muodostunut sähkökenttä, pääsevät elektronit liikkumaan vain toiseen suuntaan. Näin ollen puolet pitää yhdistää toisiinsa ulkoisella virtapiirillä, jolloin elektronit pääsevät kulkemaan p-puolelle yhdistymään sinne kulkeutuneiden aukkojen kanssa. Kuvassa 2 on havainnollistettu aurinkokennon toimintaa. (Suntekno, 2010.)



Kuva 2. Aurinkokennon toimintaperiaate. (Suntekno, 2010)

Aurinkopaneeli koostuu useista sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Näin saadaan paneelin tuottamaa jännitettä kohotettua yhden aurinkokennon tuottamasta noin 0,5 voltista haluttuun suuruuteen. Kuvassa 3 on esitetty aurinkokennojen kokoonpanoperiaate aurinkopaneelin sisällä. Kennon osittain varjostuessa, voidaan kuvassa 3 havainnollistettujen ohitusdiodien avulla yksi tai useampi aurinkokennojen sarja ohittaa. Tällöin säästytään tehon alenemiselta. (ST 55.32, 2019, s. 4; Suntekno, 2010, s. 3.)



Kuva 3. Aurinkokennojen kytkentäperiaate aurinkopaneelissa. (ST 55.32, 2019, s. 4)

Jotta aurinkopaneelien tuottamaa sähköenergiaa voidaan hyödyntää kuluttajien normaalissa sähkökäytössä, pitää aurinkosähköjärjestelmään asentaa invertteri eli vaihtosuuntaaja. Invertterin tehtävänä on muuntaa paneelien tuottama tasasähkövirta sinimuotoiseksi vaihtosähkövirraksi. Invertterin tehtävänä on myös mitata jakeluverkon taajuutta ja tahdistaa sen muuntama sähkövirta jakeluverkon kanssa samaan tahtiin. Invertteri toimii myös järjestelmän suojalaitteena, ja se esimerkiksi kytkee järjestelmän sähkönsyötön kiinteistöön pois päältä, mikäli jakeluverkossa esiintyy sähkökatkos. Mikäli tasaverkon puolen turvakytkintä ja muita suojalaitteita ei ole integroitu invertteriin, pitää ne standardin SFS 6000-7-712 mukaisesti asentaa erikseen. (ST 55.33, 2013, s. 3.)

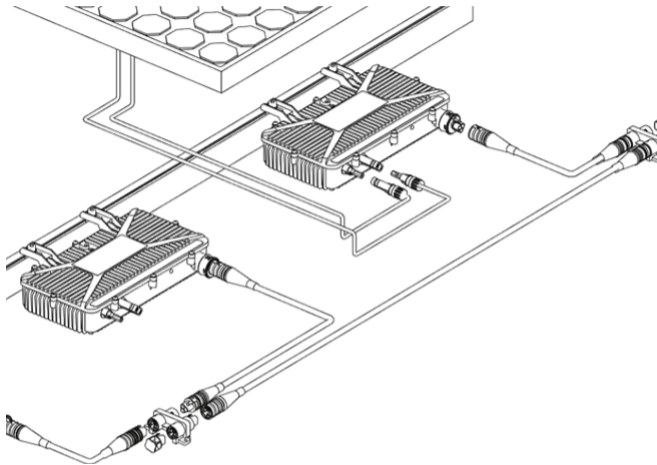
Inverttereitä on saatavilla eri teholuokissa, 1- ja 3-vaiheisina, ja niiden hyötysuhde on yleisesti noin 90-95%. Invertteri tulee mitoittaa aurinkopaneeliston huipputehon mukaan ja sen tulee täyttää verkkoyhtiön vaatimukset sähkönlaadun varmistamiseksi. Invertterin oikea mitoitus on yhtä tärkeää kuin itse paneeliston mitoitus. Turhaa ylimitoitusta tulee välttää, ellei tiedossa ole paneeliston sähköntuottokapasiteetin kasvattamista lähitulevaisuudessa. Mitä suurempi tehoisempi invertteri on, sitä korkeampi on kynnysjännite sen käynnistymiselle. Näin ollen, mikäli invertteri ylimitoitetaan suhteessa paneeliston tuottamaan sähkötehoon, jäävät aamun ja illan heikkotehoiset tunnit hyödyntämättä. Kuvassa 4 on esitetty kuluttajasovelluksissa yleisesti käytetty invertteri. (Helen, 2019, s. 5.)



Kuva 4. 3-vaihe invertteri. (Fronius International GmbH, 2020)

Pienemmissä aurinkosähköjärjestelmissä voidaan myös käyttää mikroinvertterejä. Mikroinvertteriä käytettäessä, asennetaan jokaiselle paneelille oma mikroinvertteri. Tässä tapauksessa invertteri sijoitetaan paneeliston läheisyyteen. Mikroinvertterejä käytetään yleisesti pienitehoisissa yhden tai kahden paneelin järjestelmissä. Mikroinvertterien hyötynä verrattuna perinteiseen koko järjestelmän kattavaan isotehoiseen invertteriin, on tehokkaampi sähköntuotanto. (Motiva, 2019a.)

Useasta kuvan 5 mukaisesti asennetusta paneelikohtaisesta mikroinvertteristä koostuva järjestelmä on tavallisesti investointikustannuksiltaan kalliimpi kuin järjestelmä, johon sisältyy vain yksi suurempitehoinen invertteri. Lisäksi järjestelmän huoltovarmuus heikkenee komponenttien lisääntyessä. (Motiva, 2019a.)



Kuva 5. Mikroinverttereitä asennettuina telineeseen, paneelien taakse.  
(AEconversion & Co., 2015, s. 6)

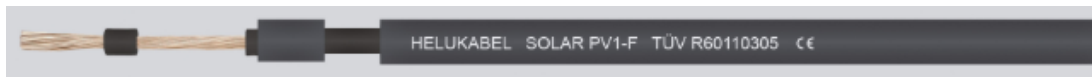
Isommissa kiinteistöissä myös paneeliston kaapelointeihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Mikäli paneelisto toteutetaan olemassa olevaan kiinteistöön, pitää varmistaa, että kaapelien palo-osastointi tehdään oikein. Jos kaapelointi toteutetaan olemassa olevaa hormia pitkin, tulee varmistaa, että hormia ei myöhemmin oteta tulisijakäyttöön ja, että viereiset hormit eivät lämmitä paneeliston kaapelointia. Uudiskohteissa aurinkosähköjärjestelmän kaapeloinnille parhaiten soveltuvien kaapelireittien valinta on helpompaa. (ST 55.32, 2019, s. 3.)

Vaihtosähkösyöttökaapelit tulee mitoittaa niin, että ne täyttävät laitteiston oikosulkuvirtavaatimukset. Mikäli syöttökaapelin reitti kulkee niin, että kaapeli on altis erilaisille ulkoisille rasituksille, pitää kaapeli suojata niin, että se ei pääse ulkoisten tekijöiden vuoksi vaurioitumaan. Tällaisia ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi vesi, lumi, jää, uv-säteily ja lämpötilanvaihtelut. (Lehto ym., 2017, s. 96.)

Tasasähköosan kaapelit on valittava ja asennettava siten, että maasulkujen ja oikosulkujen riskit ovat mahdollisimman pieniä. Tämä voidaan varmistaa käyttämällä metallivaipattomia kaapeleita, tai eristettyjä johtimia asennettuna erikseen asennusputkiin tai johtokanaviin. Kaapeleita ei saa asentaa suoraan katon pintaan. Suoraan paneelien alle asennettavat kaapelit altistuvat kesäkuukausina jopa 70°C kuumuudelle, mikä vaikuttaa olennaisesti kaapelin kuormitettavuuteen. (SFS 6000-7-712, 2017, s. 17.)

Tasasähköpuolella (vaihtosuuntaajan tasasähköliittimiin saakka) on käytettävien sähkölaitteiden ja johtojärjestelmän esim. liitännäsrasioiden ja kaapelien oltava luokkaa II

rakennetta tai niillä on oltava vastaava eristys. Kuvassa 6 on havainnollistettu luokan II vaatimukset täyttävän tuplaeristetyn kaapelin rakenne. (IEC 62548:2016:fi, 2018, s. 27.)



Kuva 6. Tuplaeristetty luokan II rakenteinen yksijohdinkaapeli. (Helukabel, 2017)

Sekä uudis- että saneerauskohteissa on tärkeää muistaa katolta sähkökeskukselle menevien kaapelien paloluokitus. Mikäli kaapelivedot joudutaan tekemään uloskäytävissä, pitää varmistua kaapeleiden standardin SFS 6000-4-42 mukaisesta palosuojauksesta. Uudiskohteissa pitää kaapelointi uloskäytävillä suojata standardissa SFS-EN 13501-6 määritellyn paloluokan A2-s1,d0 mukaisesti palokestävyysluokkaan EI 30. Saneerauskohteissa voidaan käyttää standardissa SFS-EN 13501-6 määriteltyä paloluokkaa C<sub>CA</sub>-s1,d1,a2, mikäli kaapelin suojaaminen palonkestävällä materiaalilla ei ole mahdollista. (SFS 6000-4-42, 2017, s. 9.)

### 3.2 Suunnittelustandardit ja julkaisut

Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on noudatettava kansallisesti sekä kansainvälisesti sitovia lakeja, määräyksiä ja standardeja sekä laitevalmistajien ohjeita. Sähköturvallisuusviranomainen (TUKES) on luonut listan Suomessa noudatettavista standardeista. Suomessa sähköalan standardointia hoitaa SESKO ry, joten kaikki sitovat standardit ovat heidän julkaisujaan. SESKO ry toimii yhteistyössä kansainvälisten standardointiorganisaatioiden CEN-CENELEC:n ja ISO-IEC:n kanssa.

#### 3.2.1 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016

Suomen sähköturvallisuuslaki on Suomen eduskunnan säätämä laki, joka velvoittaa kaikkia sähkön parissa työskenteleviä henkilöitä. Koska kyseessä on laki, menee se tarvittaessa muiden standardien sekä säädösten edelle. Käytännössä laki velvoittaa suunnittelijoita suunnittelemaan sähköjärjestelmät turvallisesti ja hyvän teknillisen

tavan mukaisesti. Lain toteutumista valvo sähköturvallisuusviranomaisen TUKES. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

### 3.2.2 Sähkömarkkinalaki 588/2013

Suomen sähkömarkkinalaki velvoittaa kiinteistönhaltijaa järjestämään sähkön mittaus asianmukaisella tavalla, jos sähkö toimitetaan loppukäyttäjälle kiinteistön sisäisen sähköverkon kautta. Sähkön mittaus pitää järjestää siten, että jos loppukäyttäjä haluaa vaihtaa sähköntoimittajaa, huoneistokohtaisen mittauslaitteiston mittaama sähkönkulutus voidaan teknisesti helposti ja kustannustehokkaasti yhdistää kiinteistön kokonaiskulutukseen tai erottaa siitä. Laki on hyvä pitää mielessä jo suunnitteluprosessin alkuvaiheilla, kun mittarointia aletaan suunnittelemaan. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

### 3.2.3 SFS-käsikirja 607 Aurinkosähköjärjestelmät

SFS-käsikirjaan 607 on koottu aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun, asentamiseen, tarkastamiseen ja käytönvalvontaan liittyvät julkaisut. Käsikirjasta ilmestyi vuonna 2019 uusi versio, joka korvaa vuonna 2016 ilmestyneen saman nimisen julkaisun. Käsikirja koostuu seuraavista julkaisuista:

- IEC 62548:2016:fi Aurinkosähköpaneelistot. Suunnitteluvaatimukset.
- SFS-EN 62446-1:2016 + A1:2018 Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1: Sähköverkkoon kytetyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönototestit ja tarkastus
- SFS-EN 61724-1:2017 Aurinkosähköjärjestelmän suorituskyky. Osa 1: Valvonta
- SFS-EN 61829:2016 Aurinkosähköpaneelisto. Laitteiston virta-jänniteominaisuuksien mittaus
- SFS-EN 50380:2017 Aurinkosähköpaneelien merkintä- ja dokumentointivaatimukset

### 3.3 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Kannattavan mitoituksen edellytyksenä on kohteen kulutustietojen tunteminen ja sen kehityksen arvioiminen. Olemassa olevien kohteiden kohdalla arviointi on melko tarkkaa verkkoyhtiön kulutustietojen perusteella. (Lehto ym., 2017, s. 75.)

Uudiskohteessa aurinkosähköjärjestelmän oikea mitoitus on luonnollisesti hankalaa, koska kulutustietoja ei kyseisestä kohteesta ole saatavilla. Uudiskohteen aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa pitääkin tukeutua olemassa olevien vastaavien kohteiden kulutustietoihin, sekä kohteen sähköteknisen varustelutason tarkasteluun. Tärkeintä on selvittää pohjakulutustaso, jonka mukaan järjestelmä tulee mitoittaa. Yleisesti Suomen olosuhteissa pohjakulutustaso on kesäkuukausien kuumimmilla ajanjaksoilla. Uudiskohteita suunnitellessa kannattaa myös miettiä, voiko pohjakulutusta siirtää automaation avulla korkeankulutuksentunneilta matalankulutuksentunneille. Tällaista kulutuksen siirtoa voidaan mahdollistaa esimerkiksi lämmittämällä vettä vain korkeantuotontunneilla. Tulevaisuudessa myös sähköautojen latausinfrastruktuurin yleistyminen tarjoaa mahdollisuuksia kulutuksen siirtämiselle korkeankulutuksentunneilta matalankulutuksentunneille. Pohjakulutusta määriteltäessä voidaan jättää yön tunnit huomioimatta, koska aurinko ei paista, joten ei tuottoakaan ole.

Nykyisin kerrostalon aurinkovoimala mitoitetaan kattamaan lähinnä kiinteistösähkön kulutus, jolloin tyypillinen aurinkovoimalan koko on 3-8 kW. Tämä kattaa vain kiinteistön sähkömittarin taakse kytketyn kuorman, sillä aurinkosähkön syöttäminen asukkaille ei ole nykyisellä lainsäädännöllä sallittua. Jos voimalasta voitaisiin jakaa tuotantoa myös taloyhtiön asukkaille, olisi voimalaitoksen sopiva koko keskimäärin 14 kW. Taloyhtiön huoneistojen määrään suhteutettuna rivitalossa vastaavalla tavalla mitoitettun voimalan koko olisi 2,8 kW. Jos Suomen kaikkiin kerrostaloihin asennettaisiin 14 kW aurinkovoimala, ja rivitaloihin vastaavasti 2,8 kW voimala, muodostuisi tästä tuotantokapasiteetiksi 1 094 MW. Tällä aurinkosähkökapasiteetilla voitaisiin tuottaa sähköenergiaa keskimäärin 983 GWh/a, joka oli 1,1 % Suomen sähköenergian tuotannosta vuonna 2018. (Auvinen ym., 2020, s. 2.)



## 4 RIVITALON SUUNNITTELU

### 4.1 Kohde ja suunnittelun lähtötiedot

Suunnittelutyön kohteena on Turun Raunistulassa sijaitseva kolmesta kaksikerroksisesta uudisrivitalosta koostuva asunto-osakeyhtiö. Yhtiö koostuu taloista A, B ja C. Talon A kokonaisasuinpinta-ala on 482m<sup>2</sup>, talon B 334m<sup>2</sup> ja talon C 334m<sup>2</sup>. Taloissa on kahdenkokoisia asuntoja: 74m<sup>2</sup> ja 93m<sup>2</sup>. 93m<sup>2</sup> asunnot sijaitsevat talojen päädyissä, muut asunnot ovat 74m<sup>2</sup> asuntoja. Talossa A on yhteensä kuusi asuntoa, taloissa B ja C on kummassakin neljä asuntoa. (YIT, 2020.)

Talojen lämmitys tapahtuu talokohtaisella maalämpökattilalla ja ilmanvaihto asuntokohtaisella lämmön talteen ottavalla ilmanvaihtokoneella. Yhtiöön kuuluu yhteensä 28 asukkaille tarkoitettua autopaikkaa, jotka varustetaan auton lämmitykseen tarkoitetulla pistorasialla. Asukkaille tarjotaan myös mahdollisuus ostaa itselleen sähköautonlatausasema lämmityspistorasian tilalle. (YIT, 2020.)

### 4.2 Sähköjärjestelmä

Kohteen sähköjärjestelmä on mitoitettu huhtikuussa 2020 päivitetyn ST-kortin 13.31 'Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen' mukaisesti. Kohteen sähköliittymä tuotiin talon C sähköpääkeskukseen, josta otettiin lähdöt talojen A ja B teknisiin tiloihin, joihin sijoitettiin talojen mittakeskukset. Talon A tekniseen tilaan sijoitettiin myös sähköautojen latauskeskus, josta otettiin syöttö autopaikkojen lämmityspistorasioille ja jätettiin tilanvaraus mahdollisille sähköautonlatausasemille, nousukaapelointi on kuvattu liitteessä 1 ja huipputeho arviointeja liitteessä 2.

#### 4.2.1 Kiinteistön huipputehon määrittäminen

Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittamisessa on pyrittävä todellisen huipputehon selvittämiseen laskemalla se todellisen tai oletetun tehotarpeen mukaan. Kun rakennuksen sähkötehotarvetta ja liittymän kokoa aletaan määrittämään, joudutaan poikkeuksetta tekemään arvio tarvittavasta tehosta rakennuksen laajuuden ja

käyttötarkoituksen mukaisesti siten, että huomioidaan sähkön saannin varmuus, tulevaisuuden sähkötehon tarpeet sekä mahdolliset muutostarpeet. Toisaalta liittymän tarpeeton ylimitoittaminen ei ole taloudellisesti järkevää. Taulukossa 1 on esitelty laskukaavoja huipputehon määrittämiseksi. Kaavat perustuvat olemassa olevista kohteista kerättyihin kulutustietoihin. (ST 13.31, 2020, s. 4.)

Taulukko 1. Kokemuseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi. (ST 13.31, 2020, s. 4)

Asuinrakennukset	Huipputeho <sup>1)</sup> [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m <sup>2</sup> ]
- ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m <sup>2</sup> . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{\text{tod}} / 2500) \times B \geq 30$
- huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot <sup>2)</sup>		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
- suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	- käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
- suora sähkölämmitys <sup>3)</sup>	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	- käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
- suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	- käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
- suora sähkölämmitys <sup>3)</sup>	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	- käyttöveden lämmitys yöllä

Peruskuorman lisäksi on huipputehoa mitoittaessa tärkeää tietää mahdollisimman tarkasti kohteen lämmitysmuoto ja muut mahdolliset sähkölaitteet kuten esimerkiksi autojen lämmityspistorasiat ja sähköautonlatausasemat. Useamman sähköautonlatausaseman mitoittaminen olemassa olevilla kaavoilla voi kasvattaa kiinteistön huipputehoa kohtuuttomasti. Tähän tarkoitukseen suositellaan useamman sähköautonlatauspisteen kohteissa käytettäväksi dynaamista kuormanhallintaa, sekä tietyn kokoisen lähdön varaamista sähköautojen latauslaitteille. Dynaaminen kuormanhallinta jakaa käytössä olevan kapasiteetin latauspisteille, päätetyn jakoperiaatteen mukaisesti.

Myös eri lämmitysmuotojen varavastukset asettavat omat vaatimuksensa kiinteistön teholle ja pääsulakkeille. Esimerkiksi maalämpö vie normaalikäyttötilassa vain vähän sähköä, kuitenkin kylminä pakkaspäivinä, varavastusten käynnistyessä, alkaa maalämpökattila viemään huomattavia määriä sähköenergiaa. Kohteen alustavaksi huipputehoksi saatiin 159kW, tarkemmat huipputeholaskelmat ja -arvioinnit on esitetty liitteessä 2.

#### 4.2.2 Asunnon huipputehon määrittäminen

Kiinteistön yhden asunnon huipputehoa määrittäessä, pitää selvittää kaikki asuntoon kohdistuvat kuormat. Asunnossa on suhteellisen vakiona pysyvä, kaavalla 1 laskettava peruskuorma, joka kasvaa lineaarisesti asunnon pinta-alan kasvaessa. Peruskuorman lisäksi asunnossa on sähkölämmitys- ja valaistuskulua. Usein kuitenkin isommissa asuinkohteissa lämmityskulua kohdistuu suoraan kiinteistön pää- tai kiinteistökeskukselle asunnon ryhmäkeskuksen sijasta. Myös valaistuskulua mitoittamista tulee pohtia tapauskohtaisesti, sillä LED-valaistus on tiputtanut valaistuksen vaatimaa sähköhontarvetta huomattavasti. (ST 13.31, 2020, s. 5.)

$$P_{kk} = 6kW + \frac{20 \frac{W}{m^2}}{1000} * A_h \quad (1)$$

missä

$P_{kk}$  on asunnon peruskuorma

$A_h$  on asunnon pinta-ala

6kW on asuntokohtainen pohjakuormitus

Kohteen asuntojen LVIA-laitteiston sähkönsyöttö tulee rakennuskohtaisilta kiinteistökeskuksilta ja autonlämmitys ja -latauspistokkeiden sähkönsyöttö keskitetyksi omalta keskukseltaan. Näin ollen ainoa peruskuorman lisäksi asuntokohtaiseen sähköhuipputehoon vaikuttava kuorma on kiukaan tuottama sähkölämpökuorma.

#### 4.2.3 Pääsulakkeiden mitoitus

Keskuksen nimellisvirran mitoittamiseksi tarvitsee tietää keskuksen syöttämän alueen nimellinen huipputeho, kuormitusvirta, sekä pääsulakkeiden koko. Kuormitusvirta saadaan laskettua nimellisestä huipputehosta kaavalla 2. Kun keskuksen kuormitusvirta on selvillä, voidaan sulakekoko valita seuraavaan suurempaan käytettävissä olevaan sulakekokoon. Jos keskuksen liitetyn kuorman määrän odotetaan kasvavan tulevaisuudessa, voidaan keskuksen nimellisvirtaa kasvattaa. Pääsulakkeiden tulee kuitenkin vastata nykyistä käyttöä ja liittymäkokoja.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U_P * \cos\varphi} \quad (2)$$

missä

P[W] on keskuksen nimellisteho

$U_P$ [V] on pääjännite

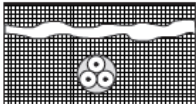
$\cos\varphi$  on jännitteen ja virran välinen vaihekulma cosini

Kohteen asuntojen ryhmäkeskuksissa käytettiin pääsulakkeina 25A gG-tyyppisiä sulakkeita. Kiinteistöjen pääkeskuksessa käytettiin pääsulakkeina 250A ja mittauskeskuksissa 80A ja 63A aM-tyyppisiä hitaamman laukaisukäyrän kahvasulakkeita. Kohteen keskusten pääsulakkeiden välistä selektiivisyyttä on tarkasteltu tarkemmin Febdok-laskentaohjelmalla liitteessä 3.

#### 4.2.4 Syöttökaapeleiden mitoitus

Kohteen sähköpääkeskuksen ja teknisten tilojen väliset kaapeloinnit sekä asuntojen nousukaapeloinnit toteutettiin maa-asennuksena. Kaapelien kuormittavuudet laskettiin hyödyntämällä SFS 6000-5-52 Pienjännitesähköasennukset: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. – standardia. Kohteen pääkeskukselta oli huomattava etäisyys kauimpaan käyttöpisteeseen, joka vaikutti olennaisesti jännitteenalenukseen, oikosulkuvirtaan ja näin myös kaapelin mitoitukseen. Mitoituksissa referenssi asennustapana käytettiin taulukossa 2 esitettyä tapaa.

Taulukko 2. Nousukaapelien kuormitettavuudessa käytetty referenssiasennustapa. (SFS 6000-5-52, 2017, s. 30)

Kohta nro	Asennustapa	Kuvaus	Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittelyssä (ks. liite 52B)
72		Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit suoraan maassa – ilman mekaanista suojaa	D2

Standardin SFS 6000-5-52 taulukon B.52.4 mukaan D2 asennustavan mukaisesti asennetun 6mm<sup>2</sup> MCMK kaapelin kuormitettavuus on 41A. Standardin liitteessä 52B on esitetty eri suureista aiheutuvat kuormituksen korjauskertoimet, joita hyödynnetään todellista kuormitettavuutta laskiessa. Kohteen nousukaapelointi korjattiin kaavassa 3, seuraavilla SFS 6000-5-52 standardista saaduilla kuormituskertoimilla:

- Lämpötilasta 15°C johtuva kerroin 1,05
- Kostean soramaan lämpöresistiivisyydestä 1K\*m/W johtuva kerroin 1,5
- Kaapelien etäisyydestä toisiinsa 0mm johtuva kerroin 0,5

$$I = 41A * 1,05 * 1,5 * 0,5 \quad (3)$$

Näin ollen kohteen asuntojen nousukaapelien kuormitettavuudeksi saadaan korjauskertoimien jälkeen 32A.

#### 4.2.5 Sähköjärjestelmän maadoitus ja potentiaalintaus

Pienjännitesähköjärjestelmän, alle 1kV, maadoitusjärjestelmän tarkoituksena on saada luotettavasti sähköä johtava yhteys maahan. Maadoitusjärjestelmän pääkäyttötarkoitus on johtaa maasulkuvirrat ja suojajohtimien virrat maahan, aiheuttamatta mekaanisia rasituksia tai näistä virroista johtuvia sähköiskuja. Maadoituksen tulee olla mekaanisesti olosuhteitakestävä sekä tarvittaessa soveltua toiminnalliseen maadoitukseen. (SFS 6000-5-54, 2017, s. 7.)

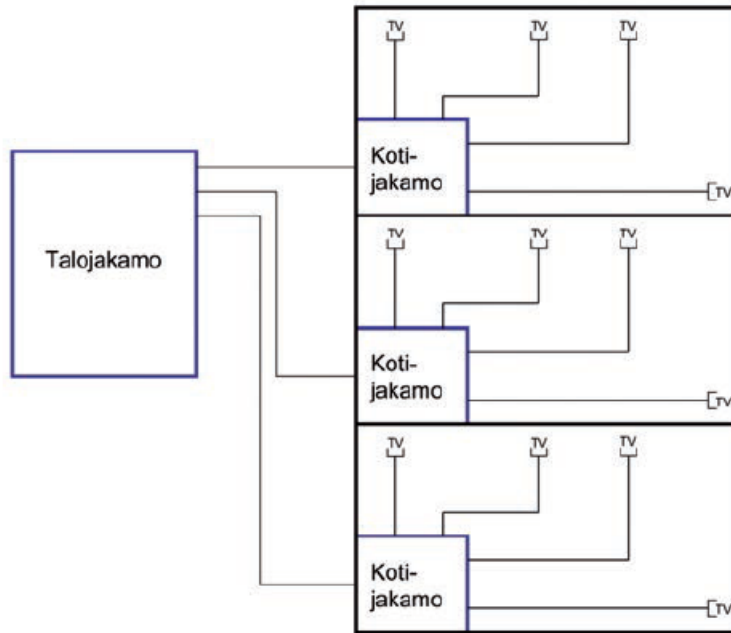
#### 4.3 Viestintäjärjestelmät

Suomessa toteutettavien asuinkäyttöön rakennettavien kiinteistöjen viestintäjärjestelmät tulee suunnitella noudattamaan liikenne- ja viestintäviraston määräystä 65 D/2019 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Määräys perustuu sähköisestä viestinnästä ja palveluista annetun lain (917/2014) pykälisiin 244, 249 ja 277.

### 4.3.1 Antennijärjestelmä

Kohteen antennijärjestelmä toteutettiin yhteisantenniverkkona. Yhteisantenniverkko on vähintään kahdesta asuinkäyttöön tarkoitettusta huoneistosta koostuvan kiinteistön sisäverkko, joka toteutetaan rakennuksen sisällä koaksiaalikaapeloinnilla ja rakennusten välillä joko koaksiaalikaapeloinnilla tai optisen ja koaksiaalikaapeloinnin yhdistelmällä. Yhteisantenniverkkoa käytetään viestinnän välittämiseen joukkoviestintäverkosta kiinteistössä sijaitseviin päätelaitteisiin. Kohteen yhteisantenniverkko koostuu pääantennivahvistimesta, antennivahvistimista, jaottimista, haaroittimista, päättyvistä antennirasioista ja näiden kaikkien välisestä koaksiaalikaapeloinnista. Yhteisantenniverkko suunniteltiin jakamoiden suhteen tähtimäiseksi. Kohteen yhteisantenniverkon periaatekaavio on kuvattuna liitteessä 6. (Liikenne- ja viestintävirasto 65 D/2019 M, 2019, s. 5.)

Uudisrakentamisessa yhteisantenniverkot rakennetaan kuvan 7 periaatekaavion mukaisesti mahdollisimman tähtimäisiksi, tähtirakenteen korkean välityskapasiteetin vuoksi ja luonnostaan tasaisten signaalitasojen vuoksi. Huoneiston jokaiseen asuinhuoneeseen asennetaan vähintään yksi antennirasia ja nämä rasiat on kaapeloitava tähtiverkoksi huoneiston jakamoon. Tällöin jokaiseen huoneistoon syntyy oma tähtipiste. Tähtiverkkotopologian ansiosta jokainen tilaaja voi valita oman palveluntarjoajansa muista riippumatta. Vanhoissa rakennuksissa yhteisantenniverkkotopologiassa useat verkon päätepisteet olivat ketjutettuina toisiinsa. Näin verkolle syntyi puumainen rakenne, joka säästi kaapelointikustannuksissa, mutta altisti muut pisteet vioille, yhden pisteen vioituessa. (Ristilä ym., 2017, s. 24-25.)



Kuva 7. Tähtiverkkotopologian periaatekaavio. (Ristilä ym., 2017, s. 25)

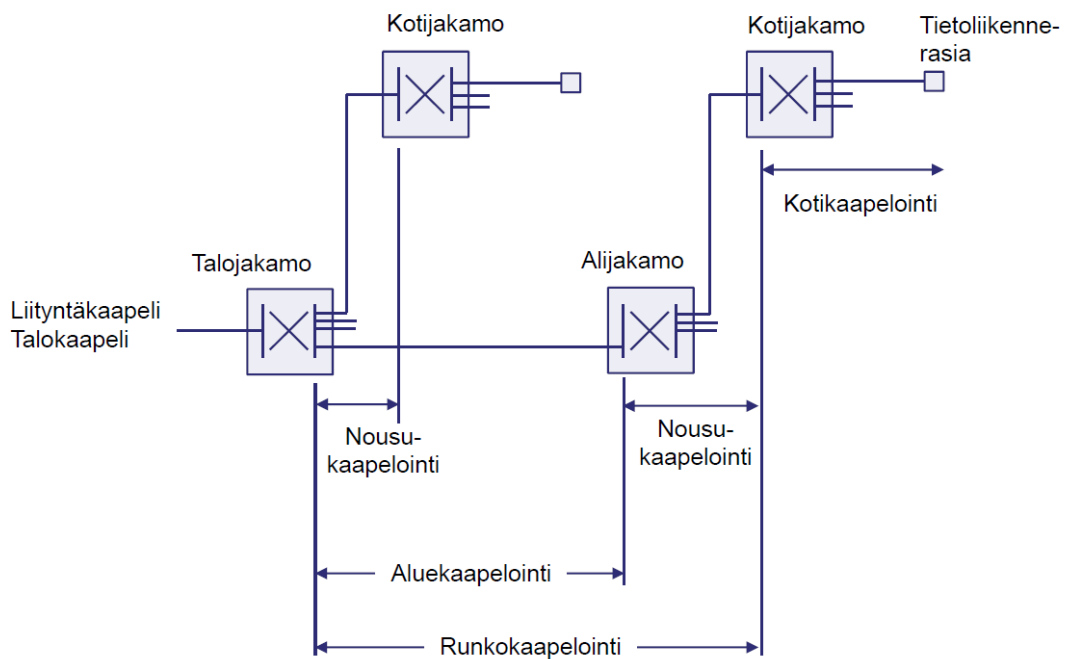
#### 4.3.2 Yleiskaapelointijärjestelmä

Yleiskaapelointijärjestelmä on optisilla kuiduilla ja parikaapeloinilla sitovien standardien mukaisesti toteutettu tiedonsiirtojärjestelmä. Kiinteistön yleiskaapelointijärjestelmä käsittää operaattorin liittymispisteestä, talojakamosta, eteenpäin kaikki järjestelmään kuuluvat kaapelit ja komponentit. Kohteen yleiskaapelointijärjestelmä koostuu talojakamosta, kahdesta alijakamosta, asuntojakamoista, tietoliikennesasioista, sekä näiden välisestä kaapeloinnista. Kohteen yleiskaapeloinnin periaatekaavio on esitetty liitteessä 5. (Liikenne- ja viestintävirasto 65 D/2019 M, 2019, s. 5.)

Jokaista uutta yleiskaapelointijärjestelmää toteutettaessa, jokaista asuntoa kohden tulee kaapeloida vähintään neljä yksimuotokuitua sekä yksi kategorian 6 parikaapeli. Uudisrakentamisessa asuntokaapelointi on suunniteltava ja toteutettava siten, että asuntojakamosta asennetaan jokaiseen asuinhuoneeseen vähintään kaksi kategorian 6 parikaapelia päätettyinä kaksiosaiseen tai kahteen yksiosaiseen tietoliikennesasiaan. Asunto-osakeyhtiön yleiskaapelointia on havainnollistettu kuvan 8 periaatekaaviossa. Kohteen talojakamon ja alijakamoiden välinen kaapelointi toteutettiin monimuotokuidulla, jolla varmistettiin, että velvoittavat määräykset täyttyivät. Alijakamosta

asuntoihin kaapeloitiin neljä kuituinen yksimuotokuitu ja yksi kategorian 6 parikaapeli. (SFS-EN 50173-1, 2018; Liikenne- ja viestintävirasto 65 D/2019 M, 2019, s. 21.)

Sekä yleiskaapelointijärjestelmän että yhteisantenniverkon nousu- ja runkokaapelointi toteutettiin maakaapelointina. Viestintäjärjestelmien kaapelireitteinä käytettiin vahvasähkökaapeleiden kanssa samoja reittejä, kustannustehokkuuden ja silmukoiden muodostumisen estämisen vuoksi. Häiriöiden ehkäisemiseksi kaikki viestintäjärjestelmien kaapelit sijoitettiin omaan nippuun.



Kuva 8. Asuinkiinteistön yleiskaapeloinnin periaatekaavio. (Ristilä ym., 2017, s. 307)

#### 4.3.3 Viestintäjärjestelmien maadoitus ja potentiaalintasaus

Jokaisessa kiinteistön jakamossa pitää olla potentiaalintasauskisko tai -liitin, johon viestintäjärjestelmän potentiaalintasausjohtimet voidaan liittää. Myös asuntokohtaisissa jakamoissa tulee olla oma potentiaalintasauskisko, joka on liitetty asunnon sähkökeskuksen potentiaalintasauskiskoon. Kaikki jakamon metalliset osat, sekä viestintäjärjestelmänlaiteiden maadoitusliittimet on kytkettävä erikseen omilla potentiaalintasausjohtimillaan jakamon potentiaalintasauskiskoon- tai liittimeen. Pää- ja



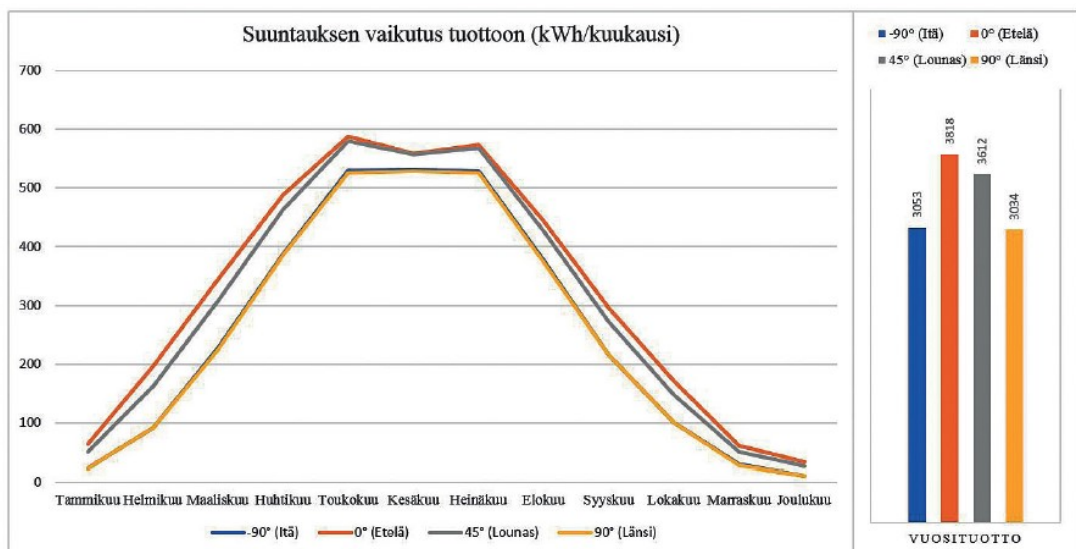
alijakamoiden potentiaalintasauskiskot tai -liittimet liitetään asianmukaisilla potentiaalintasausjohtimilla rakennuksen päämaadoituskiskoon. Tai mikäli sellaisia ei ole, kytketään johtimet vaihtoehtoisesti rakennuksen maadoituselektrodille menevään johtimeen, tai suoraan maadoituselektrodiin. (Liikenne- ja viestintävirasto 65 D/2019 M, 2019, s. 12.)

## 5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

### 5.1 Sijoitus ja suuntaus

Aurinkosähköpaneeliston asennuspaikan valitseminen huolella on tärkeää, jotta paneelistolla saadaan tuotettua optimaalisin määrä sähköä. Paneelit kannattaa Suomen olosuhteissa suunnata kohti etelää noin 40-50° kulmaan. Suuntauksen vaikutuksia tuotantoon on kuvattu kuvassa 9. (ST 55.32, 2019, s. 6.)

Sähköisesti samaan paneeliketjuun kuuluvat aurinkosähköpaneelit tulisi asentaa samaan asentoon tarkkuudella  $\pm 5^\circ$  (atsimuutti tai kallistuskulma). (IEC 62548:2016:fi, 2018, s. 22.)



Kuva 9. Suuntauksen vaikutus vuosituotantoon 4,5kWp järjestelmällä. (Lehto ym., 2017, s. 20)

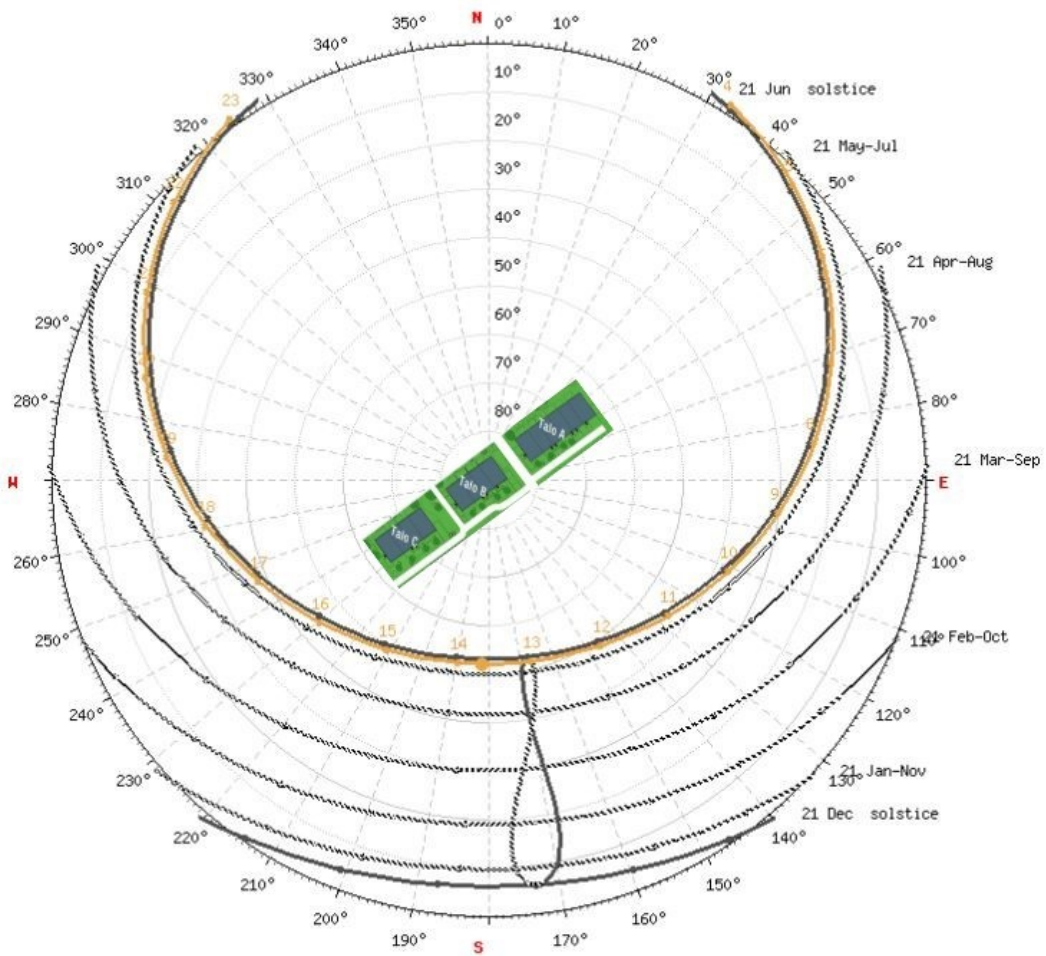
Asuinkohteissa paneelit asennetaan yleensä rakennuksen katolle. Harjakattoisissa rakennuksissa paneelit melkein poikkeuksetta asennetaan katonharjan suuntaisesti, jättämällä tilaa huoltoreitille, sekä muun muassa lumitöille. Suoraan katon suuntaisesti asennettuna pitää muistaa ottaa huomioon paneelien hyötysuhteen aleneminen, mikäli katon ja paneelien väliin ei jää tarpeeksi tilaa ilmalle kiertää. Tasakattoisissa kohteissa, kuten esimerkiksi kerrostaloissa, saadaan paneeleista suurempi hyöty verrattaessa harjakattoiseen kohteeseen, sillä paneelit voidaan asentaa kulmassa oleviin telineisiin.

Tällöin paneelien lämpötila pysyy kuumimpina kuukausina maltillisempänä. Eri asennustapojen vaikutus sähköntuotantoon on esitetty kuvassa 10.(ST 55.32, 2019, s. 6.)

	Asennustapa	Paneeliston lämpötila	Tuotanto
	Maa-asennus, ilma kiertää vapaasti	+ 35 °C	••••
	Kattoasennus, paneeliston ja katon välissä tuuletustila	+45 °C	•••
	Kattoon integroitu asennus, niukka tuuletustila	+65 °C	•
	Julkisivuasennus, niukka tuuletustila	+ 55 °C	••

Kuva 10. Paneeliston tavallisimmat asennustavat ja niiden tuotto-odotukset (enemmän pisteitä, enemmän tuottoa). (ST 55.32, 2019, s. 6)

Kohde sijaitsee kuvan 11 mukaisesti auringon säteilyn kannalta optimaalisella paikalla; kohteeseen kuuluvat rakennukset on sijoitettu lounas-koillinen-akselille siten, että katon harja on akselin suuntaisesti. Paneelit voidaan näin ollen sijoittaa rakennusten kaakkoon suunnatuille katonharjoille, jolloin saadaan optimaalinen tuotto koko vuorokauden säteilytunneilta. Ainoa suoraa valoa rajoittava tekijä on kohteen naapurissa sijaitsevat kerrostalot. Kohde sijaitsee kuitenkin huomattavasti ylempänä kuin kerrostalot, joten niistä ei aiheudu varjostushaittoja kohteen aurinkopaneeleille.



Kuva 11. Auringon liikerata päivässä suhteessa kohteen sijaintiin. (SunCalc, 2020)

Aurinkosähköpaneelin kiinnitysmenetelmän ja tukirakenteiden tulisi täyttää sovellettavien rakennusmääräysten, standardien sekä valmistajan vaatimukset. Asuinrakennuksiin kiinnitettävissä paneeleissa mekaanista rasitusta aiheuttaa erityisesti tuuli ja paneelien päälle kertyvä materiaali kuten lumi, jää ja tuulen kuljettama kasvusto. Paneelien suuren pinta-alan takia, voi kova tuuli aiheuttaa merkittävää mekaanista rasitusta koko rakennuksen rakennelmiin. Materiaalin kertyminen voi myös aiheuttaa rasitusta koko rakennuksen rakenteisiin. Erityisesti tulisi kiinnittää huomiota epätasaisen kuorman tuottamaan pistemäiseen mekaaniseen rasitukseen. (IEC 62548:2016:fi, 2018, s. 24-25.)

## 5.2 Aurinkosähköpaneeliston tasasähköosan ylivirtasuojaus

Aurinkosähköpaneelistoissa, joissa on rinnan  $N_S$  paneeliketjuja (yli kaksi paneeliketjuja), jokaisessa paneeliketjussa on oltava suojalaitteet, joille on voimassa seuraava ehto:

$$1,35 * I_{MOD\ MAX\ OCPR} < (N_S - 1) * I_{SC\ MAX} \quad (4)$$

missä

$N_S$  on paneeliston rinnakkain kytkettyjen paneeliketjujen määrä

$I_{SC\ MAX}$  [A] on aurinkosähköpaneeliston suurin oikosulkuvirta

$I_{MOD\ MAX\ OCPR}$  [A] on standardin IEC 61730-2 mukaan mitoitettu aurinkosähköpaneelin suurin ylivirtasuojaus.

Tasasähköosan suojauksessa pitää käyttää erikoisnopeita, kuvan 12 laukaisukäyrän mukaisia gPV-varokkeita, jotka valitaan perustuen kaapelin kuormitettavuuteen, paneelin suurimpaan sallittuun takavirtaan ja muiden laitteiden suurimpaan sallittuun virtaan. Varokkeen mitoitusvirran  $I_n$  on täytettävä seuraavat ehdot:

$$I_n > 1,5 * I_{SC\ MOD} \quad (5)$$

ja

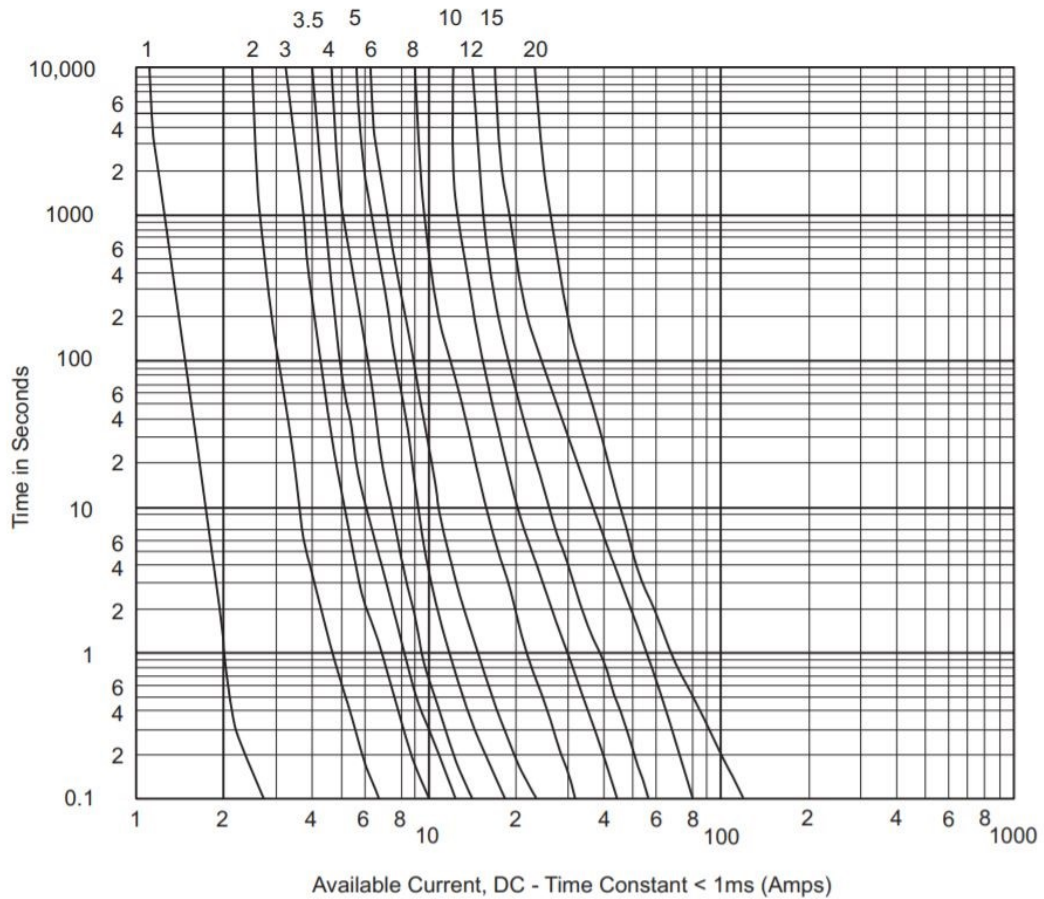
$$I_n < 2,4 * I_{SC\ MOD} \quad (6)$$

ja

$$I_n \leq I_{MOD\ MAX\ OCPR} \quad (7)$$

missä

$I_{SC\ MOD}$  [A] on aurinkosähköpaneelin tai paneeliketjun oikosulkuvirta STC olosuhteissa, jonka valmistaja on määritellyt.



Kuva 12. Eräiden gPV-varokkeiden laukaisukäyriä. (Eaton Corporation, 2017)

Vaihtoehtoisesti paneeliketjut voidaan ryhmittää kuvan 13 mukaisesti yhden ylivirtasuojalaitteen suojattavaksi, jolloin on voimassa seuraavat ehdot:

$$I_{ng} > 1,5 * N_G * I_{SC MOD} \quad (8)$$

ja

$$I_{ng} < I_{MOD MAX OCPR} - ((N_G - 1) * I_{SC MOD}) \quad (9)$$

missä

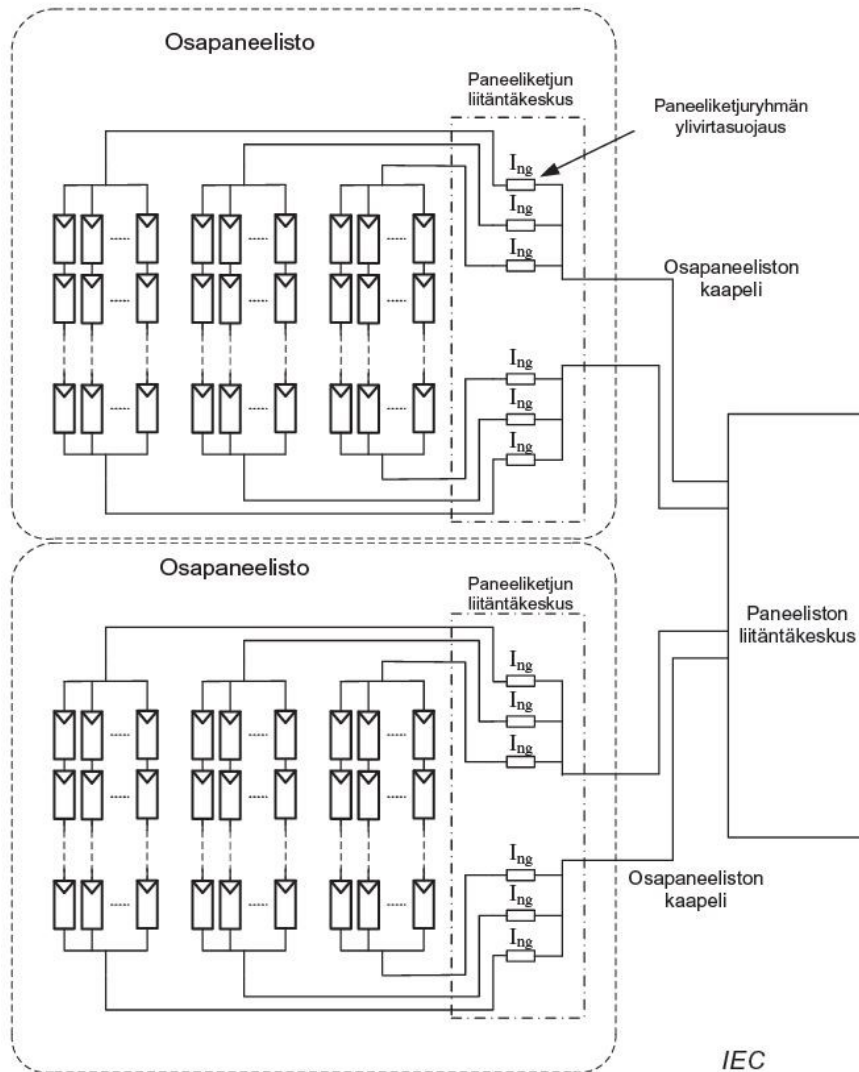
$N_G$  on yhden ylivirtasuojalaitteen suojattavaksi liitettyjen paneeliketjujen lukumäärä

$I_{ng}$  [A] on paneeliketjuryhmää suojaavan ylivirtasuojalaitteen mitoitusvirta

Kerroin 1,5 ottaa suunnittelussa huomioon suuret säteilyn voimakkuudet. Kohdekohtaisessa suunnittelussa tulisi huomioida paikalliset säteily- ja lämpötilaolosuhteet. Lämpötilaolosuhteisiin voi ulkoilman lämpötilan lisäksi vaikuttaa huomattavasti myös

paneelien asennustapa. Vaihteleva kuorma, varokkeisen ryhmitys ja epätasainen virran kulku rinnakkaisista paneeliketjuista voi johtaa 1,5 suuremman kertoimen käyttöön.

Kuvan 13 mukaista aurinkosähköpaneeliston vaihtoehtoista suojaustapaa, jossa useita piirejä suojataan yhdellä sulakkeella, tulee käyttää vain, jos paneelin ylivirtasuojalaitteen mitoitusvirta on paljon suurempi kuin sen normaali toimintavirta.



Kuva 13. Paneeliketjujen ryhmittely ryhmäkohtaisesti yhden ylivirtasuojalaitteen taakse. (IEC 62548:2016:fi, 2018, s. 34)

### 5.3 Aurinkosähköpaneeliston vaihtosähköosan ylivirtasuojaus

Aurinkosähköpaneeliston suojaukselle ei ole asetettu erityisiä velvoittavia ohjeita, joten suojaus toteutetaan standardin SFS 6000-5-52 'Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät.' mukaisesti. Käytännössä vaihtosähköosan ylivirtasuojaus mitoitetaan invertterin suunnitellun virran mukaan. Mikäli invertterin malli on tiedossa, voidaan ohjeena käyttää valmistajan datalehtiä. (SFS 6000-7-712, 2017, s. 13.)

### 5.4 Aurinkosähköpaneeliston ylijännitesuojaus

Aurinkosähköjärjestelmään ei vaadita ylijännitesuojia, mutta ne ovat kannattava lisäsuoja ympäristöstä indusoituvia jännitteitä, kuten salamaniskuja vastaan. Kaikki tasasähkökaapelit tulisi asentaa siten, että saman paneeliketjun ja paneeliston pääkaapelin positiiviset ja negatiiviset johdot niputetaan. Näin vältetään ukonilmalla silmukoiden muodostuminen järjestelmässä. Niputusvaatimus pätee myös kaikille maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimille. (IEC 62548:2016:fi, 2018, s. 36; Lehto ym., 2017, s. 101.)

Ylijännitesuojauksen tarpeellisuudelle voidaan tehdä riskianalyysi perustuen taulukoon 3. Ylijännite on asennettava tasasähköosaan jossa:

$$L \geq L_{crit} \quad (10)$$

missä

$L$  [m] on invertterin ja eri paneeliketjujen paneelien liitäntäkohdan välisen reitin enimmäispituus

$L_{crit}$  [m] on taulukon 1 mukaan laskettu kriittinen pituus



Taulukko 3. Kriittisen pituuden laskenta.  $N_g$  [salama/km<sup>2</sup>/vuosi] on salamaniskutiheys tarkasteltavan sijainnin sähkölinjojen ja rakenteiden ympäristössä. (SFS 6000-7-712, 2017, s. 14)

Asennuksen tyyppi	Asuinrakennukset	Ulkoalueen aurinkovoimala	Muut kuin asuinrakennukset
$L_{crit}$	$115 / N_g$	$200 / N_g$	$450 / N_g$
$L \geq L_{crit}$	yliäännesuojaus vaaditaan tasasähköosassa		
$L < L_{crit}$	yliäännesuojausta ei vaaditaan tasasähköosassa		

### 5.5 Maadoitus ja potentiaalintasaus

Paneeliston suhde maadoitukseen määräytyy sen mukaan, tarvitseeko se toiminnallisen maadoituksen, minkälainen on maadoitusliitännän impedanssi sekä minkälainen on sovellusvirtapiirin (esim. vaihtosuuntaaja tai muu laite) kytkentä maadoitukseen. Nämä ja lisäksi maadoitusliitännän sijainti vaikuttavat paneeliston turvallisuuteen. (IEC 62548:2016:fi, 2018, s. 15.)

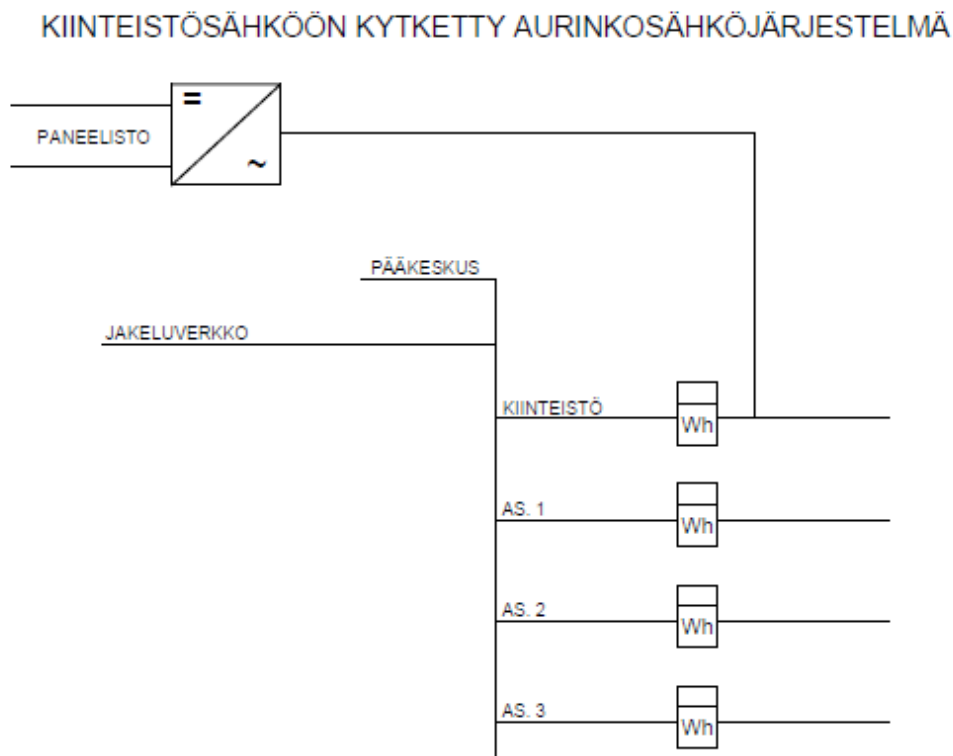
Kun aurinkosähköjärjestelmän kokonaisjännite ylittää 60 VDC, on telineiden ja muiden johtavien osien potentiaalintasaaminen suositeltavaa, vikatilanteiden ja indusoituvien jännitteiden riskien välttämiseksi. Tämä toteutetaan usein valmistajan ohjeiden mukaisesti, käyttämällä tarkoitukseen suunniteltuja liittimiä ja johtimia. Johtavilta rakenteilta tuodaan yksi pääpotentiaalintasausskaapeli tarkoitukseen soveltuvaan telineeseen tai kiskoon, josta se yhdistyy rakennuksen muuhun potentiaalintasaukseen. Pääpotentiaalintasaussjohtimen tulee olla poikkipinta-alaltaan vähintään puolet järjestelmän suurimman maadoitusjohtimen poikkipinta-alasta, kuitenkin vähintään 6mm<sup>2</sup> kuparia. (Lehto ym., 2017, s. 100.)

Jotkin paneelityypit vaativat normaalin potentiaalintasauksen lisäksi toiminnallisen maadoituksen. Toiminnallisella maadoituksella tarkoitetaan aurinkosähköjärjestelmän tasasähköpuolen jännitteisten osien kytkemistä potentiaalintasaukseen. Toiminnallinen maadoitus voidaan toteuttaa, mikäli aurinkosähköjärjestelmän tasa- ja vaihtosähköpuolten välillä toteutuu vähintään yksinkertainen muuntajalla toteutettu erotus. Toiminnallinen maadoitus pitää tehdä yhdestä tasasähköpisteestä, ja potentiaalintasauskohda sijoittaa muuntajan ja invertterin tasasähköosan välille. Toiminnallisen

potentiaalintausjohtimen minimipoikkipinta-ala on  $4\text{mm}^2$  kuparia. (SFS 6000-7-712, 2017, s. 21-22.)

## 5.6 Aurinkosähkötuotantomallit asunto-osakeyhtiössä

Aurinkosähköjärjestelmän hankkimista miettii Suomessa yhä useampi asunto-osakeyhtiö. Aurinkosähköjärjestelmien suosiota asunto-osakeyhtiöissä on heikentänyt kustannustehokkaan ja joustavan tuotannonjakamismallin puuttuminen. Nykyisen lainsäädännön puitteissa, asunto-osakeyhtiölle taloudellisesti kannattava aurinkosähköjärjestelmä tulisi mitoittaa vain kiinteistön yleiseen sähköistykseen käytettävän sähköenergian mukaan, vaikka potentiaalia olisi huomattavasti suurempaan tuotantoon. Mikäli sähköä tuotetaan yli kiinteistön yleisen kulutuksen, pitää tuotettu sähkö myydä takaisin verkkoon, jolloin taloudellinen hyöty on pientä, kuten kuvassa 15 on esitetty. (Auvinen ym., 2020, s. 47-49.)



Kuva 14. Kiinteistösähköön kytketty aurinkosähköjärjestelmän kytkentäperiaate.

Nykyisessä muodossaan Suomen laki (Sähkömarkkinalaki 588/2013, ) edellyttää, että jokaisella asunto-osakeyhtiön osakkaalla on mahdollisuus kilpailuttaa sähkönsopimuksensa, eri verkkoyhtiöiden kesken. Tämä tarkoittaa asunto-osakeyhtiö käytännössä sitä, että kiinteistönsähkö mitataan ja laskutetaan erillisenä osakkaiden sähkönkulutuksesta, kuvan 14 periaatekaavion mukaisesti. Jokaisella asunnolla on oma verkkoyhtiön omistama mittari, jolloin asunnon omistajalla säilyy vapaus kilpailuttaa sähkönsopimuksensa. Laki tekee aurinkosähkön toteuttamisesta asunto-osakeyhtiössä täten hieman hankalaa. Jotta on-grid aurinkosähköjärjestelmä voidaan toteuttaa, pitää koko kiinteistö nykyisen lainsäädännön puitteissa kytkeä yhden kaksisuuntaisen energiamittarin taakse ja osakkeiden kulutus mitata erillisillä osakekohtaisilla takamittareilla. Täten jokaisen osakkaan tulisi kirjallisesti luopua oikeudestaan sähköntoimittajan kilpailuttamisesta.



Kuva 15. Hyötyjen ero verkkoon myymisen ja koko tuotannon oman hyödyntämisen välillä. (Motiva, 2019b)

Koska asunto-osakeyhtiöillä on yleensä, suuremman käytössä olevan asennuspinta-alan ja sähkönkulutuksen vuoksi, tehokkaampi aurinkosähköjärjestelmä kuin pientaloissa, on myös järjestelmän hankintakustannus korkeampi. Järjestelmän takaisinmaksuaikaan, ja näin taloudelliseen kannattavuuteen ja osakkaiden investointihalukkuuteen vaikuttaa oleellisesti sähkönmittaus- ja laskutustapa. Vaikka Suomen sähkömarkkinalain (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 24§) mukaan: ”Verkkopalvelujen myyntihintojen ja -ehtojen sekä niiden määräytymisperusteiden on oltava tasapuolisia ja syrjimättömiä kaikille verkon käyttäjille.”, on verkkoyhtiöiden sähkönmittaustapojen välillä eroja. Tämä näkyy suoraan kuluttajan sähkölaskussa.

Suomen sähköverkkoyhtiöillä on yleisesti käytössä kahta erilaista mittaustekniikkaa: vaiheiden välillä kulutusta netottavia mittareita, sekä mittareita, jotka eivät netota

vaiheiden välillä. Vaiheiden välillä netottavat mittarit laskevat kaikkien kolmen kiinteistöä syöttävän vaiheen kulutustiedot yhteen, ja sähkölasku tulee tämän laskelman perusteella. Käytännössä, mikäli aurinkosähköjärjestelmä syöttää jollekin vaiheelle enemmän sähköä, kuin on kulutusta, kompensoidaan ylimääräinen tuotto muiden vaiheiden kulutukseen. Mittarit, jotka eivät netota vaiheiden välillä, mahdollistavat sähkön ostamisen ja myymisen verkkoon samanaikaisesti. Kuten kuvassa 15 on havainnollistettu, sähkön myyminen verkkoon on pientuottajan kannalta epäedullista verrattuna sähkön omaan käyttämiseen. Mittaustapojen erojen takia, ovat pientuottajat Suomessa eriarvoisessa asemassa, riippuen siitä, minkä verkkoyhtiön verkkoon ne kuuluvat. (Kosonen, 2019.)

### 5.6.1 Esimerkki mittaustekniikoiden eroista

Kuvassa 16 on kuvattu erään kiinteistön sähkönkulutustietoja. Jos verkkoyhtiön mittari netottaa kulutusta vaiheiden välillä saadaan kiinteistön kokonaiskulutus laskettua kaavalla:

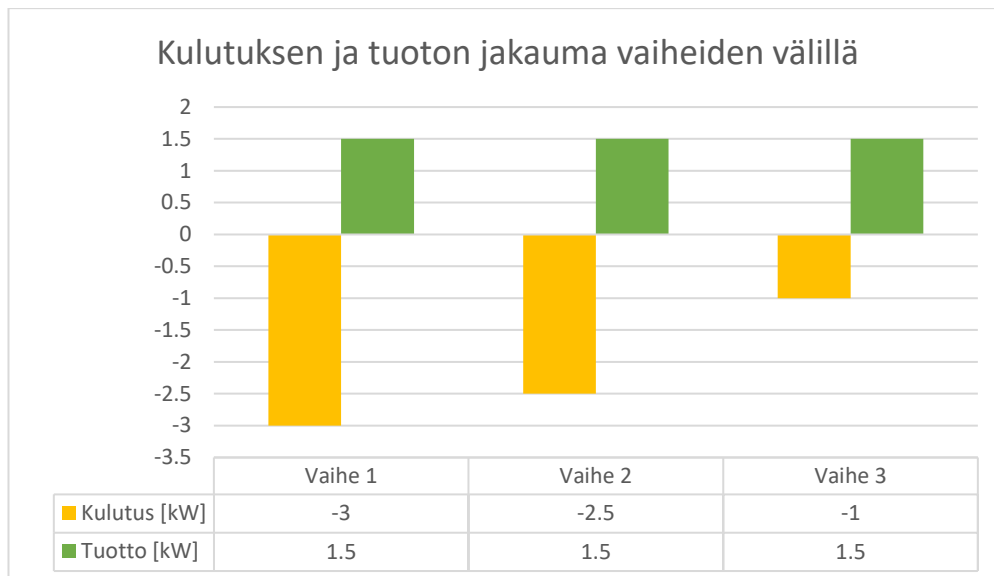
$$(L1_k + L2_k + L3_k) + (L1_t + L2_t + L3_t) \quad (11)$$

missä

$L_k$  on vaiheen ottama sähköenergia

$L_t$  on vaiheeseen syötetty sähköenergia.

Mikäli verkkoyhtiön käyttämä mittari ei netota vaiheiden välillä, lasketaan jokaisen vaiheen ottama/ siihen syötetty sähköenergia erikseen. Tällöin muiden vaiheiden mahdollista ylijäämä sähköä ei kompensoida muiden vaiheiden kulutuksiin, vaan se myydään verkkoon, joten kuluttaja myy ja ostaa sähköä samanaikaisesti. (Airaksinen ym., 2019, s. 35-36.)



Kuva 16. Esimerkki kulutuksen jakautumisesta vaiheiden välille.

Netottavalla mittarilla tässä tapauksessa verkosta ostettaisiin 2kW ja myytäisiin 0kW. Vaihtoehtoisesti mittarilla, joka ei netota vaiheiden välillä, verkosta ostettaisiin 2,5kW ja myytäisiin 0,5kW. Näin ollen vaiheiden välillä netottava mittari on kiinteistölle, jossa on omaa sähköntuotantoa taloudellisesti kannattavampi, kuin vaiheiden välillä netottamaton mittari.

## 6 TOTEUTUKSIEN VERTAILU

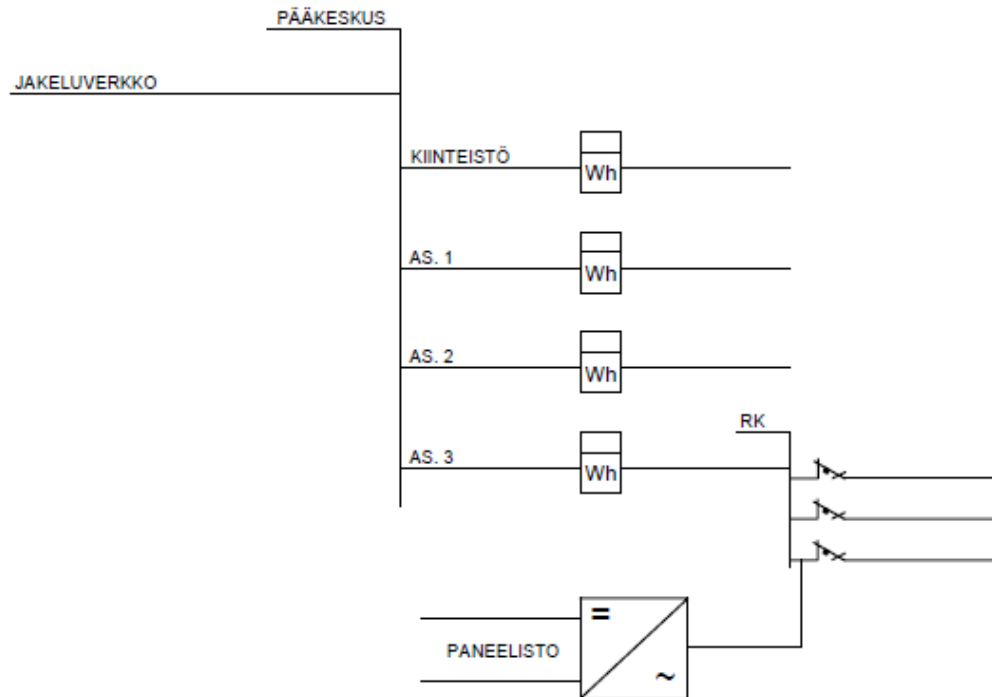
### 6.1 Asukkaan oma aurinkosähköjärjestelmä

Asukkaan omaan käyttöön asennettu aurinkosähköjärjestelmä muistuttaa asunto-osakeyhtiöissä toteutetuista aurinkosähköjärjestelmistä eniten yksittäisessä pienkiinteistössä toteutettua aurinkosähköjärjestelmää. Aurinkosähköjärjestelmä on kytketty suoraan asunnon ryhmäkeskukseen, josta sähkö saadaan asunnon käyttöön. Yleensä yksittäisessä asunnossa on rajallisen tilan vuoksi vain yksi tai kaksi paneelia. Tällaisessa kokoonpanossa on paneelit kytketty mikroinvertterin avulla vain yhteen asuntoa syöttävästä kolmesta vaiheesta. Rivitalokohteissa yksittäisen asukkaan omaan käyttöön tarkoitetun aurinkosähköjärjestelmän paneelit sijoitetaan yleensä katolle asunnon kohdalle. Kerrostaloissa paneelit sijoitetaan usein parvekkeen kaiteisiin, tai parvekkeen sisälle. (Auvinen ym., 2020, s. 6.)

Varsinkin kerrostaloissa kannattavuus on yleensä heikko, sillä asunnon sähkönkulutus on varsinkin kesällä usein pientä, verrattuna paneeliston tuottoon. Pieni kulutus johtuu lähinnä isojen kuormien, kuten lämminvesivaraajan puuttumisesta. Tällöin sähköä joudutaan myymään verkkoon, joka ei kuvan 15 mukaisesti, ole kovin kannattavaa. Sen sijaan rivitaloissa ja erillistaloista koostuvassa asunto-osakeyhtiössä on usein asuntokohtaiset lämminvesivaraajat, sekä viilennyslaitteet, johon tuotettua sähköä voidaan hyödyntää. (Käpylehto ym., 2017, s 8-9.)

Vaikka yksittäiselle asukkaalle tarkoitetun aurinkosähköjärjestelmän tekninen toteuttaminen on melko yksinkertaista, on se yhtiöjärjestyksen ja asunto-osakelain puitteissa joskus hieman hankalaa. Kerrostaloasunnossa yksittäisen asukkaan aurinkosähköjärjestelmästä ei aiheudu muille asukkaille muuta kuin esteettistä haittaa, mikäli paneeli(t) asennetaan esimerkiksi parvekkeen kaiteisiin. Paneelien hankkimisessa pitää myös ottaa huomioon naapuritalojen asukkaat, joille voi aiheutua heijastushaittoja. Kun paneeleja asennetaan esimerkiksi rivitalon katolle asunnon kohdalle, on yhtiöjärjestyksessä tarkkaan selvitettävä vastuurajat, sekä kenen vakuuttamat paneelit ovat. Yhtiön on mahdollista esimerkiksi sisällyttää paneelit omiin vakuutuksiinsa ja veloittaa summa asukkaalta.

## ASUKKAAN OMA AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ



Kuva 16. Osakkaan omaan käyttöön tarkoitetun aurinkosähköjärjestelmän kytkentäperiaate.

### 6.2 Kiinteistösähkönkulutukseen tarkoitettu aurinkosähköjärjestelmä

Asunto-osakeyhtiölle helpoin tapa toteuttaa aurinkosähköjärjestelmä on kytkeä tuotettu sähköenergia suoraan kiinteistön kulutukseen. Asunto-osakeyhtiö voi päättää yhtiökokouksessa enemmistöpäätöksellä aurinkosähköjärjestelmään investoimisesta. Näin jokaisella osakkaalla säilyy vapaus vaihtaa sähköntoimittajaansa vaivattomasti, eikä yhtiöjärjestystä tarvitse muuttaa. Kiinteistön sähkөөn kytkedyttäessä ei kuitenkaan välttämättä saada hyödynnettyä rakennuksen koko sähköntuottopotentiaalia, sillä kiinteistön kulutus saadaan usein katettua pienemmällä paneelistopinta-alalla, kuin mitä esimerkiksi vapaata kattopinta-alaa olisi käytössä. Tämän opinnäytetyön kirjoittamishetkellä kiinteistösähkөөn kytketty aurinkosähköjärjestelmä on yleisin järjestelmämalli Suomessa, tyypillisen kerrostaloon asennetun järjestelmän huipputehon ollessa 3-8kW. (Auvinen ym., 2020, s. 2.)

Uudiskohteissa kiinteistösähkötalutukseen kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen voidaan oleellisesti vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa, etenkin pientaloista tai rivitaloista koostuvissa asunto-osakeyhtiöissä. Mitä enemmän kuormia otetaan kiinteistösähkön puolelta, sitä isommaksi aurinkosähköjärjestelmän huipputeho voidaan mitoittaa, jolloin saadaan suurempaa säästöä. On kuitenkin tärkeää muistaa, että Suomen olosuhteissa aurinkosähköjärjestelmän sähköntuottohuiput saavutetaan aurinkoisina kesäkuukausina, jolloin kulutuskin on usein alhaista. Tämän takia esimerkiksi rivitalokohteissa kannattaisi asuntojen lämmitys- ja viilennyskuormat kytkeä kiinteistön sähkөөn, jolloin tuotettu sähköenergia saadaan hyödynnettyä mahdollisimman pitkälle omaan käyttöön.

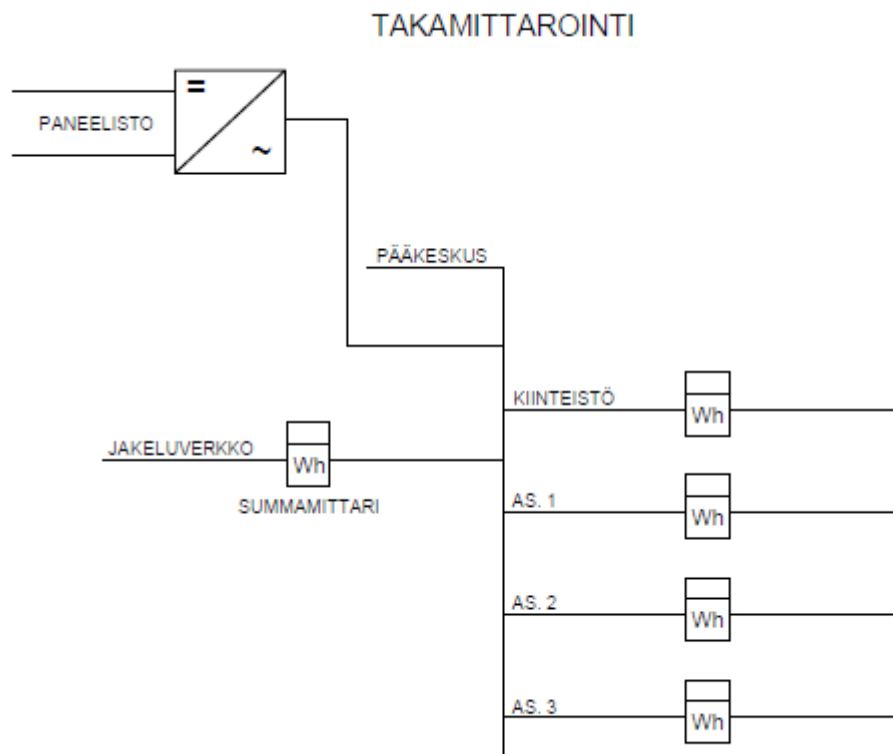
### 6.3 Takamittarointimalli

Kun asunto-osakeyhtiön osakkaat haluavat toteuttaa aurinkosähköjärjestelmän, jossa sähköä tuotetaan kiinteistösähkön lisäksi myös asukkaiden käyttöön, on nykyainsäädännön puitteissa ainoa laillinen malli takamittarointimalli. Suomen sähkömarkkinalaki (Sähkömarkkinalaki 588/2013, ) sallii kiinteistön kaikkien mittareiden liittämisen jakeluverkkoon vain yhden mittarin välityksellä. Edellytyksenä takamittaroinnin toteuttamiselle on kuitenkin kaikkein osakkaiden kirjallinen suostumus, jossa he luopuvat oikeudestaan kilpailuttaa sähköntoimittajansa.

Olemassa olevissa kiinteistöissä, takamittarointiin siirtymisestä aiheutuvat kustannukset ovat yleensä niin suuret, että ne vesittävät aurinkosähköjärjestelmän tuomat taloudelliset hyödyt. Takamittarointiin siirryttäessä taloyhtiön pitää asennuttaa käyttöönsä uudet sähkö mittarit tai ostaa vanhat mittarit verkkoyhtiöltä. Siirtymisen yhteydessä on tärkeää kirjata yhtiöjärjestykseen, että mikäli asukas haluaa poistua takamittarointimallista, pitää hänen itse kustantaa muutostyöt. Tämä on tärkeää etenkin isoissa kiinteistöissä, joissa asukkaiden vaihtuvuus on suurta; muutostyöt voivat aiheuttaa asunto-osakeyhtiölle mittavia kustannuksia, ellei yhtiöjärjestyksestä ole muutettu. Takamittaroinnista poistuvalla asiakkaalla kohdistuvat kulut mittaroinnin muuttamisesta eivät kuitenkaan saa olla kohtuuttomat. (Adlercreutz, 2016.)



Uudiskohteissa takamittaroinnin toteuttaminen on teknisesti ja taloudellisesti kannattavampaa kuin olemassa olevissa kohteissa. Uudiskohteissa oikeanlainen mittarointi ja kaapelointi on helppo toteuttaa jo rakennusvaiheessa ja yhtiöjärjestykseen voidaan merkata jo sen kirjoittamisvaiheessa kohta, joka käsittelee takamittarointia. Yhtiöjärjestyksessä pitää myös tuoda esille se, kenen vastuulle jää osakkaiden ja kiinteistön kulutuksen seuranta, ja miten laskutus toteutetaan. Laskutuksen voi hoitaa esimerkiksi isännöitsijä tai jokin ulkopuolinen energiapalveluyritys. (Auvinen ym., 2020, s. 6-8.)



Kuva 17. Aurinkosähköjärjestelmän mittaroinnin toteutus takamittaroinnilla.

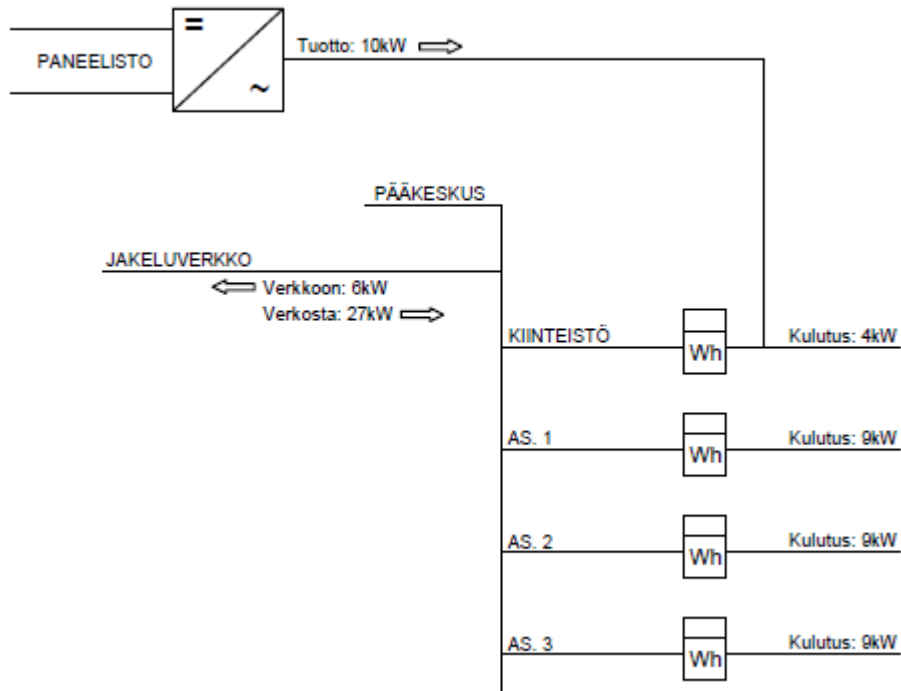
#### 6.4 Hyvityslaskentamalli

Aurinkosähköjärjestelmän toteuttaminen hyvityslaskentamallilla toisi asunto-osakeyhtiöt, aurinkosähköjärjestelmän tuomien etujen suhteen, samalle viivalle yksittäisten järjestelmien omistajien kanssa. Malli ei kuitenkaan ole vielä lainsäädännöllisesti mahdollinen. Hyvityslaskentamallissa aurinkosähköjärjestelmä on kuvan 11 mukaisesti kytketty kiinteistön kulutuksen puolelle. Kiinteistön mittariin tallentuu kiinteistön

ja asuntojen tuotto- ja kulutustiedot, ja ne tasataan sekä kiinteistön että asuntojen sähkölaskuissa. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto käytetään hyvityslaskentamallissakin ensisijaisesti kattamaan kiinteistön sähkönkulutus. Kun kiinteistön sähkönkulutus on katettu, hyvitetään ylimääräinen tuotto asuntojen sähkölaskuissa. Hyvityslaskentamallin toimimisen edellytys on verkkoyhtiön vaiheiden välillä netottavat mittarit, joiden avulla aurinkosähköjärjestelmän tuottama ylijäämä sähkö voidaan laskennallisesti hyvittää asuntojen sähkölaskuissa. Toimivuutta parantaa myös Euroopan Unionin siirtyminen sähkön mittauksessa 15 minuutin tasejaksoon nykyisen tunnin mittaisen jakson sijaan. (Auvinen ym., 2020, s. 8-9.)

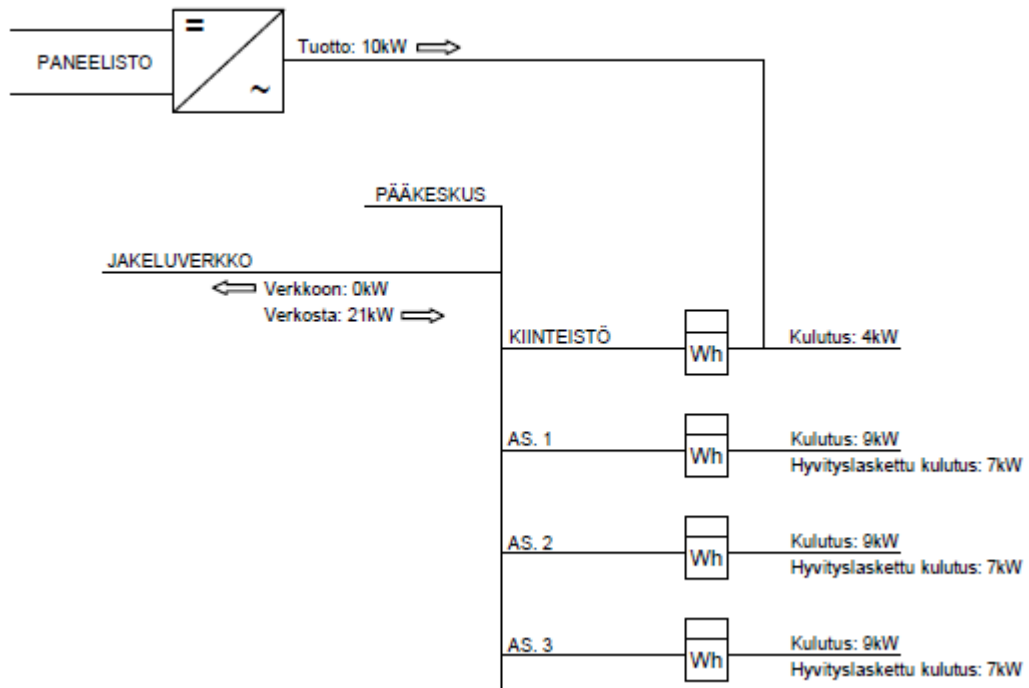
Hyvityslaskentamallissa asunto-osakeyhtiön osakkaat (tai vain osa osakkaista) muodostavat energiayhteisön. Energiayhteisön tavoitteena on mahdollistaa kiinteistön sisällä tuotetun sähkön hyödyntäminen asuntojen omaan käyttöön, ilman sähköveroa ja sähkönjakeluverkkoyhtiön siirtomaksuja. Ilman energiayhteisöä osakas joutuisi maksamaan sähköveron ja siirtomaksun asunto-osakeyhtiön sisällä tuotetusta sähköstä, vaikka sähkö ei kertaakaan kävisi jakeluverkon puolella. Energiayhteisöön kuuluvilla osakkailla säilyy vapaus valita sähköyhtiönsä samalla, kun he saavat käyttöönsä aurinkosähköjärjestelmän tuottaman sähköenergian. Näin säästyttäisiin takamittarointimallin yksittäiselle osakkaalle aiheuttamilta kustannuksilta uuden mittarin ja liittymän hankkimisen suhteen. Tuotetun sähköenergian jakaminen energiayhteisön sisällä perustuisi yleensä siihen, paljonko kukin osakas on rahallisesti panostanut yhteiseen aurinkosähköjärjestelmään. Jakoperiaatteen tulee noudattaa yhtiöjärjestyksen, asunto-osakeyhtiölain ja muiden kirjallisten sopimusten asettamia ehtoja. Kuvissa 18 ja 19 on havainnollistettu hyvityslaskennan hyötyjä. Jakoperiaatteen oletuksena on, että asunnot ovat investoineet aurinkosähköjärjestelmään saman verran. (Pahkala ym., 2018, s. 18-22.)

## EI HYVITYSLASKENTAA



Kuva 18. Asunto-osakeyhtiön sähkönkulutus ilman hyvityslaskentaa.

## HYVITYSLASKENTA



Kuva 19. Asunto-osakeyhtiön sähkönkulutus hyvityslaskennalla.

Vuosina 2017-2019 Aalto-yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja STEK ry toteuttivat FinSolar aurinkosähköä taloyhtiöihin-hankeen, jossa hyvityslaskentamallia testattiin asunto-osakeyhtiöissä Helsingissä ja Oulussa. Hanke sai Energiavirastolta sekä työ- ja elinkeinoministeriöltä poikkeusluvan, jolloin taloyhtiön asukkaiden ei tarvinnut maksaa kohteeseen asennetun aurinkosähköjärjestelmän tuottamasta sähköenergiasta sähkövero eikä siirtomaksuja. Asunto-osakeyhtiöillä oli käytössä paikallisten sähköyhtiöiden kehitysvaiheessa olevat hyvityslaskentaohjelmistot, joilla kuluista ja tuottoa seurattiin. Hankkeen tulos oli positiivinen ja toukokuussa 2020 oli lausuntokierroksella lakiehdotus, joka mahdollistaisi energiayhteisöt ja hyvityslaskentamallin vuoteen 2022 mennessä.

## 7 YHTEENVETO

Tämän työn kirjoitushetkellä aurinkosähköjärjestelmän hankkimisesta kiinnostuneet asunto-osakeyhtiöt ovat edelleen eriarvoisessa asemassa kuin yksityishenkilöt. Tilanne on kuitenkin muuttumassa lähivuosina paremmaksi ja eduskunnassa on käsiteltyssä lakimuutos, joka mahdollistaisi asunto-osakeyhtiöille tasavertaisen aseman yksityispientuottajien kanssa energiayhteisöjen muodossa. Sekä energiayhteisöt, että osaltaan Euroopan unionin tiukentuneet ilmastotavoitteet, tulevat väistämättä lisäämään aurinkosähköjärjestelmien markkinaosuutta Suomessa lähivuosina. Tämä tarkoittaa suunnittelutoimistojen kannalta uusia haasteita, mutta myös mahdollisuuksia laajentaa suunnitteluosaamistaan ja näin markkina-asemaansa.

Tätä työtä voi käyttää hyvänä pohjana ja tukena suunnittelulle, kun tilaaja haluaa asunto-osakeyhtiökohteeseensa suunniteltavaksi aurinkosähköjärjestelmän. Työssä esitellyt standardit, lait ja muut julkaisut antavat hyvät valmiudet onnistuneen aurinkosähköjärjestelmän suunnittelulle. Aihe on kuitenkin vielä melko uusi, joten kaikki julkaisut tulevat tarkentumaan lähivuosien aikana, joten niiden ajantasaisuutta kannattaa seurata.

Vaikka työn suunnittelukohteessa ei ainakaan työn kirjoitushetkellä ollut tarkoitus toteuttaa aurinkosähköjärjestelmää, on se oivallinen kohde sellaisen toteuttamiselle, kun uudet asetukset energiayhteisöistä astuvat voimaan.

Tämä opinnäytetyön kirjoittamishetkellä työn suunnittelukohde oli vielä luonnossuunnitteluvaiheessa, joten liitteet eivät kaikilta osin ole lopullisia.

Nousujohtokaavio

Huipputeholaskelmia

Febdoklaskelma



Asemakuva

Yleiskaapelointikaavio

Antennikaavio

## References

- Adlercreutz, A. (2016). Kirjallinen kysymys KK 385/2016 vp. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Sivut/KK\\_385+2016.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Sivut/KK_385+2016.aspx)
- AEconversion & Co. (2015). Products: Micro-Inverter. [http://www.aeconversion.de/files/AE\\_AEconversion\\_EU\\_EN\\_2015\\_09.pdf](http://www.aeconversion.de/files/AE_AEconversion_EU_EN_2015_09.pdf)
- Airaksinen, J., Bröckl, M., Rautiainen, T., Saario, M., Vanhanen, J., Värre, U., Honkapuro, S., Annala, S., Manninen, J., Lassila, J. & Partanen, J. (2019). Selvitys sähköön omatuotantoon, energiayhteisöihin ja energiahankkeiden lupamenettelyihin liittyvistä kysymyksistä. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-819-9>
- Auvinen, K., Honkapuro, S., Ruggiero, S. & Juntunen, J. (2020). Aurinkosähköä taloyhtiöiden asukkaille - Mittaushaasteista kohti digitaalisia energiayhteisöpalveluja. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8988-1>
- Eaton Corporation. (2017). Technical Data 10121. <http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bussmann/Electrical/Resources/product-datasheets-b/bus-ele-ds-10121-pv10m.pdf>
- Fronius International GmbH. (2020). Products: Fronius Symo. <https://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/inverters/fronius-symo/fronius-symo-3-0-3-m>
- Granlund. (2020). Meistä | Granlund. Haettu 4.6.2020 osoitteesta <https://www.granlund.fi/granlund/meista/>

Helen. (2019). Aurinkopaneelien hankintaopas. [https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneeleiden\\_hankintaopas.pdf](https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneeleiden_hankintaopas.pdf)

Helukabel. (2017). Products: Solar PV1-F. [https://www.helukabel.com/opc/workarea/suppliers/SOL/documents/pdf/db/1DB\\_713032\\_en.pdf](https://www.helukabel.com/opc/workarea/suppliers/SOL/documents/pdf/db/1DB_713032_en.pdf)

IEC 62548:2016:fi, Aurinkosähköpaneelistot. Suunnitteluvaatimukset. (2018). SESKO. <https://online.sfs.fi/>

IRENA. (2019). Future of solar photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf)

IRENA. (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019 [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Power\\_Generation\\_Costs\\_2019.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf)

Käpylehto, J., Hänninen, P., Kanerva, P., Martikka, M. & Evokari, V. (2017). Aurinkosähköä kerrostaloon: Opas asukkaille, hallituksen jäsenille ja isännöitsijöille. [https://ilmastokatu.fi/files/2017/02/Aurinkosa%CC%88hko%CC%88opas\\_07022016.pdf](https://ilmastokatu.fi/files/2017/02/Aurinkosa%CC%88hko%CC%88opas_07022016.pdf)

Kosonen, A. (2019). Laskelmat mittauserojen vaikutuksesta aurinkosähkön kannattavuuteen seurantakohteessa. LUT.

Lehto, I., Orrberg, M., Liuksiala, L., Lähde, P., Olenius, M. & Ylinen, M. (2017). Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Sähkötieto ry.

Liikenne- ja viestintävirasto 65 D/2019 M, Kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. (2019). <https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot?toggle=M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%2065%20kiinteist%C3%B6n%20sis%C3%A4verkoista%20ja%20teleurakoinnista>

Motiva. (2019a). Aurinkosähkö: Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. Haettu 15.6.2020 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)

Motiva. (2019b). Aurinkosähkö: Ylijäämäsähkön myynti. Haettu 15.6.2020 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijaamasahkon\\_myynti](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti)

Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. (2018). Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä; Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-346-7>

Ristilä, J., Hovatta, T., Hämäläinen, Y., Joki, J., Karastie, J., Koivisto, P., Lindfors, P., Mikkilä, V., Naskali, V., Paananen, J. & Suikkanen, P. (2017). Antennijärjestelmät (8., uudistettu painos). Sähköinfo Oy.

Sähkömarkkinalaki 588/2013, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

SFS 6000-4-42, Pienjännitesähkösennukset. Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta. (2017). SESKO. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-5-52, Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. (2017).

SESKO. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-5-54, Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajoh-

timet. (2017). SESKO. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-7-712, Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestel-

mät. (2017). SESKO. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 50173-1, Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Yleiset vaatimukset.

(2018). SESKO. <https://online.sfs.fi/>

ST 13.31, Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. (2020).

Sähkötieto. <http://severi.sahkoinfo.fi/>

ST 55.32, Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät. (2019). <http://se->

[veri.sahkoinfo.fi/](http://severi.sahkoinfo.fi/)

ST 55.33, Aurinkoenergiaa hyödyntävät laitteet ja niiden liittäminen rakennuksen

sähkönjakelujärjestelmään. (2013). <http://severi.sahkoinfo.fi/>

SunCalc. (2020, 17.7.). Sun position calculations [kartta]. <https://www.suncalc.org>

Suntekno. (2010). Aurinkopaneelien toimintaperiaate. <http://suntekno.bonsait.fi/re->

[sources/public/tietopankki//paneelit.pdf](http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki//paneelit.pdf)

Tuomi, T. (2019). Hajautettu pientuotanto ja akut - perusteet ja lyhyt oppimäärä.

<https://www.lahienergia.org/hajautettu-pientuotanto-ja-akut-perusteet-ja-lyhyt-oppimaara/>

YIT. (2020, may). Suunnittelun lähtötietoja.