



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Heidi Forsström

AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄT  
JA AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN  
SUUNNITTELU

Avecon Oy Ab

Tekniikka ja liikenne  
2014

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Heidi Forsström
Opinnäytetyön nimi	Aurinkoenergiajärjestelmät ja aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	51 + 4 liitettä
Ohjaaja	Tapani Esala

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä aurinkoenergiajärjestelmiin sekä aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun ja koota tiedoista opas Avecon Oy Ab:lle suunnittelun avuksi. Tarkastelukohteina olivat aurinkosähköjärjestelmän ja aurinkolämpöjärjestelmän rakenne, toimintaperiaate, käyttökohteet, kustannukset sekä takaisinmaksuajat. Työn pääpaino oli sähköverkkoon kytketyissä aurinkosähköjärjestelmissä ja siinä, miten niiden suunnittelu etenee ja mitä suunnittelussa on otettava huomioon.

Koska aurinkosähköjärjestelmät eivät ole vielä kovin yleisiä Suomessa, on suunnittelussa apuna tarvittava lähdeaineisto hyvin hajanaista. Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon monien määräyksien ja standardien lisäksi myös laitevalmistajien antamat laitekohtaiset ohjeet sekä verkohaltijan määräykset. Suurin osa lähdemateriaalista löytyi internetistä, lukuun ottamatta standardeja ja lakeja.

Työn lopussa esitetty esimerkkisuunnitelma sähköverkkoon kytketystä aurinkosähköjärjestelmästä on osa työn tulosta, sillä siihen kiteytyy opinnäytetyön etenemisen myötä opitut asiat. Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta kertovaa lukua 7 voidaan kokonaisuudessaan hyödyntää tulevaisuudessa sähkösuunnittelijan apuvälineenä.

## ABSTRACT

Author	Heidi Forsström
Title	Solar Energy Systems and Designing of a Photovoltaic System
Year	2014
Language	Finnish
Pages	51 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Tapani Esala

---

The purpose of this thesis was to research solar energy systems and the designing process of a photovoltaic system to help the electrical designers in their work in Avecon Oy Ab. The structure, functionality, usage, costs and payback time of both the solar heat system and photovoltaic system were taken into account when writing this thesis. The main focus was on the designing process of an on-grid photovoltaic system.

The information needed in the designing process of an on-grid photovoltaic system is very scattered. There are many electrical standards, regulations and laws which have to be taken into account precisely. The electrical designer has to pay attention to the solar panel manufacture's technical manual also. Because the system can feed electricity to the distribution grid, it is also important to make sure that the system meets the requirements of the grid owner. Almost all of the material used in this thesis was found on the internet except the electrical standards.

An example design of an on-grid photovoltaic system was made at the end of the thesis. The example design was made based on the information found when doing research and it can be considered as a part of the results of this thesis. The description of the design process, including the standards, regulations and laws to be considered, can be used as a tool when designing a system in the future.

---

Keywords	Solar heat system, photovoltaic system, designing a photovoltaic system
----------	---

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO .....	9
2	AVECON OY AB .....	10
3	AURINKOENERGIA SUOMESSA.....	11
	3.1 Aurinko energialähteenä.....	11
	3.2 Säteilyn määrä.....	11
4	AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ.....	12
	4.1 Aurinkolämmön käyttö Suomessa .....	12
	4.2 Aurinkolämpöjärjestelmän rakenne ja toimintaperiaate.....	12
	4.2.1 Keräin.....	13
	4.2.2 Lämmönsiirrin .....	15
	4.2.3 Energiavaraaja .....	16
	4.2.4 Säätyyksikkö.....	16
	4.2.5 Pumppu, putkisto ja varolaitteet .....	17
	4.3 Aurinkolämmön hyödyntäminen eri rakennuksissa.....	17
	4.4 Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus.....	19
	4.5 Kustannukset ja takaisinmaksuaika.....	20
5	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	22
	5.1 Aurinkosähköjärjestelmän rakenne .....	22
	5.1.1 Paneelit .....	23
	5.1.2 Invertteri.....	24
	5.1.3 Akut.....	25
	5.1.4 Lataussäädin .....	26
	5.2 12/24 V-aurinkosähköjärjestelmä ja sen käyttökohteet.....	26
	5.3 230 V-aurinkosähköjärjestelmä ja sen käyttökohteet.....	27
	5.4 230 V-järjestelmän takaisinmaksuajan esimerkkilaskelma .....	27

6	SÄHKÖVERKKOON LIITETTY AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	29
6.1	Sähköverkkoon liittämiseen tarvittavat luvat ja asiakirjat.....	29
6.2	Tariffit ja liittymisestä aiheutuvat kustannukset .....	29
6.2.1	Liittymismaksu .....	29
6.2.2	Siirtomaksut.....	30
6.2.3	Tariffien määräytyminen.....	30
6.3	Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suojaus.....	30
6.3.1	Saarekekäytön estäminen .....	30
6.3.2	Tarpeettoman erottamisen estäminen .....	31
6.3.3	Ylivirtasuojauksen hidastuminen .....	31
6.3.4	Vaikutus pikajälleenkytkentöihin .....	31
6.3.5	Ukkossuojaus ja maadoittaminen .....	32
6.4	Mittarointi.....	33
7	SÄHKÖVERKKOON LIITETYN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....	35
7.1	Standardien, lakien ja määräyksien huomioiminen .....	35
7.1.1	ST-kortti 55.33.....	35
7.1.2	Standardit .....	35
7.1.3	Lait ja määräykset.....	37
7.2	Komponenttien valinta ja mitoitus .....	37
7.2.1	Energiatarpeen määrittäminen.....	37
7.2.2	Paneelit .....	38
7.2.3	Invertteri.....	38
7.2.4	Kaapelit .....	39
7.2.5	Keskus .....	40
7.3	Aurinkosähköjärjestelmän asennus .....	41
7.3.1	Paneelien suuntaus, kallistus ja kytkentä .....	42
7.3.2	Invertterin sijoitus ja kytkentä .....	42
7.4	”Step-by-step”-ohje suunnittelijoille.....	43
7.5	Aurinkosähköjärjestelmän esimerkkisuunnitelma .....	44

8	YHTEENVETO .....	48
	LÄHTEET .....	50
	LIITTEET	

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b>	Aurinkolämpöjärjestelmän periaatteellinen rakennekuva.	s. 13
<b>Kuvio 2.</b>	Aurinkolämpökeräinten tyyppijaottelu.	s. 14
<b>Kuvio 3.</b>	Katteellisen tasokeräimen rakennekuva.	s. 15
<b>Kuvio 4.</b>	Esimerkki teollisuuskiinteistön lämpöenergiakulutuksesta.	s. 18
<b>Kuvio 5.</b>	Tasa- ja vaihtokuormaa syöttävä aurinkosähköjärjestelmä.	s. 22
<b>Kuvio 6.</b>	Aurinkopaneelin toimintaperiaate.	s. 24
<b>Kuvio 7.</b>	Periaatekuva talon maadoittamisesta.	s. 32
<b>Kuvio 8.</b>	Carlo Gavazzi Oy:n EM24 DIN-mittari.	s. 34
<b>Kuvio 9.</b>	Aurinkosähköjärjestelmän kytkentäkuva.	s. 41
<b>Taulukko 1.</b>	Vuotuinen säteilyenergian määrä eri paikkakunnilla.	s. 11
<b>Taulukko 2.</b>	Paneelikaapelin poikkipinta-alan mitoitus taulukko.	s. 40
<b>Taulukko 3.</b>	Danfoss TLX-invertterin tekniset tiedot.	s. 45
<b>Taulukko 4.</b>	Danfoss TLX:n kaapelisuositukset.	s. 46
<b>Taulukko 5.</b>	Danfoss TLX:n suositellut sulakekoot vaihtosähköpuolelle.	s. 47

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Aurinkosähköjärjestelmän esimerkkisuunnitelman periaatekuva.

**LIITE 2.** Aurinkosähköjärjestelmän esimerkkisuunnitelman keskuksen pääkaavio.

**LIITE 3.** Carlo Gavazzi Oy:n EM24 DIN-mittarin datalehti.

**LIITE 4.** Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa huomi-  
oitavat standardit, määräykset ja lait.



# 1 JOHDANTO

Ihmiset kiinnittävät yhä enemmän huomiota ympäristöystävällisyyteen erilaisia valintoja pohtiessaan. Kotitalouden suurimpia menoja ovat sähkölaskut, sillä sähköä kuluu paljon muun muassa käyttöveden tai huoneiden lämmitykseen sekä erilaisiin sähkölaitteisiin. Uusiutuva energia onkin nyt ja lähitulevaisuudessa yksi varteenotettava vaihtoehto energiamuotoja mietittäessä.

Aurinkoenergiajärjestelmät perustuvat uusiutuvaan energialähteeseen ja ovat näin esimerkiksi ydinvoimaa ympäristöystävällisempi tapa tuottaa energiaa. Aurinkolämpöjärjestelmät ovat tällä hetkellä aurinkosähköjärjestelmiä suosittumia erityisesti kotitalouksissa, sillä yksinkertaisemman rakenteen ja toimintatavan vuoksi niiden kustannukset ovat alhaisemmat. Lisäksi aurinkolämpöjärjestelmän hyötysuhteet ovat paremmat ja sitä kautta takaisinmaksuajat lyhemmät.

Aurinkosähköjärjestelmän heikoimpana kohtana voidaan pitää paneeleja, joilla on huono hyötysuhde – noin 17 %. Aurinkosähköjärjestelmät tulevat mitä luultavimmin yleistymään tulevaisuudessa, sillä tekniikan kehittyessä saadaan hyötysuhteet paremmiksi ja tätä kautta myös takaisinmaksuajat inhimillisiksi.

Tämä opinnäytetyö on tehty Avecon Oy Ab:lle lisäämään aurinkoenergiajärjestelmien tuntemusta ja helpottamaan verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelua. Työssä paneudutaan niin komponenttien mitoituksessa kuin suunnittelussa huomioitaviin asioihin, kuten standardeihin ja määräyksiin. Lisäksi työssä esitetään esimerkkisuunnitelma aurinkosähköjärjestelmästä. Suunnitelma sisältää komponenttien, kuten paneelien, invertterin, kaapelien ja keskuksen mitoituksen ja valinnan sekä periaatekuvan aurinkosähköjärjestelmästä ja keskuksen pääkaaviokuvan.

## **2 AVECON OY AB**

Avecon Oy Ab on vuonna 1989 perustetulle sähkö- ja LVIA-suunnittelutoimisto. Yrityksen toimistot sijaitsevat Vaasan lisäksi myös Pietarsaassa, Kokkolassa ja Seinäjoella. Aveconilla työskentelee yhteensä 24 ammattilaissuunnittelijaa, joista 15 henkilöä ovat sähkösuunnittelijoita.

Avecon suunnittelee kokonaisvaltaisesti talotekniikan kokonaisuuksia julkis-, teollisuus- ja asuinrakennusten uudis- ja saneerauskohteissa. Sähkösuunnitteluun kuuluu sekä rakennusten sähkösuunnittelu että telejärjestelmien suunnittelu.

Sähkösuunnittelun projektit ovat usein kouluja, sairaaloita, terveyskeskuksia ja liike- sekä toimistorakennuksia. Referensseinä ovat muun muassa Vaasan Keskussairaalan laajennus, Campus Kungsgården sekä useat KPO-ketjun liikkeet.

### 3 AURINKOENERGIA SUOMESSA

Tämä luku kertoo auringon säteilyn määrästä ja sen käyttämisestä energialähteenä.

#### 3.1 Aurinko energialähteenä

Aurinko vapauttaa energiaa fuusion yhteydessä. Tässä tapauksessa fuusio tarkoittaa sitä, että 2 vetyatomia, 2 protonia ja 2 neutronia yhtyvät heliumatomiksi. Hyvä vertailukohde heliumille on kivihili – 1 kg heliumia vedystä muodostettuna vapauttaa saman verran energiaa kuin 27 000 tonnia kivihiltä eli noin 180 000 000 kWh. /7/ Paneelien huonon hyötysuhteen takia kuitenkin vain pieni osa energiasta saadaan hyödynnettyä aurinkoenergiajärjestelmissä. Hyötysuhteen ollessa 17 %, on energiantuotto noin 170 kWh/m<sup>2</sup>/vuosi. /4/

#### 3.2 Säteilyn määrä

Auringon säteilystä vain pieni osa pääsee maanpinnalle asti, sillä ilmakehä vesihöyryineen ja ilmansaasteineen estää suuren osan säteistä. Vuositasolla energiaa säteilee kohtisuoraa pintaa kohden vajaa 1 000 kWh / m<sup>2</sup> Etelä-Suomessa (**Taulukko 1.**). /4/

Kokonaissäteilyenergia muodostuu kolmesta erityyppisestä säteilystä: suorasta säteilystä, hajasäteilystä sekä ilmakehästä takaisin heijastuvasta säteilystä. Pilvet heijastavat hajasäteilyä, joten sää vaikuttaa siihen, kuinka paljon säteilystä tulee suoraan ja kuinka paljon hajasäteilyä. Mitä suurempaa säteily on, sen paremmin aurinkokeräimet ja -paneelit pystyvät tuottamaan energiaa.

**Taulukko 1.** Vuotuinen säteilyenergian määrä eri paikkakunnilla. /7/

Kaupunki	kWh/m <sup>2</sup> a
Melbourne	1588
Rooma	1435
Pariisi	1032
Tukholma	993
Helsinki	938
Pietari	908
Sodankylä	807

## **4 AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ**

Tämä luku kertoo aurinkolämpöjärjestelmän rakenteesta, toimintaperiaatteesta ja käyttökohteista Suomessa.

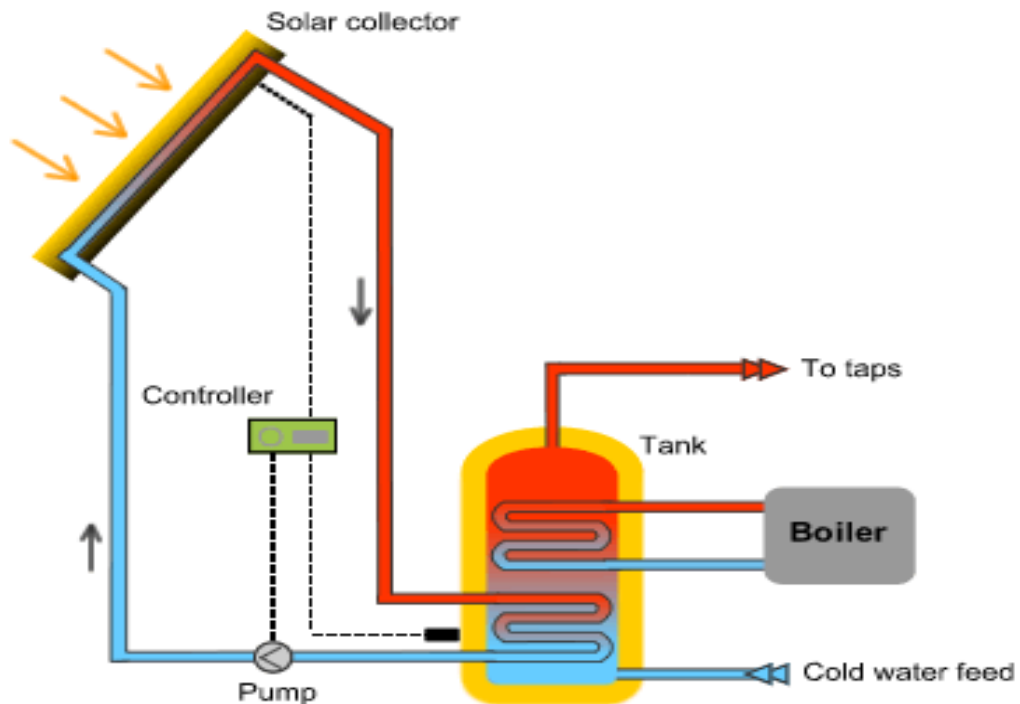
### **4.1 Aurinkolämmön käyttö Suomessa**

Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää joko passiivisesti tai aktiivisesti siihen tarkoitettulla laitteistolla eli aurinkolämpöjärjestelmällä. Passiivisesti hyödynnettynä lämpö varastoituu rakennuksen rakenteisiin ilman minkäänlaista erillistä lämmönkeruulaitteistoa. Varastoitumiseen vaikuttavat muun muassa rakennuksessa käytetyt materiaalit sekä rakennuksen sijainti ja suuntaus. /7/ Lisäksi ikkunapinta-ala ja ikkunoiden rakenne vaikuttavat lämmön vastaanottamiseen ja lämmöneristävyyteen.

Suomen ilmastossa on mahdollista saada muutettua noin 25–35 % auringon säteilystä lämmöksi aurinkokeräimien avulla /16/. Oikein mitoitettulla ja sijoitetulla aurinkolämpöjärjestelmällä on mahdollista lämmittää jopa 60 % vuotuisesta käyttövedestä. Aurinkolämmön käyttö käyttöveden lämmitykseen onkin Suomessa yksi yleisimmistä tavoista. Käyttöveden lämmityksen lisäksi aurinkolämpöä voi hyödyntää esimerkiksi vesikiertoisessa lattialämmityksessä tai muun lämmitysjärjestelmän tukena.

### **4.2 Aurinkolämpöjärjestelmän rakenne ja toimintaperiaate**

Aurinkolämpöjärjestelmän rakenne ja toimintaperiaate ovat melko yksinkertaisia. Kuviossa 1 on esitetty periaatteellinen kuva järjestelmästä ja sen komponenteista. Katolle tai talon kylkeen sijoitettujen aurinkokeräimien absorbaattori muuttaa auringonsäteilyn lämpöenergiaksi ja siirtää sen putkistossa kulkevaan vesi-glykoli-seokseen. Seos puolestaan kuljettaa lämmön putkistoa pitkin varaajan lämmönvaihtimeen, jossa lämpö siirtyy lämmitettävään veteen. Kun lämpö on luovutettu, kierättää ohjausyksikön kontrolloima pumppu seoksen takaisin keräimeen. /16/



**Kuvio 1.** Aurinkolämpöjärjestelmän periaatteellinen rakennekuva. /1/

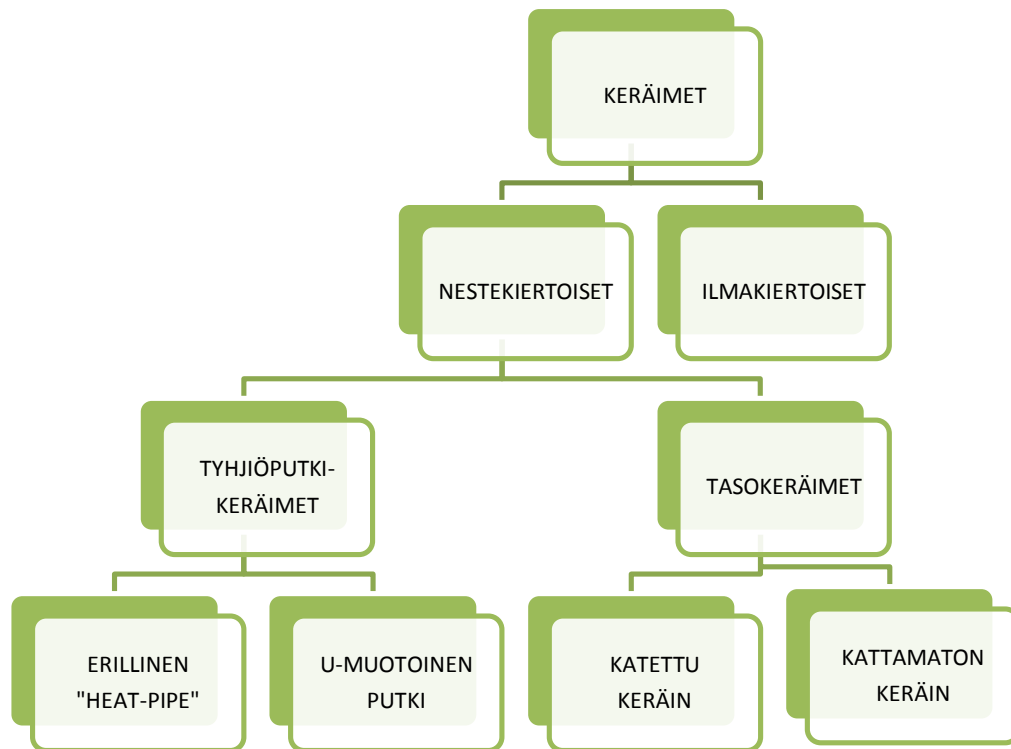
Järjestelmä liitetään usein kotitalouden energiavaraajaan, ja nykyisin yhä useammissa varaajissa on jo valmiina liitännämahdollisuus aurinkolämpöjärjestelmään. Joissakin tapauksissa vesi vain esilämmitetään aurinkolämpöjärjestelmän avulla, ja loppu lämmitys tapahtuu varaajassa olevan vastuksen avulla.

#### 4.2.1 Keräin

Aurinkokeräimet sijoitetaan rakennuksen katolle tai kylkeen, mielellään etelään suunnattuna ja  $45^\circ$  kulmassa aurinkoenergian maksimoimiseksi. Niiden tarkoituksena on kerätä auringon säteilyä lämpönä ja siirtää lämpö eteenpäin.

Alla olevassa kuviossa 2 on esitetty erityyppiset keräimet. Pääjakona pidetään sitä, onko keräin neste- vai ilmakiertoinen. Näistä nestekiertoinen keräin on suosituimpi, sillä nesteellä (yleensä vesi-glykoliseos) on parempi lämmönsiirtokyky kuin ilmalla. Lisäksi nesteen avulla on helpompi lämmittää esimerkiksi energiavaraajan kautta kiertävää käyttövettä. Ilmalla on nestettä huonompi lämmönsiirtokyky,

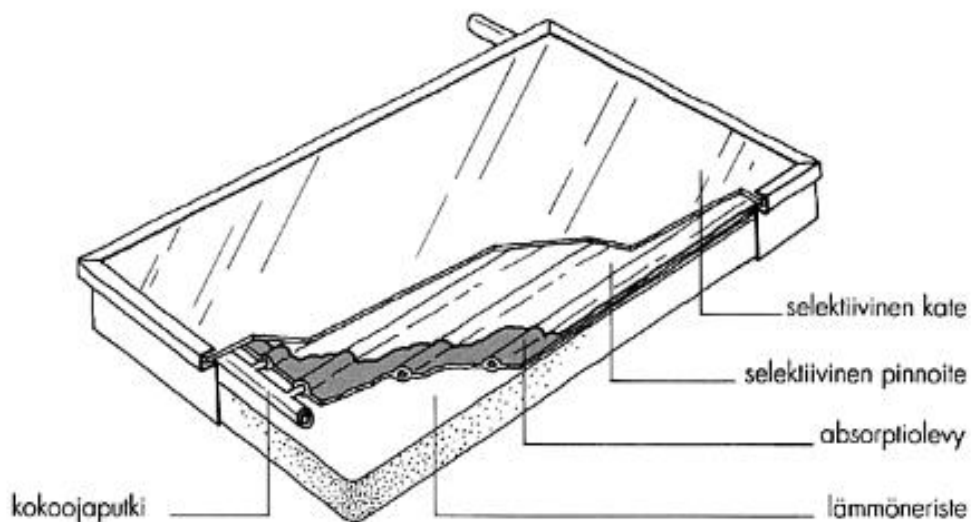
mutta sen hyviä puolia ovat jäätyttömyys sekä korroosion mahdollisuuden pois-sulkeminen. /7/



**Kuvio 2.** Aurinkolämpökeräinten tyyppiijaottelu.

Nestekiertoiset keräimet jaetaan tasokeräimiin ja tyhjiöputkikeräimiin, joista viimeinen edelleen kahteen eri tyyppiin tyhjiöputken rakenteen mukaan. Näistä toisessa neste kiertää U-muotoisessa putkessa, ja toisessa niin sanotussa erillisessä ”Heat-pipe”-putkessa. Tyhjiöputki eroaa tasokeräimestä siinä, että sen absorptiopinta on putkimainen eikä suora levy. Talvipakkasilla tyhjiöputken hyötysuhde on parempi, sillä sen sisällä oleva tyhjiö toimii niin ikään lämmöneristeenä, ja estää lämmön haihtumisen takaisin ilmaan. /7/

Tasokeräimet voidaan jakaa katettuihin tai kattamattomiin keräimiin. Nestekiertoinen katettu tasokeräin koostuu mustasta absorptiolevystä, joka siirtää lämpöä kokoajaputkessa kiertävään nesteeseen. Levy on pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella ja katettu vielä esimerkiksi selektiivisellä lasilla. Katteen tarkoituksena on läpäistä auringonsäteet sekä toimia eristeenä, jotta lämmöntalteenotto pysyisi mahdollisimman suurena (**Kuvio 3.**).



**Kuvio 3.** Katteellisen tasokeräimen rakennekuva. /4/

#### 4.2.2 Lämmönsiirrin

Vain kesäkäytössä olevaan aurinkolämpöjärjestelmään ei välttämättä tarvita lämmönsiirrintä, sillä silloin lämmönsiirtonesteinä voidaan käyttää pelkästään vettä. Ympärivuotisessa käytössä veden sekaan kuitenkin lisätään usein glykolia jäätyminenestosuojaksi. Vesi-glykoliseos tulee erottaa käyttövesipiiristä, joten näiden piirien väliseen lämmönsiirtoon käytetään erillistä lämmönsiirrintä. Lämmönsiirtimenä toimivat usein kuparikierukat, jotka asennetaan energiavaraajan tai käyttövesivaraajan alaosaan mahdollisimman tehokkaan lämmönsiirron maksimoimiseksi

/5/. Lämmönsiirtimen tilalla voi myös olla erillinen lämmönvaihdin, joka sijoitetaan energiavaraajan kylkeen.

### **4.2.3 Energiavaraaja**

Varaajat jaetaan kahteen ryhmään: käyttövesivaraajiin ja energiavaraajiin. Kun käyttövettä lämmitetään suoralla sähköllä, käytetään käyttövesivaraajaa. Joissakin käyttövesivaraajissa on asennettuna valmiiksi kierukka, johon pystytään liittämään aurinkolämpöjärjestelmä. Huonelämmityksessä aurinkokeräimien lämpö kerätään talteen erilliseen energiavaraajaan, josta lämpö kohdennetaan esimerkiksi vesikiertoiseen lattialämmitysjärjestelmään. Hybridi-varaajalla voidaan lämmittää sekä huonetilat että käyttövesi.

Käyttövesivaraajan koko määrittyy perheen vedenkulutuksen mukaan, mutta nelihenkiselle perheelle riittää yleensä 300 l käyttövesivaraaja. Varaajan koon tulee olla yli 300 l, jos käytetään energiavaraajaa. Aurinkolämpö yhdistettynä öljylämmitykseen vaatii vähintään 500 l energiavaraajan ja puulämmitys / vesikiertoinen takka vaatii energiavaraajan tilavuudeksi vähintään 750–1 000 l. /2/

Energiavaraajassa tulee olla tarpeeksi tilaa joko lämmönsiirtimelle tai suoralle putkikyhteydelle järjestelmään. Lisäksi aurinkolämpöjärjestelmän laitteistoa asennettaessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että ylempänä oleva lämmin vesi ja alhaalla oleva viileä vesi ei sekoittuisi keskenään. Sekoittuminen vältetään sijoittamalla lämmönsiirrin ylempään ja viileän veden johtoyhteys alas /5/.

### **4.2.4 Säätyksikkö**

Säätyksikön tehtävänä on säädellä pumppua ja sen avulla putkistossa kiertävää lämmönsiirtonestettä sitä mukaan, kun neste on luovuttanut lämpönsä energiavaraajaan. Sääto voidaan toteuttaa esimerkiksi sijoittamalla termostaatin anturit sekä keräimeen että varaajaan. Anturit mittaavat näissä kiertävien nesteiden lämpötiloja ja vertaamalla niitä kontrolloidaan pumpun toimintaa. Kun keräimen nesteen lämpötila nousee yli asetellun raja-arvon verrattuna varaajan lämpötilaan, voi pumppu käynnistyä ja vastaavasti sen laskiessa alle asetellun pumppu pysähtyy. /5/



Säätöyksikön ainoa tehtävä ei ole kontrolloida pumppua. Säätöyksikkö pysäyttää lisäksi pumpun, jos varaaja kuumenee liikaa. Lisäksi yksikköön on mahdollista saada erilaisia hälytys- sekä laskuritoimintoja. /7/

#### **4.2.5 Pumppu, putkisto ja varolaitteet**

Pumppu kierrättää lämmönsiirtonestettä järjestelmän putkistossa. Se kierrättää lämpimän nesteen energiavaraajaan ja vastaavasti jo lämpönsä luovuttaneen nesteen takaisin aurinkokeräimiin.

Putkisto mitoitetaan järjestelmän mukaan ja eristetään mahdollisimman hyvin, jotta lämpöhäviöt saadaan minimiin. Putkiston tulee kestää kiertävä neste ja sen kuumuus, joka voi kesällä nousta tyhjiöputkikeräimillä yli 300 °C lämpötilaan. Keräinpiirin yleisimpinä putkistomateriaaleina ovat teräs ja kupari. /6/

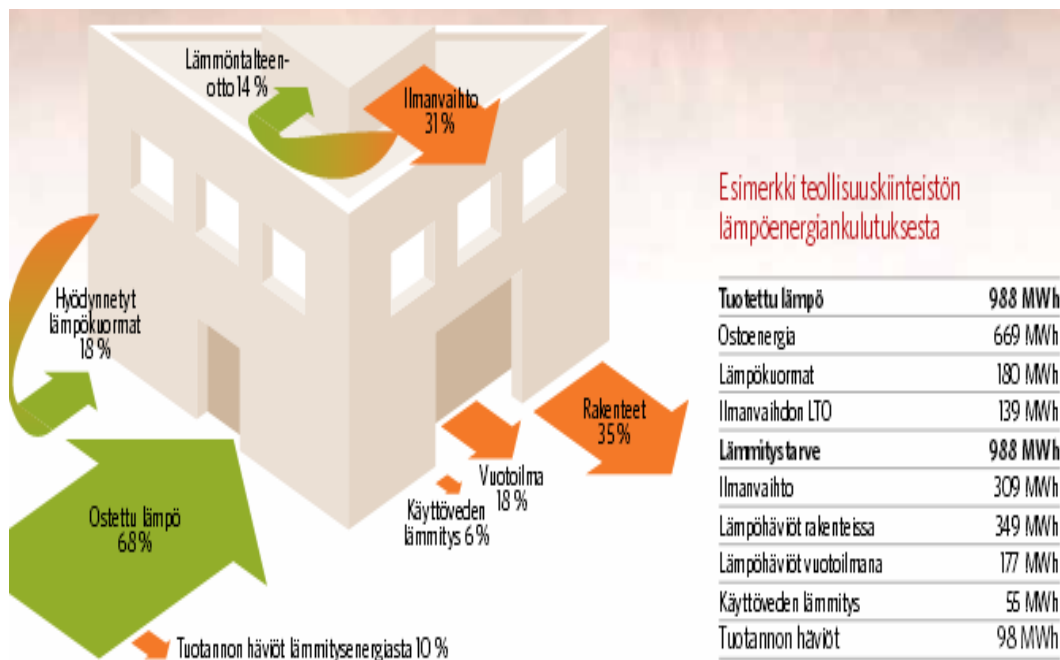
Varolaitteita ovat muun muassa varoventtiili, takaiskuventtiili ja paisunta-astia. Varoventtiili ehkäisee liiallisen paineen syntymisen järjestelmässä ja paisunta-astia suojaa järjestelmän vaurioilta nesteen laajetessa. Takaiskuventtiili estää nestettä kiertämästä väärään suuntaan putkistossa. /6/

### **4.3 Aurinkolämmön hyödyntäminen eri rakennuksissa**

Pientaloissa käytetään useimmiten aurinkolämpöä käyttöveden lämmitykseen tai huonetilojen lämmitykseen, esimerkiksi lattialämmityksellä tai vesikiertoisilla pattereilla. Jos halutaan lämmittää molempia, tarvitaan joko hybridi-energiavaraaja tai omat varaajat käyttövedelle ja lämmitykselle. Aurinkolämpöjärjestelmän voi liittää jonkun päälämmitysjärjestelmään rinnalle ja vähentää näin energiankulutusta jopa 20–30 % vuodessa /2/. Sopivia päälämmitysjärjestelmiä ovat esimerkiksi sähkö, öljy, kaukolämpö ja maalämpö.

Suomessa on paljon teollisuutta, ja teollisuudessa lämmitykseen kuluva energia kattaa 28 % koko Suomen lämpöenergiakulutuksesta. Kuviossa 4 on esitetty esimerkki teollisuuskiinteistön lämpöenergiakulutuksesta. Rakenteiden aiheuttamat lämpöhäviöt ovat suuri osa lämpöenergiakulutuksesta, sillä teollisuusrakennuksen lämmöneristystaso on usein jäänyt heikoksi /2/. Teollisuudessa voidaankin siis käyttää

aurinkolämpöä hyödyksi nimenomaan rakennuksen lämmitykseen, ja näin saadaan leikattua lämmityskustannuksia. Lisäksi aurinkolämpöjärjestelmän avulla saadaan tehtyä teollisuusrakennuksesta omavaraisempi, kun esimerkiksi lämmitykseen ei tarvita kallista ostoenergiaa.



**Kuvio 4.** Esimerkki teollisuuskiinteistön lämpöenergiakulutuksesta. /2/

Kerrostaloissa on viisainta käyttää aurinkolämpöä hyödyksi käyttöveden lämmitykseen, sillä sen osuus energiakulutuksesta on suurin. Kerrostalot on usein liitetty esimerkiksi kaukolämpöön, jolla asuintilat lämmitetään. Keräinten sijoitus on helppoa, sillä kerrostaloissa on usein laaja ala käyttämättömänä olevaa tasakattoa. Keräinten sijoittamisen lisäksi täytyy miettiä sopiva kuilu putkistolle. Käytettäessä aurinkolämpöä kerrostalon käyttöveden lämmitykseen, tulee varata riittävän suuri lämminvesivaraaja, sillä veden kulutus on runsasta.

Rivitaloissa voi yhtäläisellä tavalla käyttää aurinkolämpöä hyödyksi käyttöveden lämmitykseen. Pienemmissä rivitaloissa saattaa olla hyödyllistä myös käyttää aurinkolämpöä jonkin päälämmitysmuodon tukena.

#### 4.4 Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus

Mitoittaminen aloitetaan aina laskemalla kohteen energiatarve. Tässä esimerkissä mitoittamisen lähtökohtana on pientalo, jossa asuu 4-henkinen perhe. Jos tarkoituksena on lämmittää käyttövesi, tulee aluksi määritellä käyttövesivaraajan koko perustuen siihen, mikä on arvio vedenkulutuksesta. Yksi ihminen tarvitsee vuorokaudessa noin 20–60 l kuumaa vettä, joten 4-henkinen perhe kuluttaa vuorokaudessa maksimissaan arviolta  $4 * 60 \text{ l} = 240 \text{ l}$  vettä. Vedenkulutuksen perusteella on viisainta valita 300 l käyttövesivaraaja.

Keräimien koon määrittelyssä lähdetään liikkeelle siitä, tuleeko keräimien tyypiksi taso- vai tyhjiöputkikeräin. Jotta saadaan lämmitettyä 100 l vettä, tarvitaan yksi 2,5 m<sup>2</sup> tasokeräin tai 2 m<sup>2</sup> tyhjiöputkikeräin. 300 l käyttövesivaraajan veden lämmitykseen tarvitaan siis noin 7,5 m<sup>2</sup> alue tasokeräimiä tai vastaavasti 6 m<sup>2</sup> tyhjiöputkikeräimiä. Todellisuudessa 7,5 m<sup>2</sup> tasokeräimillä saadaan tarpeeksi energiaa lämmittämään noin puolet käyttövedestä johtuen lämpöhäviöistä ja Suomen ilmastosta.

Jos lämpöä halutaan hyödyntää huonetilojen lämmitykseen, tulee valita suurempi hybridi-energiavaraaja. Noin 10–15 m<sup>2</sup> alalla keräimiä pystytään kattamaan jo jopa 15–30 % energiasta, jota tarvitaan rakennuksen lämmittämiseen. /2/

Mitoitukseen vaikuttaa suuresti rakennus itsessään, esimerkiksi sen materiaalit ja lämmöneristävyys sekä sijainti. Lisäksi keräimien suuntauksella on suuri vaikutus järjestelmän energiantuottoon.

#### 4.5 Kustannukset ja takaisinmaksuaika

Aurinkolämpöjärjestelmän kustannukset riippuvat keräimien pinta-alasta ja keräintyypistä. 6 m<sup>2</sup> tasokeräimillä varustetun järjestelmän saa noin 3000 € hintaan. 1 m<sup>2</sup> tasokeräin lämmittää käyttövettä vuodessa noin 400 kWh verran, jolloin järjestelmän vuosittainen energiantuotto on:

$$6 \times 400 \text{ kWh} = 2400 \text{ kWh} \quad (1)$$

Sähkön kokonaishinta on tällä hetkellä pienkuluttajalle noin 0,15 € / kWh, jolloin 6 m<sup>2</sup> keräinpinta-alalla tuotetulla energialla säästää vuodessa:

$$2400 \text{ kWh} \times 0,15 \text{ €} = 360 \text{ €} \quad (2)$$

Takaisinmaksuaikalaskenta on hyvä ja helppo tapa laskea, missä ajassa investointi on maksanut itsensä takaisin. Laskennan huono puoli on kuitenkin se, ettei se ota huomioon korkoa. Takaisinmaksuaika lasketaan jakamalla investoinnin hankintamenot sen tuottamalla vuosittaisella nettotuotolla:

$$\frac{3000 \text{ €}}{360 \text{ €}} \approx 9 \text{ vuotta} \quad (3)$$

Annuiteetilaskennan avulla saadaan selville tasaeran suuruus, kun investointi on ostettu korollisella lainalla. Laskelma perustuu 3000 € lainaan, jonka vuotuinen korkoprosentti on 2 %, laina-aika 5 vuotta ja lyhennys suoritetaan kuukausittain. Kuukausittaiseksi tasaeräksi tulee:

$$A = Kq^n \frac{1-q}{1-q^n} = 3000 \times 1,00167^{5 \times 12} \times \frac{1-1,00167}{1-1,00167^{5 \times 12}} = 52,59 \text{ €} \quad (4)$$

A = tasaerä

K = lainan suuruus

n = tasaerien lukumäärä

q = korkokerroin

Korkokerroin  $q$ , kun maksu suoritetaan kuukausittain:

$$q = 1 + \frac{1}{12} \times 0,02 = 1,00167 \quad (5)$$

Kun järjestelmän kuukausittainen säästö vähennetään kuukausittaisesta tasalyhennyksestä, jää maksettavaksi:

$$52,59 \text{ €} - \frac{360 \text{ €}}{12} = 22,59 \text{ €} \quad (6)$$

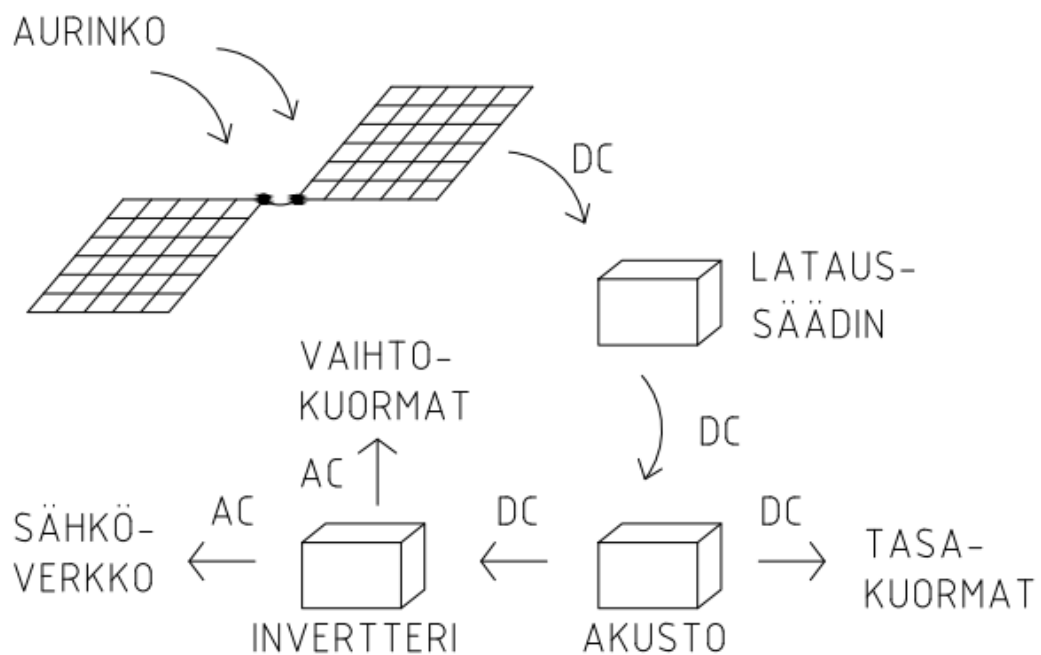
Viiden vuoden kuluttua, kun laina on maksettu, tuottaa aurinkolämpöjärjestelmä pelkästään säästöä.

## 5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Tämä luku kertoo aurinkosähköjärjestelmän rakenteesta, toimintaperiaatteesta ja käyttökohteista.

### 5.1 Aurinkosähköjärjestelmän rakenne

Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa auringonsäteilystä sähköä. Järjestelmän rakenteesta riippuen järjestelmästä voi saada joko tasa- tai vaihtosähköä tai molempia. Kuviossa 5 on esitetty periaatteellinen kuva aurinkosähköjärjestelmän rakenteesta, jossa on mahdollisuus syöttää sekä tasa- että vaihtosähkökuormia. Ottamalla lataus- säätimen ja akuston pois, tulee järjestelmästä pelkästään 230 V-vaihtosähköjärjestelmä ja vastaavasti ottamalla invertterin pois, tulee järjestelmästä 12/24 V-tasasähköjärjestelmä.



**Kuvio 5.** Tasa- ja vaihtokuormaa syöttävä aurinkosähköjärjestelmä.

Aurinkosähköjärjestelmä on joko omavarainen tai verkkoon liitetty. Omavarainen järjestelmä on usein 12 V/24 V-tasasähköjärjestelmä ja valtakunnan verkkoon liitetty 230 V-vaihtosähköjärjestelmä.

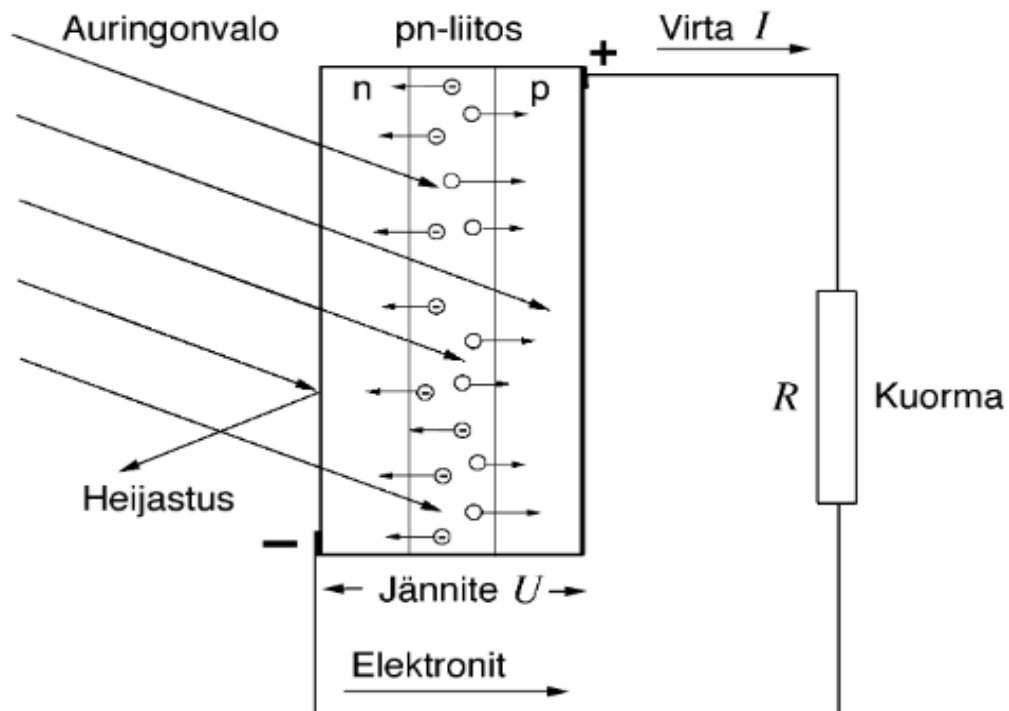
### 5.1.1 Paneelit

Aurinkosähköjärjestelmän paneelit koostuvat kennoista, jotka on kytketty sarjaan. Yleisin aurinkopaneeleissa käytetty puolijohdemateriaali on pii, joka voi olla joko yksikiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Yksikiteinen pii on suosituin paneelimateriaali, sillä sen hyötysuhde on parhain. Yksikiteinen pii on kuitenkin materiaalina hidas ja hankala työstää, joten yksikidepaneelit ovat hieman muita kalliimpia. Yksikiteisessä piissä atomit ovat tarkasti järjestäytyneitä. /7/

Monikiteistä piitä pystyy hyödyntämään enemmän ja helpommin, ja siksi siitä valmistetut paneelit ovat yksikidepaneeleja halvempia. Monikiteisellä paneelilla on kuitenkin yksikiteistä huonompi hyötysuhde. Toisin kuin yksikiteisessä piissä, on monikiteisen piin atomit epäjärjestyksessä. /7/

Amorfinen pii on harvinaisempi paneeleissa käytetty puolijohdemateriaali. Amorfista piitä käytetään niin sanottujen ohutkalvopaneelien valmistukseen. Ohutkalvopaneelilla on pienempi teho pinta-alaa kohden, kun verrataan yksi- tai monikiteiseen paneeliin. /7/

Kennot ovat puolijohdekomponentteja, jotka koostuvat kahdesta erityyppisestä puolijohdekerroksesta rajapinnan eri puolilla. Kuviossa 6 on esitetty aurinkopaneelin toimintaperiaate. Auringonsäteet paistavat n-tyypin puolijohteeseen ja osa valohiukkasista läpäisee pn-liitoksen ja muodostaa elektroni-aukkopareja. Rajapintaan muodostuu sähkökenttä, ja varaustenkuljettajien vuoksi on mahdollista saada käytettyä syntynyttä jännitettä ulkoiseen piiriin. /15/



**Kuvio 6.** Aurinkopaneelin toimintaperiaate. /15/

Teoreettisesti piikennojen hyötysuhde on 31 %, mutta liitosten häviöiden, resistanssin ja lasin heijastumien takia on tämän hetkinen todellinen hyötysuhde alle 18 % /15/. Paneelin hyötysuhde kuvastaa sitä, kuinka paljon säteilyenergiasta pystytään todellisuudessa muuttamaan sähköksi /7/.

### 5.1.2 Invertteri

Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, joka tulee muuttaa vaihtosuuntaajalla eli invertterillä vaihtosähköksi ennen verkkoon liittämistä. Invertterin katkoja pilkkoo tasasähkön kantiaalloksi, jonka jälkeen jännite muuttuu sinimäiseksi suodatinpiirien ansiosta /18/. Invertteri koostuu puolijohdekomponenteista, joita on esimerkiksi IGBT (=Insulated Gate Bipolar Transistor) ja GTO (=Gate Turn-off Thyristor).



Tulojännitteenä voi olla 12 V, 24 V tai 48 V ja ulostulojännitteenä 110 V tai 240 V. Invertterissä tapahtuu häviöitä, joten se vaikuttaa aurinkosähköjärjestelmän kokonaishyötysuhteeseen. Pelkän invertterin hyötysuhde on noin 80–90 % riippuen invertterin tehosta ja kuormasta. /7/

Invertteri voi olla joko muuntajallinen tai muuntajaton. Muuntajallinen aiheuttaa muuntajamattomaan invertteriin verrattuna enemmän tehohäviöitä. Muuntajallisen invertterin hyvä puoli on kuitenkin se, että se erottaa tasa- ja vaihtosähköpuolet galvaanisesti toisistaan ja sen ulostulojännite on sinimuotoista. Vaihto- ja tasasähköpuolen tehoissa on enemmän eroja, kun käytetään muuntajallista invertteriä. /15/

Usein järjestelmässä on joko invertteri tai akusto, riippuen siitä, tahdotaanko kuormaa syöttää tasa- vai vaihtosähköllä ja onko järjestelmä verkkoon liitetty vai oma-varainen. On myös mahdollista, että järjestelmässä on molemmat komponentit, jolloin vaihtosähkökuormia syötetään invertterin kautta ja tasasähkökuormia akustosta. Sähköverkkoon liitetyssä järjestelmässä invertteri hoitaa verkkoon tahdistuksen.

Invertterillä on myös mahdollista kerätä tietoa aurinkosähköjärjestelmän tuotosta. Esimerkiksi Danfoss TLX-invertteri pystyy tarkkailemaan paneelien tuottamaa jännitettä ja lisäksi syötettävän verkon tilaa ja laatua. Invertteri kerää tiedon serverille, esimerkiksi Ethernet-liitynnän kautta tai GSM-modeemilla. /9/

### 5.1.3 Akut

Akkuun voidaan varastoida energiaa sähkökemiallisesti. Aurinkosähköjärjestelmän akut varastoivat 12/24 V tasasähköä, jota syötetään piirin tasasähkökuormille. Aurinkosähköjärjestelmän akut eivät voi varastoida energiaa ”ikuisesti”, vaan yleisesti puhutaan päivä- tai viikkotasoisesta varastoinnista.

Aurinkosähköjärjestelmän akun tulee kestää syväpurkautumista ja vaatia vain vähän huoltoa eikä se saa aiheuttaa itsepurkautumista. Lisäksi sen lataushyötysuhteen tulee olla hyvä, jotta järjestelmän kokonaishyötysuhde ei kärsi liikaa. Koska aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähkö ja sen käyttö on hyvin kausittaista, tulee akun kestää nopeaa lataus/purkaus-kiertoa.

Akut jaotellaan erityyppisiksi sen mukaan, minkälaisista elektrodeista se koostuu ja onko elektrodien välissä elektrolyyttiaineena geeli vai jokin neste. Yleisin aurinkosähköjärjestelmässä käytetty akku on lyijyakku, joka koostuu lyijylevyistä ja nesteenä on rikkihappoliuosta. Lyijyakku on edullinen ja hyvä suorituskyvyltään, mutta se ei kuitenkaan kestä yhtä hyvin syväpurkauksia kuin esimerkiksi nikkeli-kadmiumakku. Nikkeli-kadmiumakku on lyijyakkua pitkäikäisempi, mutta myös kalliimpi. /7/

Akusto täytyy olla mitoitettu kulutuksen ja järjestelmän koon mukaan, jotta järjestelmän hyöty saadaan maksimoitua. Mitoituksen lähtökohtana voidaan pitää sitä, että akuston kapasiteetin tulee vastata 2–50 vuorokauden kulutusta. /7/

#### **5.1.4 Lataussäädin**

Lataussäädintä tarvitaan vain, jos aurinkosähköjärjestelmään on liitetty akusto. Lataussäädin kontrolloi aurinkosähköpaneelilta akuille kulkevaa jännitettä niin, ettei akusto kärsisi siitä. Se estää yllilatauksia ja syväpurkauksia ja pidentää näin akuston käyttöikää.

## **5.2 12/24 V-aurinkosähköjärjestelmä ja sen käyttökohteet**

12/24 V-omavarainen aurinkosähköjärjestelmä on hyvä paikkoihin, joissa ei ole 230 V-valtakunnan verkkoon liitettyä järjestelmää. Järjestelmällä voidaan syöttää suoraan tasakuormia ja varastoida energiaa akustoihin. Kuormaksi käy mikä tahansa 12/24 V-tasajännitteellä toimiva laite, esimerkiksi jääkaappi, kahvinkeitin tai vesipumppu.

Aurinkosähköjärjestelmä voidaan asentaa myös veneeseen, jolloin sen tuottamalla 12/24 V-tasasähköllä voidaan syöttää esimerkiksi veneen kattovaloa tai pyyhki-jöitä. Veneeseen tarkoitetut aurinkopaneelit ovat usein taipuisia ja ohuita, jolloin niiden sijoittaminen ja asentaminen on helpompaa.

### 5.3 230 V-aurinkosähköjärjestelmä ja sen käyttökohteet

230 V-järjestelmän tuottamaa sähköä voidaan käyttää kaikkiin 230 V-verkkoon liitettyihin laitteisiin, esimerkiksi jääkaappiin, televisioon, kotiteatterijärjestelmään jne. Lisäksi aurinkosähköä voi käyttää käyttöveden tai huoneiden lämmitykseen lämmitysjärjestelmästä riippuen. Jos järjestelmä on liitetty valtakunnan verkkoon, voi sinne verkonhaltijan luvalla siirtää omasta tarpeesta ylijääneen sähkön.

### 5.4 230 V-järjestelmän takaisinmaksuajan esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelmalla on helppo miettiä järjestelmän hankkimisen kannattavuutta. Tämä esimerkkilaskelma on Eurosolarin listahintoihin pohjautuva.

- 3-vaiheinen verkkoon kytketty 10 120 W Grid Power 230 V-järjestelmä, sisältää paneelit, invertterin, ylijännitesuojan ja kattotelineet
- Järjestelmän hinta 22 630 € /11/

10 120 W järjestelmä tuottaa vuositasolla energiaa noin 8 800 kWh /11/. Tällä hetkellä sähkön kokonaishinta, joka sisältää sekä energia- että siirtomaksun, on pienkuluttajalle noin 0,15 € / kWh. 8 800 kWh energiaa maksaa siis:

$$8\,800\text{ kWh} \times 0,15\text{ €} = 1\,320\text{ €} \quad (7)$$

Tämän perusteella aurinkoenergiajärjestelmä säästää energiakustannuksissa 1 320 € vuodessa.

Takaisinmaksuaika saadaan jakamalla järjestelmän hinta vuotuisella säästöllä:

$$\frac{22\,630\text{ €}}{1320\text{ €}} = 17,14 \quad (8)$$

- Kyseinen järjestelmä maksaa itsensä takaisin reilussa 17 vuodessa, jos järjestelmän investointiin ei tarvitse ottaa korollista lainaa.

Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuajat ovat tällä hetkellä hyvin pitkiä niiden kovan hinnan takia. Tekniikan kehittyessä ja järjestelmien yleistyessä tulevat hinnat

mitä luultavimmin tippumaan ja aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuajat lyhennemään.

Takaisinmaksuaikalaskelman lisäksi voi järjestelmän järkevyyttä pohtia annuiteettilaskelmalla. Annuiteettilaskelma kertoo tasaeran suuruuden, jossa on otettu huomioon lainan korko. Laskelman pohjalla on 22 630 € laina, jonka korko on 2 %, laina-aika 5 vuotta ja lyhennys maksetaan kuukausittain. Kuukausittaiseksi tasaeräksi muodostuu:

$$A = Kq^n \frac{1-q}{1-q^n} = 22\,630 \times 1,00167^{5 \times 12} \times \frac{1-1,00167}{1-1,00167^{5 \times 12}} = 396,69 \text{ €} \quad (9)$$

A = tasaerä

K = lainan suuruus

n = tasaerien lukumäärä

q = korkokerroin

Korkokerroin lasketaan seuraavasti:

$$q = 1 + \frac{1}{12} \times 0,02 = 1,00167 \quad (10)$$

Kun otetaan huomioon järjestelmän energiatuoton aiheuttama säästö, jää viiden vuoden ajaksi kuukausittain maksettavaksi:

$$396,69 \text{ €} - \frac{1\,320 \text{ €}}{12} = 286,69 \text{ €} \quad (11)$$

Viiden vuoden jälkeen, kun laina on maksettu, järjestelmä tuottaa puhdasta säästöä 1 320 € vuodessa.

## **6 SÄHKÖVERKKOON LIITETTY AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ**

Tämä luku kertoo sähköverkkoon liitetystä aurinkosähköjärjestelmästä. Luvussa käsitellään liittämisen vaadittavia asioita ja niiden vaikutusta järjestelmään.

### **6.1 Sähköverkkoon liittämiseen tarvittavat luvat ja asiakirjat**

Jotta aurinkosähköjärjestelmän voi asentaa ja liittää sähköverkkoon, tulee varmistaa omalta kunnaltaan tarvitseeko asentamiseen kunnan rakennusluvan tai toimenpideluvan. Luvat eivät aina ole pakollisia, vaan riippuvat kunnasta sekä asennustavasta ja paikasta. /12/

Mahdollisen rakennusluvan tai toimenpideluvan lisäksi tulee laitteistosta kerätä sähkölaitoksen vaatimat asiakirjat, kuten tekniset dokumentaatiot, ja niiden tulee täyttää sähkölaitoksen vaatimukset. Vaatimukset koskevat sähköturvallisuus- ja sähkömarkkinalain säädöksiä, esimerkiksi invertterin ja sähkön laadun osalta. /14/ Standardeja ja määräyksiä käsitellään tarkemmin kappaleessa 7.1.

### **6.2 Tariffit ja liittymisestä aiheutuvat kustannukset**

Tässä kappaleessa käsitellään valtakunnan verkkoon liittymisestä aiheutuvia kustannuksia ja tariffeja.

#### **6.2.1 Liittymismaksu**

Jos järjestelmä täyttää vaaditut säännökset muun muassa sähköturvallisuuden ja sähkön laadun osalta, on liittymismaksu ainoa liittymisestä aiheutuva kustannus. Sähkömarkkinalaki määrää, ettei alle 2 MVA tuotantolaitokselta voi periä liittymismaksuna muuta kuin kyseistä laitosta syöttävän verkon rakennuskustannukset. Jos verkkoa joudutaan vahvistamaan, on verkonhaltija vastuussa näistä kustannuksista. /14/

### **6.2.2 Siirtomaksut**

Jakeluverkkoon (20 kV) liittyneeltä pientuotantolaitokselta saadaan vuositasolla periä siirtomaksuna enintään 0,07 snt / kWh. Pientuotantolaitoksen tuottama energiamäärä on kuitenkin niin pieni, että joskus itse perimisen hinnaksi tulee enemmän kuin laskun. Koska siirtomaksun periminen on verkkoyhtiön päätettävissä, ei jokainen yhtiö vaadi sitä pientuottajien kohdalla. /12/

### **6.2.3 Tariffien määräytyminen**

Tuottajalle maksettava tariffi ei ole määrätty missään, vaan se on tuotantolaitoksen omistajan ja sähköyhtiön välinen päätös. Sähkömarkkinoiden toimintaperiaatteiden kannalta olisi kuitenkin hyvä, että joku omistaisi aina verkossa olevan sähkön /12/. Niin sanottu omistamaton sähkö sekoittaa sähkömarkkinoita, mikä muodostuu ongelmaksi, jos pientuotantolaitostoiminta lisääntyy.

Energiamarkkinavirasto on luvannut ilmoittaa mikrotuotettua sähköä ostavista myyjistä Sähkönhinta.fi-palvelussa. Tämän seurauksena asiakkaan on helppo käydä tarkistamassa markkinahinnat ja kilpailuttaa oma ylijäämänsä. /12/ Yhä useampi sähkölaitos on valmis maksamaan ylijääneestä sähköstä sovittua tariffia, vaikka sähköntuotto olisikin satunnaista ja vähäistä.

## **6.3 Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suojaus**

Sähköverkkoon liittäminen vaatii suojaukselta paljon. Tässä kappaleessa käsitellään erilaisia vikatilanteita, niiden seurauksia ja sitä, miten niitä voidaan välttää.

### **6.3.1 Saarekekäytön estäminen**

Saarekekäytöllä tarkoitetaan tilannetta, jossa tuotantolaitos jää yksin syöttämään verkkoa. Tämä on verkon ja sen käyttäjien kannalta huono tilanne, sillä pieni tuotantolaitos, kuten pientalon aurinkosähköjärjestelmä, ei pysty pitämään yllä vaadittua jännitetasoa. Jännitetason heittäminen voi rikkoa verkon käyttäjien laitteita. Lisäksi tilanne on vaarallinen sähköverkon huoltokatkon aikana, sillä tuotantolaitoksen tyhjään verkkoon käynnistyminen voi aiheuttaa hengenvaaran huoltotyöntekijöille.

Saarekekäytön estämiseen riittää yleensä riittävät taajuus- ja jännitesuojat. On kuitenkin suositeltavaa asentaa vielä erillinen saarekekäytönestosuojaus, jos saareke-tilanteet ovat vähääkään todennäköisiä laitokselle. /13/

### **6.3.2 Tarpeettoman erottamisen estäminen**

Tarpeettomalla erottamisella tarkoitetaan sitä, kun tuotantolaitos kytkeytyy irti verkosta ilman syytä. Tähän syynä ovat usein viereisten lähtöjen jännitekuopat ja viat, jotka saavat saarekekäytönestosuojauksen ja pikajälleenkytkennän reagoimaan herkkyytensä vuoksi.

Tarpeetonta erottamista voi yrittää estää säätämällä saarekekäytönestosuojausta ja pikajälleenkytkentää niin, etteivät ne reagoisi niin helposti. Hidastaminen saattaa kuitenkin verottaa kyseisiä suojauksia. /13/

### **6.3.3 Ylivirtasuojauksen hidastuminen**

Ylivirtasuojauksen hidastumisessa suojaus hidastuu tai estyy kokonaan toimimasta. Hidastumiseen vaikuttaa voimalan teho ja etäisyys laitokselta, sillä mitä suuritehoisempi ja mitä kauempana laitokselta, sen yleisempi ongelma on.

Ylivirtasuojauksen hidastumiseen ja estymiseen voi vaikuttaa säätämällä ylivirtasuojausta. Usein on myös syytä varmistaa voimalan nopea erottaminen verkosta mahdollisen suojauksen liiallisen hidastumisen tai estymisen takia. Näin vältetään hidastumisesta aiheutuvia ongelmia, kuten liian myöhäistä vikaan reagoimista. /13/

### **6.3.4 Vaikutus pikajälleenkytkentöihin**

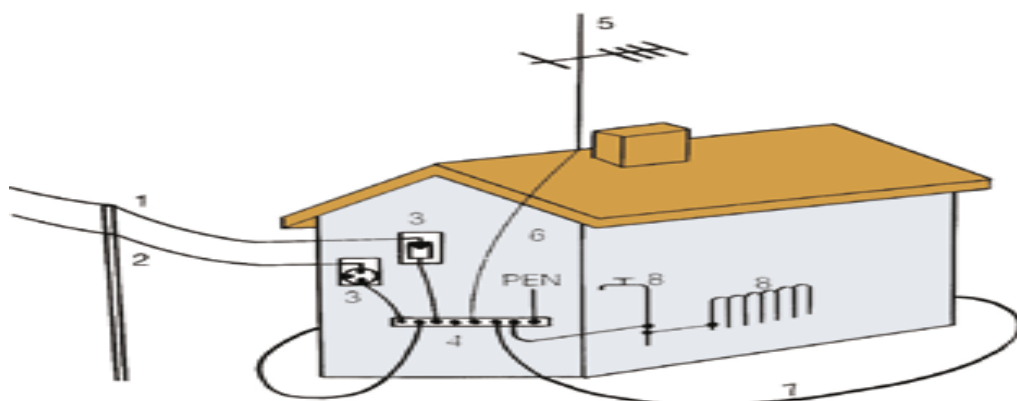
Tuotantolaitos voi aiheuttaa ongelmia pikajälleenkytkentöihin. Jos vikapaikassa palaa sammuttamaton valokaari, estää se pikajälleenkytkennän toiminnan niin kauaksi aikaa, kunnes valokaari sammuu. Väärään aikaan tapahtuva pikajälleenkytkentä voi myös tuhota laitoksen laitteita, sillä palaava jännite verkosta irtautumattomaan laitokseen aiheuttaa tahdistamattoman kytkennän.

Jotta pikajälleenkytkennät toimisivat halutulla tavalla ja nopeudella, tulee tuotantolaitoksen suojauksessa huomioida riittävän nopea verkosta erottaminen vikatilanteen sattuessa. Lisäksi muiden suojauksien tulee olla kunnossa tukemassa pikajälleenkytkentöjen toimimista. /13/

### 6.3.5 Ukkossuojaus ja maadoittaminen

Ukkossuojauksella suojataan rakennus ja sen laitteet salaman aiheuttamilta tuhoilta johdattamalla salama ukkosjohdinta pitkin maahan. Salaman isku aiheuttaa suuren ylijännitteen järjestelmään, ja voi näin tuhota laitteita ja olla vaaraksi ihmisille ja eläimille. Kuviossa 7 on esitetty rakennuksen ukkossuojaus- ja maadoitusjärjestelmän rakenne, jossa:

- 1 = sähköjohto
- 2 = telejohto
- 3 = ylijännitesuoja
- 4 = maadoituskisko
- 5 = antenni, salamansiappaaja
- 6 = maadoitusjohdin antennille
- 7 = rakennuksen maadoitus
- 8 = rakennuksen metalliosien maadoitus
- PEN = yhdistys pääkeskuksen maadoitusjohtimeen. /11/



**Kuvio 7.** Periaatekuva talon maadoittamisesta. /11/



Ukkossuojaus toteutetaan johdattamalla sieppaajan keräämät salamat turvallisesti ja hallitusti maadoituselektrodiin. Maadoituselektrodi sijoitetaan perustuksiin, niiden alle maahan tai vetämällä perustusten ympäri kiertävä elektrodi.

Aurinkosähköjärjestelmää ei vaadita olevan kiinni ukkossuojauksessa, jos ukkossuojausta ei ole (esimerkiksi kesämökillä). Jos rakennuksessa on jo maadoituselektrodi, tulee aurinkosähköjärjestelmä liittää siihen.

#### **6.4 Mittarointi**

Pienimuotoisen tuotantolaitoksen liittymispisteen kaksisuuntainen mittaus on verkkoyhtiön vastuulla. Mittarin tulee pystyä mittaamaan erikseen sekä tuotanto että kulutus, sillä näitä ei saa suoraviivaisesti vähentää toisistaan. Jos oma tuotanto vähennettäisiin suoraviivaisesti kulutuksesta, aiheuttaisi se epätarkkuutta tasehallintaan ja vaikeuttaisi verkkoyhtiön maksujen määrittämistä. /14/

Yli 3x63 A tuotantolaitoksien tulee mitata tuotannon ja kulutuksen lisäksi myös itse tuotantolaitoksen kuluttama sähkö. Tämä mittaus on tuotantolaitoksen omistajan vastuulla, ellei verkonhaltija tarvitse mittaustietoja /14/. Tuotantolaitoksen kuluttama energiamäärää tarvitaan myös sähköveroa varten, jota yli 50 kW laitoksen tulee maksaa. /12/

Kuviossa 8 on esitetty Carlo Gavazzi Oy:n kolmivaiheinen mittari EM24 DIN, joka soveltuu käytettäväksi aurinkosähköjärjestelmässä. Mittarissa on muun muassa sisäänrakennettu ohjelmointiohjain, kannessa LCD-näyttö, ja sillä voidaan mitata vaatimusten mukaisesti erikseen sekä kulutettu että tuotettu sähköenergia. Mittaria on mahdollista saada kahtena eri runkovaihtoehtona, joista toisella voi mitata suoraan 65 A:han asti ja toinen soveltuu virtamuuntajamittaukseen 5 A liitännällä.

EM24 DIN-mittari voidaan varustaa 2 digitaalisella lähdöllä, esimerkiksi erilaisia hälytystoimintoja varten. Lisäksi mittariin on mahdollista saada RS485-sarjaliikenneportti. Mittarin tarkemmat tekniset tiedot löytyvät datalehdestä (LIITE 3).



**Kuvio 8.** Carlo Gavazzi Oy:n EM24 DIN-mittari.

## **7 SÄHKÖVERKKOON LIITETYN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU**

Tämä luku kertoo sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta. Luvussa käsitellään muun muassa suunnittelussa huomioitavia standardeja sekä komponenttien valintaa ja mitoitusta.

### **7.1 Standardien, lakien ja määräyksien huomioiminen**

Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon standardeja, lakeja ja määräyksiä, jotka koskevat muun muassa järjestelmän turvallisuutta sekä sähkön laatua. Näiden standardien ja määräyksien lisäksi myös verkonhaltija asettaa ehtoja sähköverkkoon liitetulle järjestelmälle. Liitteessä 4 on esitetty luettelo suunnittelussa huomioitavista standardeista, laista ja määräyksistä.

#### **7.1.1 ST-kortti 55.33**

ST-kortti 55.33 koskee aurinkoenergiaa hyödyntäviä laitteita ja niiden liittämistä rakennuksen sähkönjakelujärjestelmään. Kortti käsittelee ja kokoaa yhteen lakeja, standardeja ja määräyksiä aurinkoenergiajärjestelmistä. Siinä on lisäksi lueteltu aurinkosähköjärjestelmiä koskevaa kirjallisuutta ja muita julkaisuja lisäämään tietämystä järjestelmistä. Korttiin on liitetty loppuun yleistietolomake, jolla mikrotuotantolaitos (alle 50 kVA) voi hakea verkonhaltijalta liittymislupaa sähköverkkoon.

ST-kortissa käsitellään aurinkosähköjärjestelmän kytkemistä rakennuksen sähkönjakelujärjestelmään koskien kaapelointia ja laitteiden sijoittamista. Lisäksi kortissa kerrotaan eri komponenttien ominaisuuksista ja tarkoituksesta järjestelmässä. Kortissa paneudutaan järjestelmän suojaamiseen ja siihen, milloin tietynlainen suojaus on suositeltavaa ja milloin sitä ei välttämättä tarvitse.

#### **7.1.2 Standardit**

SFS 6000-7-712-standardi käsittelee valosähköisten tehonsyöttöjärjestelmien erikoistilojen ja -asennusten vaatimuksia koskien muun muassa suojauksessa huomi-

oitavia asioita. Standardissa järjestelmää pidetään kuormana ja sähköverkkoa teholähteenä. Standardi määrää, että invertteri täytyy varustaa erotuslaitteella tasa- ja vaihtosähköosasta huoltoa ja vikatilanteita varten. Jos tasa- ja vaihtosähköosat ovat luotettavasti erotettavissa toisistaan, ei tarvita vikavirtasuojaa, sillä invertteri ei pysty syöttämään tasavikavirtaa asennuksiin. Jos järjestelmän tasa- ja vaihtosähköosien välillä on luotettava erotus, on myöskin sallittua maadoittaa yksi jännitteinen johdin tasasähköpuolella. Mahdollisten potentiaalintasausjohtimien tulee olla kaapeleiden ja niiden varusteiden rinnalla ja mahdollisimman lähellä niitä. Standardin mukaan tasasähköosan paneelistokaapeleissa ja tasajännitepääkaapelissa ei tarvita ylikuormitussuojaa, jos kaapelin jatkuva kuormitettavuus on 1,25 kertaa oikosulkuvirta standardoiduissa testausolosuhteissa. Tasasähköosassa suositellaan olevan luokan II suojauslaitteet. Luokka II tarkoittaa, että laitteessa on peruseristyksen lisäksi vielä toinen eristys ensimmäisen vioittumisen varalta.

SFS-EN- 60439-1-standardi koskee jakokeskuksia. Standardi määrittelee, minkälaisia järjestelmän liitäntäkotelon ja jakokeskuksen on oltava. Liitäntäkotelossa ja keskuksessa tulee olla varoitustarra, joka varoittaa mahdollisesta järjestelmän syöttämisestä takajännitteestä.

Jos aurinkosähköjärjestelmässä on akusto, tulee huomioida standardi SFS-EN 50272-2, Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut. Standardi käsittelee suojautumista sähkön, kaasukehityksen ja elektrolyyttien aiheuttamilta vaikutuksilta. Lisäksi standardissa käsitellään akkujen asennusta, käyttöä, tarkastusta ja hävittämistä.

SFS6000-standardi, pienjännitesähköasennukset, koskee asentamista, kaapelointia, kytkentää ja asentamista vaihtosähköosassa. Standardissa määrätään muun muassa, että kaapeli, joka kytkee invertterin sähkökeskukseen, tulee liittää sen laitteen syöttöpuolelle, joka suojaa kulutuslaitteita syötön automaattisella poiskytkennällä. Vaihtosähköosan alkupisteeseen on sijoitettava ylivirtasuojaja, joka suojaa järjestelmän syöttöä oikosululta.

SFS-EN 50160-standardi käsittelee jakeluverkon jännitteen laatua. Verkonhaltija ottaa standardin huomioon, kun kirjoitetaan sopimusta verkkoon liittymisestä. Standardissa käsitellään muun muassa jännitehäiriöitä ja -kuoppia, ylijännitettä, jännitteenalenemaa ja syöttökeskeytyksiä. Tärkeimmät vaatimukset ovat jännitteen suuruutta ja taajuutta koskevia.

SFS-EN 62446-standardi määrittelee minimivaatimukset muun muassa dokumentaatiolle, käyttöönototesteille ja tarkastuksille, koskien sähköverkkoon kytkettyjä aurinkosähköjärjestelmiä.

### **7.1.3 Lait ja määräykset**

Sähköturvallisuuslain 1996/410 ja sähkömarkkinalain 386/1995 sisällöt koskevat myös aurinkosähköjärjestelmiä. Sähköturvallisuuslaissa määritellään muun muassa sähköturvallisuuden taso ja varmentaminen sekä se, kuka saa tehdä sähköalan töitä.

Huomioitavia määräyksiä ovat Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset koskien sähkölaitteistojen turvallisuutta (1193/1999), sähköalan töitä (516/1996) ja sähkölaitteistojen käyttöönottoa ja käyttöä (517/1996).

## **7.2 Komponenttien valinta ja mitoitus**

Tässä kappaleessa käsitellään aurinkojärjestelmän komponenttien valintaa ja niiden mitoitusta.

### **7.2.1 Energiatarpeen määrittäminen**

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu aloitetaan energiatarpeen määrittämisellä. Energiatarpeen suuruus riippuu täysin kulutuksesta ja siitä, tahdotaanko energia tuottaa myös yli oman tarpeen jakeluverkkoon syötettäväksi. Aurinkopaneelit vievät kuitenkin paljon tilaa, joten usein käytettävä pinta-ala on tehon tarvetta määräävämpi tekijä /3/.

Määritettäessä energiatarvetta on myös huomioitava tehotuottoon vaikuttavat häviöt, joita syntyy muun muassa johdoissa ja invertterissä. Laskennan perusteena

voidaan pitää sitä, että yhtä paneelin nimelliswattia kohden saadaan tuotettua hie-  
man alle 1 kWh energiaa /7/.

### 7.2.2 Paneelit

Paneelit valitaan niin, että niiden tehomäärällä saavutetaan haluttu energiantuotto.  
Tehomäärän lisäksi on huomioitava muun muassa seuraavat asiat:

- paneelien asennuspaikka → käytettävissä oleva pinta-ala
- yksi-, moni- vai ohutkalvopaneeli → hyötysuhde, valoherkkyys, tehokkuus
- kustannukset, esimerkiksi € / W.

Paneeleja valittaessa on hyvä huomioida myös valmistajan asettamat paneelikoh-  
taiset asennusohjeet ja suositukset, sekä paneelin tuottama virta ja jännite ja niiden  
vaikutus järjestelmään.

### 7.2.3 Invertteri

Invertterin tulee olla aurinkosähköjärjestelmään tarkoitettu. Aurinkosähköjärjestel-  
män invertterin ominaisuudet eroavat normaalista invertteristä muun muassa suo-  
jauksen suhteen.

Invertteri valitaan paneelien kokonaistehon mukaan. Invertteri suositellaan valitta-  
vaksi niin, että sen teho on vähintään paneelien yhteenlasketun nimellistehon ver-  
ran. Invertterin maksimiteho voi kuitenkin olla alle paneelien nimellistehon, sillä  
käytännössä paneelit harvemmin yltyvät nimellistehoonsa asti. /18/ Paneelitehon yli  
mitoitettu invertteri pystyy kuitenkin paremmin hyödyntämään paneelien maksimi-  
tehopiikit.

Suurissa järjestelmissä on yleensä useampi invertteri, sillä se on yhden ison invert-  
terin käyttämistä kustannustehokkaampaa. Asuinrakennusten järjestelmät ovat  
usein niin pieniä, että yksi yksivaiheisesti kytketty invertteri riittää. Yli 3,7 kW:n  
järjestelmät tulee aina kytkeä kolmivaiheisesti /3/. Kolmivaiheisessa järjestelmässä  
voidaan joko asentaa jokaiselle vaiheelle oma yksivaiheinen invertteri tai käyttää  
yhtä kolmivaiheista invertteriä.

Hyvä invertteri huolehtii koko järjestelmän suojauksesta, joten vaihtoehtoja kannattaa vertailla keskenään parhaan mahdollisen invertterin löytämiseksi. Invertterin tulee myös täyttää verkonhaltijan vaatimukset, jotta järjestelmä saadaan liittää verkkoon.

#### 7.2.4 Kaapelit

Paneelien kaapelit mitoitetaan kestävämmän paneelien virtaa. Invertterin syöttökaapelit mitoitetaan invertterin koon mukaan.

Järjestelmän kaapelien täytyy kestää ulkoisia olosuhteita, kuten jäätä ja auringon säteilyä. Kaapelin valinnassa tulee ottaa huomioon siitä aiheutuvat tehohäviöt, jotka nousevat helposti suureksi aurinkosähköjärjestelmän alhaisen jännitetasen vuoksi. Tehohäviöt voidaan laskea seuraavalla kaavalla: (12)

$$P_H = I^2 \times R \quad (12)$$

missä  $P_H$  = tehohäviö (W),  $I$  = johtimessa kulkeva virta (A) ja  $R$  = johtimen resistanssi ( $\Omega$ ).

Mitä pienempi johtimen resistanssi on, sen parempi. Resistanssiin vaikuttavat johtimen poikkipinta-ala, pituus ja ominaisresistanssi.

Tehohäviö saadaan prosenteiksi seuraavalla kaavalla: (13)

$$P(\%) = \frac{P_H}{P_N} \times 100 \quad (13)$$

missä  $P_H$  = tehohäviö (W) ja  $P_N$  paneelin nimellisteho (W).

Finnwindin suositus on, että tehohäviöt ovat enintään 2–3 % paneelin nimellistehosta.

Aurinkosähköjärjestelmän paneelien kaapelit tulevat usein paneelien mukana laite-toimittajan mitoittamana. Suositellut paneelikoot löytyvät usein myös invertterin asennusmanuaalista. Kaapelin poikkipinta-ala perustuu virran suuruuteen, kaapelin

pituuteen ja materiaaliin. Alla oleva taulukko 2 on Eurosolarin julkaisema kaapelin poikkipinta-alan mitoitusaulukko aurinkosähköjärjestelmän tasasähköpuolelle.

**Taulukko 2.** Paneelikaapelin poikkipinta-alan mitoitusaulukko. /11/

MATKA (m)						
A	5	10	15	20	25	30
2	0,31	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88
4	0,63	1,25	1,88	2,50	3,13	3,75
6	0,94	1,88	2,81	3,75	4,69	5,63
8	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50
10	1,56	3,13	4,69	6,25	7,81	9,38
12	1,88	3,75	5,63	7,50	9,38	11,25
14	2,19	4,38	6,56	8,75	10,94	13,13
16	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00
18	2,81	5,63	8,44	11,25	14,06	16,88
20	3,13	6,25	9,38	12,50	15,63	18,75
25	3,91	7,81	11,72	15,63	19,53	23,44
30	4,69	9,38	14,06	18,75	23,44	28,12
35	5,47	10,94	16,41	21,88	27,34	32,81

### 7.2.5 Keskus

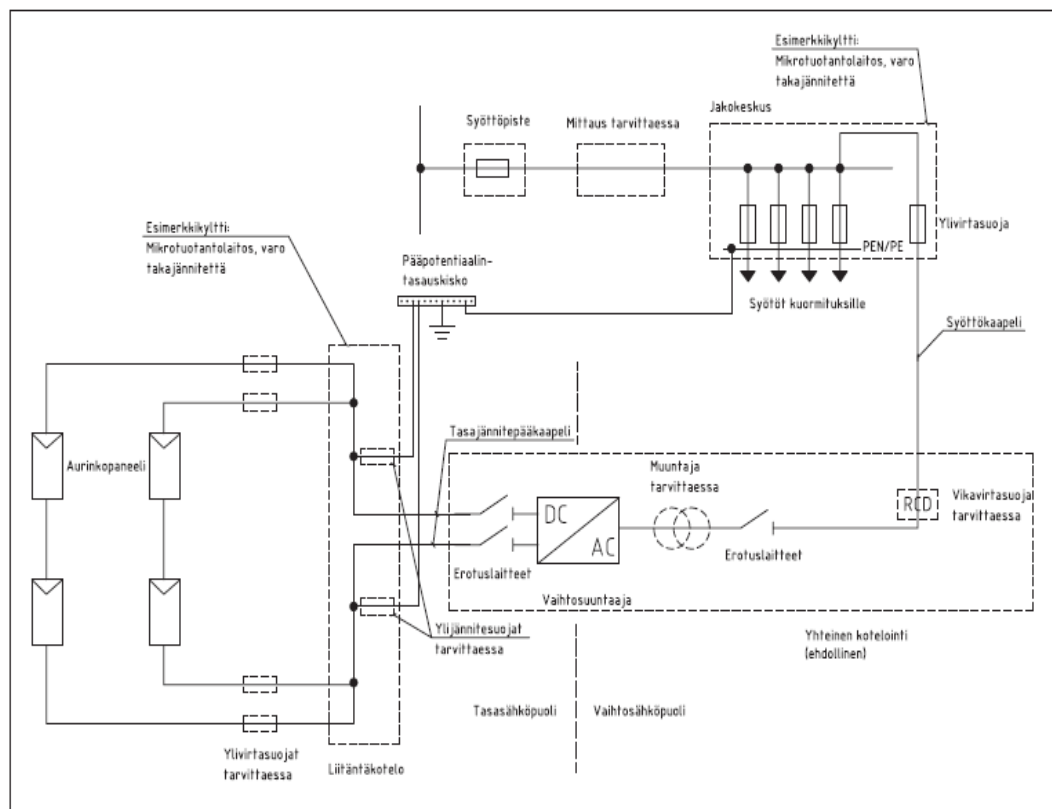
Keskus on mitoittava niin, että siinä on riittävästi tilaa aurinkosähköjärjestelmän komponenteille, kuten kaapeleille, ylivirtasuojalle ja mahdollisille vikavirtasuojille sekä mittauslaitteistolle.



Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on hyvä huomioida myös mahdollinen laajeneminen. Mahdollisen laajenemisen vuoksi keskuksen on hyvä jättää ylimääräistä tilaa. Keskuksen tulee olla standardin SFS-EN 60439-1 mukainen ja se on syytä varustaa takajännitteestä varoittavalla kilvellä.

### 7.3 Aurinkosähköjärjestelmän asennus

Aurinkosähköjärjestelmä kytketään koon mukaan joko yksi- tai kolmivaiheisesti. Kuviossa 9 esitetään aurinkosähköjärjestelmän kytkentä verkkoon. Aurinkosähköjärjestelmää asennettaessa on huomioitava standardien ja järjestelmävalmistajan määräykset siitä, kuinka laitteisto tulee asentaa. Maallikko saa kytkeä tasasähköosan, mutta on suositeltavaa käyttää sähköalan ammattilaista koko järjestelmän asennuksessa.



**Kuvio 9.** Aurinkosähköjärjestelmän kytkentäkuva. /3/

### 7.3.1 Paneelien suuntaus, kallistus ja kytkentä

Paneelien suuntauksella ja kallistumalla on suuri vaikutus järjestelmän energiantuottoon. Kiinteä kallistuskulma määräytyy käyttöajan mukaan:

- tuotantoaikana kesä: optimaalinen kallistuskulma 30 °
- tuotantoaikana talvi: optimaalinen kallistuskulma 75–90 °
- tuotantoaika ympäri vuoden: optimaalinen kallistuskulma 45 °.

Kiinteää kallistuskulmaa ei tarvitse määrittellä, jos järjestelmään asennetaan seurantalaitte. Seurantalaitteita on kolmenlaisia, joista paras seuraa auringonsäteilyä muuttamalla sekä paneelien suuntausta että kallistuskulmaa. Tämän lisäksi ovat olemassa seurantalaitteet, joista toinen muuttaa vain suuntausta ja toinen kallistuskulmaa. Seurantalaitte parantaa huomattavasti energiantuottoa.

Suomessa suotuisin ilmansuunta paneeleille on etelä. Sijoitettaessa paneeleita on huomioitava myös mahdolliset varjot, jotka vaikuttavat negatiivisesti energiantuottoon. /7/

Paneelit kytketään sarjaan tai rinnan. Rinnankytkentä kasvattaa järjestelmän ulostulovirtaa ja sarjaankytkentä ulostulojännitettä. Yksi paneeli tuottaa paneelikoosta riippuen noin 25–35 V jännitteen ja 6–8 A virran. Yhden paneelin tuottaman alhaisen ulostulojännitteen vuoksi kytkentätapana käytetään sarjaankytkentää /3/.

Paneeli kytketään + ja - -johtimilla ja asennettaessa on varmistettava oikeanapaisuus järjestelmän toimivuuden vuoksi. Paneelikaapelit kytketään invertteriin yleensä MC4-liittimillä.

### 7.3.2 Invertterin sijoitus ja kytkentä

Suuremmissa järjestelmissä on suositeltavaa asentaa invertteri paneelien läheisyyteen, jotta kaapelikustannukset pysyvät pienempinä. Pienemmissä järjestelmissä invertterin sijoittamisella ei ole suurta merkitystä.

Pienen järjestelmän mikroinvertteri voidaan kytkeä jokaisen paneelin perään. Suuremmissa järjestelmissä invertteri kytketään usein paneeliketjun/ketjujen perään.

## 7.4 ”Step-by-step”-ohje suunnittelijoille

Tämä ”Step-by-step”-ohje sisältää kootun ohjeen aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta.

### 1. Määritä energian tarve (kappale 7.2.1)

- Huomio tehontarve ja/tai käytettävissä oleva pinta-ala.
- Huomioi tehohäviöt.

### 2. Paneelien ja invertterin valinta (kappaleet 7.2.2 ja 7.2.3)

- Paneelit valitaan energian tarpeen mukaan.
- Invertteri(t) valitaan paneelien nimellistehon mukaan.
- Huomioi häviöt, invertterin suojausominaisuudet ja järjestelmän 1- / 3-vaiheisuus.

### 3. Kaapeloinnin mitoitus (kappale 7.2.4)

- Paneelien kaapelit mitoitetaan niin, että ne kestävät paneelien tasavirtaa.
- Invertterin syöttökaapeli mitoitetaan invertterin tehon mukaan.
- Huomioi vaatimukset koskien kaapelien tehohäviöitä, jännitteenalennamaa ja kestävyyttä (tuuli, lumi, jää).

### 4. Keskuksen suunnittelu (kappale 7.2.5)

- Mitoita riittävän suureksi, huomioi myös mahdollinen laajeneminen.
- Jätä tarpeeksi tilaa kaapeleille, ylivirtasuojalle sekä mahdollisille vikavirtasuojille ja mittaukselle.

### 5. Akuston valinta ja mitoitus (kappaleet 5.1.3 ja 5.1.4)

- Mitoita akusto tasavirran mahdollista sähkökemiallista varastoitumista varten.
- Valitse lataussäädin paneelien ja akuston väliin.

- Mitoitus kulutukseen ja järjestelmän kokoon perustuen, akuston kapasiteetin tulee vastata 2–50 vuorokauden kulutusta.

## 6. Järjestelmän asentaminen (kappale 7.3)

- Huomioi paneelien kallistuskulmat ja suuntaus sekä telineiden kestävyys.
- Huomioi paneelivalmistajan antamat asennusohjeet.
- Huomioi sähkötyöturvallisuusstandardit.

## 7.5 Aurinkosähköjärjestelmän esimerkkisuunnitelma

Tässä kappaleessa esitetään keskikokoisen aurinkosähköjärjestelmän esimerkkisuunnitelma, joka sisältää komponenttien mitoituksen sekä järjestelmän periaatekaavion ja pääkaavion.

Suunnitelma perustuu energiatarpeeseen, joka on noin 8 000 kWh / vuosi. Energiämäärän tuottamiseen tarvitaan paneelitehoa noin 9 000 W.

Kun paneeliteho on määritetty, valitaan paneelit. Energiatarve saadaan täytettyä, kun valitaan 36 kpl 245 W monikidepaneelia, esimerkiksi Eurosolarin Hanwha SF-245 W-paneelia, joiden listahinta on 310 € / kpl /11/. Paneelien kokonaistehoksi  $P_P$  saadaan:

$$P_P = 245 \text{ W} * 36 = 8\,820 \text{ W} \quad (14)$$

Seuraavaksi valitaan invertteri. Valintaan vaikuttaa järjestelmän koko, jonka takia asennus tulee tehdä 3-vaiheisesti. Invertteriksi valitaan 3-vaiheinen Danfoss TLX 10 kW-invertteri. Taulukossa 3 on esitetty valitun invertterin tekniset tiedot.

Danfoss TLX kestää 1000 V tasajännitteen. Paneelit kytketään kahteen ketjuun, joissa jokaisessa on 18 kpl paneeleja. Valittu paneeli tuottaa maksimissaan noin 30 V jännitteen, jolloin paneeliketjun tuottamaksi kokonaisjännitteeksi  $U_P$  saadaan:

$$U_P = 30 \text{ V} * 18 = 540 \text{ V} \quad (15)$$

Jännite ei kasva rinnankytkennässä, joten jännite ei nouse liian suureksi, sillä  $U_P$  ei ole yli 1000 V.

Virra ei kasva sarjankytkennässä, joten yhden kaapeliketjun virraksi tulee:

$$I_{1P} = \frac{P}{U} = \frac{245 \text{ W}}{30 \text{ V}} = 8,2 \text{ A} \quad (16)$$

Taulukon 3 mukaan 10 kW-invertterin molemmat ketjut kestävät 12 A virran (max. current DC = 2 x 12 A), joten virra  $I_{1P}$  ei kasva liian suureksi.

**Taulukko 3.** Danfoss TLX-invertterin tekniset tiedot. /9/

Unit	Parameter	TLX series				
<b>AC</b>						
S	Rated apparent power	6.0 kVA	8.0 kVA	10 kVA	12.5 kVA	15 kVA
$P_{ac,r}$	Rated active power <sup>b)</sup>	6.0 kW	8.0 kW	10 kW	12.5 kW	15 kW
	Reactive power range	0-3.6 kVAr	0-4.8 kVAr	0-6.0 kVAr	0-7.5 kVAr	0-9.0 kVAr
$V_{ac,r}$	Rated grid voltage (range)	3P + N + PE - 230 V / 400 V (± 20 %)				
	Nominal current AC	3 × 8.7 A	3 × 11.6 A	3 × 14.5 A	3 × 18.1 A	3 × 21.7 A
$I_{ac,max}$	Max. current AC	3 × 9.0 A	3 × 11.9 A	3 × 14.9 A	3 × 18.7 A	3 × 22.4 A
	AC current distortion (THD%)	< 4 %		< 5 %		
$\cos\phi_{i,r}$	Power factor – unregulated	> 0.99 at 100 % load and 0.95 at 20 % load				
	Power factor – regulated	0.8 over-excited – 0.8 under-excited (TLX+ and TLX Pro+)				
	"Connecting" power loss	10 W				
	Night-time power loss (off grid)	< 5 W				
$f_i$	Rated grid frequency (range)	50 Hz ± 5 Hz				
<b>DC</b>						
$P_{mpp,max}$	Maximum PV input power per MPPT	8.0 kW				
$\Sigma P_{mpp,max}$	Max./nom. converted PV input power, total	6.2 kW	8.25 kW	10.3 kW	12.9 kW	15.5 kW
$V_{dc,r}$	Nominal voltage DC	700 V				
$V_{mpp,min}$ - $V_{mpp,max}$	MPP voltage-nominal power <sup>2)</sup>	260 - 800 V	345-800 V	430-800 V	358-800 V	430-800V
	MPP tracker	2 (2 × MC4)			3 (3 × MC4)	
$V_{dc,max}$	Max. DC voltage	1000 V				
$V_{dc,start}$	Turn on voltage	250 V				
$V_{dc,min}$	Turn off voltage	250 V				
$I_{dc,max}$	Max. current DC	2 × 12 A			3 × 12 A	
	Max. short circuit current DC at STC	2 × 12 A			3 × 12 A	
	Min. on grid power	20 W				
<b>Efficiency</b>						
	Max. efficiency	97.8 %	97.9 %	98 %		
	Euro efficiency at $V_{dc,r}$	96.5 %	97.0 %	97.0 %	97.3 %	97.4 %
	MPP efficiency, static	99.9 %				

Paneelikaapelit valitaan Danfoss TLX:n suositusten mukaisesti (**Taulukko 4**). Kumpikin ketju tarvitsee 2 kaapelia, sillä paneeliketjut liitetään + ja - liittimillä liitäntäkotelon kautta invertteriin. Kaapeliksi valitaan 2 x Ölflex Solar XLR 4 mm<sup>2</sup> molemmille kaapeliketjuille. Valittu kaapeli on suunniteltu aurinkosähköjärjestelmien paneelikaapeliksi, joten sen ominaisuudet ovat käyttötarkoitukseen sopivat.

Paneelikaapelien lisäksi tulee valita myös invertterin syöttökaapeli. Taulukon 4 mukaan kaapelin vaadittu poikkipinta-ala on 4 mm<sup>2</sup>, joten syöttökaapeliksi valitaan MCMK 4x4+4. Invertteri tulee voida erottaa verkosta, joten syöttö vietään turvakytkimen kautta invertterille. Tasasähköpuoli ei vaadi erillistä erotinlaitetta, sillä Danfoss TLX:ssa on vakiona kytkin, jolla saadaan erotettua aurinkopaneelit invertteristä.

**Taulukko 4.** Danfoss TLX:n kaapelisuositukset. /9/

Cable	Condition	Specification
AC	5 wire cable	Copper
Outer diameter		18-25 mm
Max. recommended cable length	2.5 mm <sup>2</sup>	21 m
TLX Series	4 mm <sup>2</sup>	34 m
6k, 8k and 10k	6 mm <sup>2</sup>	52 m
	10 mm <sup>2</sup>	87 m
Max. recommended cable length	4 mm <sup>2</sup>	28 m
TLX Series	6 mm <sup>2</sup>	41 m
12.5k	10 mm <sup>2</sup>	69 m
Max. recommended cable length	6 mm <sup>2</sup>	34 m
TLX Series	10 mm <sup>2</sup>	59 m
15k		
DC		Max. 1000 V, 12 A
Cable length	4 mm <sup>2</sup> - 48 Ω /km	< 200 m*
Cable length	6 mm <sup>2</sup> - 34 Ω /km	>200-300 m*
Mating connector	Multi-contact	PV-ADSP4/PV-ADB4
* The distance between inverter and PV array and back, plus the cumulative length of PV array cabling.		

Esimerkkisuunnitelman järjestelmän suojausten hoitavat invertterin sisäiset suojaukset sekä vaihtosähköpuolen ylivirtasuojat.

Taulukossa 5 on esitetty Danfoss TLX:lle suositellut sulakekoot, jonka perusteella valitaan vaihtosähköpuolen ylivirtasuojaksi 20/25 A gG-tyypin sulake. Tarvittaessa tasajännitepuolelle voidaan lisätä myös ylijännite- ja ylivirtasuojat.

**Taulukko 5.** Danfoss TLX:n suositellut sulakekoot vaihtojännitepuolelle. /9/

	TLX Series				
	6k	8k	10k	12.5k	15k
Maximum inverter current, $I_{max}$	9.0 A	11.9 A	14.9 A	18.7 A	22.4 A
Recommended blow fuse type gL/gG	13 A	16 A	20 A	20 A	25 A
Recommended automatic fuse type B	16 A	20 A	20 A	25 A	32 A

Liitteessä 1 on esitetty aurinkosähköjärjestelmän periaatekaavio. Järjestelmä kytketään periaatekaavion mukaisesti.

Liitteessä 2 on keskuksen pääkaavio, jossa esitetään keskuksen syöttö ja invertterin syöttö. Keskukseseen on jätetty tilavaraus mahdolliselle laajenemiselle.

## 8 YHTEENVETO

Aurinkoenergiajärjestelmät, varsinkin aurinkosähköjärjestelmät, tulevat mitä luultavimmin yleistymään lähitulevaisuudessa tekniikan kehittyessä. Aurinkolämpöjärjestelmät ovat tällä hetkellä hieman aurinkosähköjärjestelmiä suosituimpia, sillä helppomman rakenteen, yksinkertaisemman toimintatavan ja halvemman hinnan vuoksi ovat takaisinmaksuajatkin lyhemmät kuin aurinkosähköjärjestelmissä. Lisäksi aurinkolämpöjärjestelmän saa kuka tahansa kytkeä itse, kun taas aurinkosähköjärjestelmään tarvitsee sähköalan ammattilaisen kytkemään vaihtosähköpuolen.

Aurinkoenergiaa voi hyödyntää ja varastoida joko lämpö- tai sähköenergiana. Aurinkolämpöjärjestelmässä energia varastoituu lämpönä nesteeseen, kuten veteen tai vesi-glykoliseokseen, kun taas aurinkosähköjärjestelmän tuottama tasavirta varastoituu akustoon. Invertterin avulla tasasähkö saadaan muutettua 230 V-verkkoon sopivaksi vaihtosähköksi ja näin sähköä voi käyttää varastoimatta suoraan verkon kuormiin tai siirtää valtakunnan sähköverkkoon.

Sähköverkkoon liitetty aurinkoenergiajärjestelmä ei ainakaan pienessä mittakaavassa tuota vielä suoranaisesti voittoa. Se kuitenkin tukee uusiutuvan energian arvoja ja tekee taloudesta omavaraisemman. Yhä useammat sähköyhtiöt tukevat pienenergiatuotantoa, esimerkiksi tarjoutumalla ostamaan ja myymään eteenpäin tuottajan omasta kulutuksesta ylijäänyttä sähköä, vaikka se olisikin satunnaista ja vähäistä. Kun paneelien hyötysuhteita saadaan kehitettyä, tulevat aurinkosähköjärjestelmät kannattavimmiksi ja energiantuotanto lisääntyy.

Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu etenee samalla tavalla riippumatta järjestelmän koosta. Suunnittelussa tarvitsee sekä tasa- että vaihtosähköä, sillä järjestelmä sisältää kumpaakin. Haastetta suunnitteleminen tuo se, että huomioitavia asioita löytyy monista eri lähteistä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää siihen, että järjestelmä sopii suojauksensa ja sähköä laadun puolesta valtakunnan verkkoon liitettäväksi. Invertteri on järjestelmän kehittynein komponentti, ja se useimmiten hoitaa muun muassa suojauksen ja verkkoon tahdistamisen



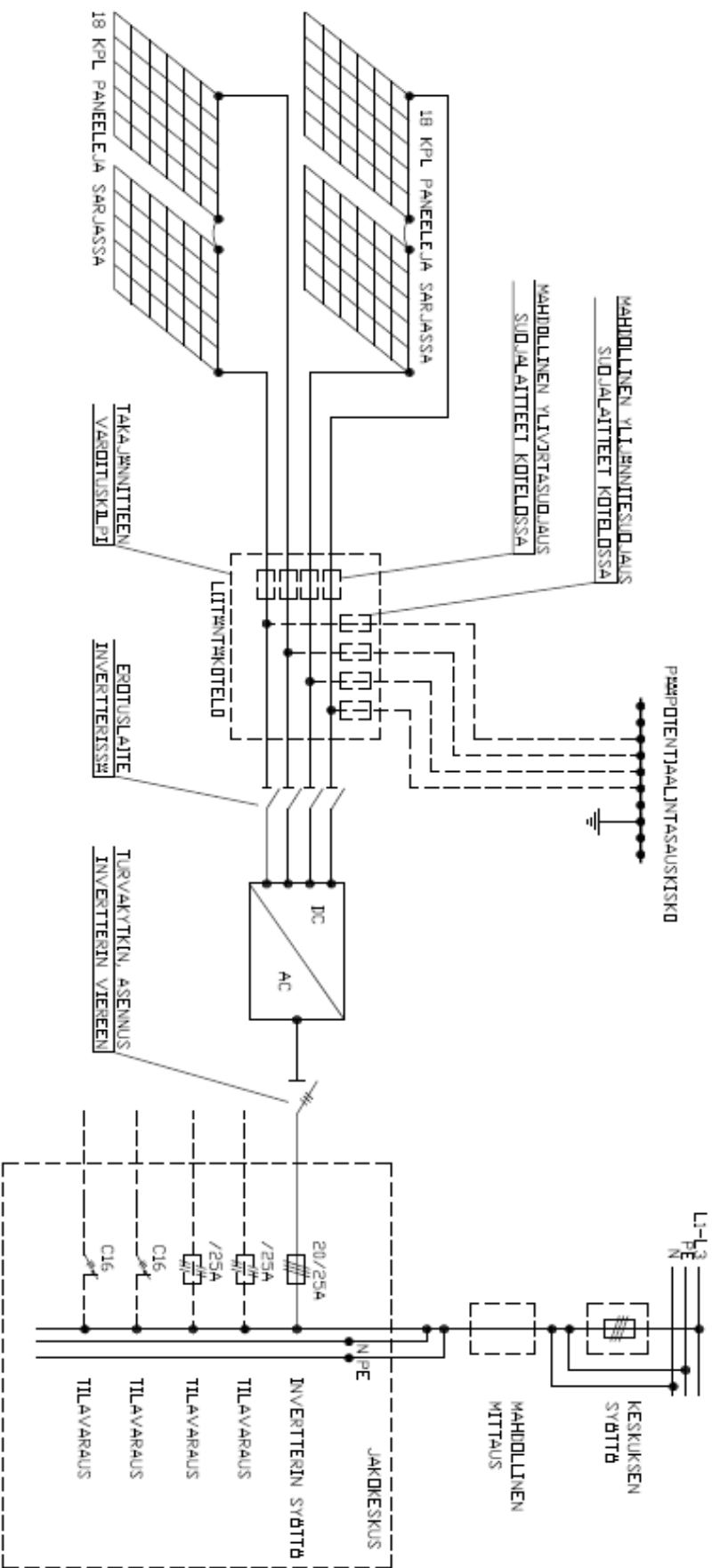
vaihtosuuntauksen lisäksi. Tämä helpottaa suunnittelemista, sillä suojauksen suunnittelun määrä vähenee ja huomiota täytyy kiinnittää vain ylivirta- ja ylijännitesuojiiin sekä mahdollisiin vikavirtasuojiin.

Opinnäytetyön tuloksena on saatu koottua yhteen tietoa sekä aurinkolämpö- että aurinkosähköjärjestelmästä. Lisäksi opinnäytetyö helpottaa sähkösuunnittelijaa aurinkosähköjärjestelmän suunnittelemisessa, sillä huomioon otavat asiat löytyvät yhdestä lähteestä.

## LÄHTEET

- /1/ Active Solar Energy System. Viitattu 27.12.2013. [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE\\_active\\_solar\\_energy\\_system.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_active_solar_energy_system.html)
- /2/ Aurinkoenergia. Aurinkovoima. Viitattu 25.11.2013. <http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>
- /3/ Kuronen, J. 2013. ST-Kortti 55.33: Aurinkoenergiaa hyödyntävät laitteet ja niiden liittäminen rakennuksen sähköjakelujärjestelmään. ST-kortisto. Sähkötieto ry.
- /4/ Aurinkoenergia Suomessa. Ground Energy. Viitattu 14.12.2013. <http://www.groundenergy.fi/fi2/aurinkoenergia-suomessa/>
- /5/ Aurinkolämmitys. Viitattu 27.12.2013. [http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrajatko/5\\_aurinkolammitys\\_10482.pdf](http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrajatko/5_aurinkolammitys_10482.pdf)
- /6/ Nieminen, M. 2013. Aurinkolämmityskonsepti käyttöveden lämmityksen suunnitteluun 60–70 -lukujen asuinkerrostaloihin. Opinnäytetyö. Viitattu 16.1.2014. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/69662/Opinnaytetyo%20mikko%20nieminen.pdf?sequence=1>
- /7/ Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C., Peippo, K., Peltola, S. & Suokivi, H. 2008. Aurinko-opas. Aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo. Painoyhtymä Oy.
- /8/ Aurinkovoima. Finnwind. Viitattu 4.2.2014. <http://www.finnwind.fi/aurinkovoima/>
- /9/ Danfoss TLX Installation Manual. Danfoss. Viitattu 11.2.2014. [http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/C0623AB9-3D10-40A2-8932-6B4D84B5A829/0/DanfossTLXInstallationManualGBL0041030909\\_02.pdf](http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/C0623AB9-3D10-40A2-8932-6B4D84B5A829/0/DanfossTLXInstallationManualGBL0041030909_02.pdf)
- /10/ Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motivan verkkosivut. Viitattu 28.12.2013. [http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas\\_teollisuuskiinteisto.pdf](http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf)
- /11/ Eurosolarin verkkosivut. Eurosolar. Viitattu 9.2.2014. <http://www.eurosolar.fi/>
- /12/ Lehto, I. 2013. Asiantuntija, sähköverkko. Energiateollisuus. Puhelinhaastattelu 16.12.2013.
- /13/ Ohje verkon suunnittelun tueksi. Energiateollisuus. Viitattu 3.1.2014 [http://energia.fi/sites/default/files/ohje\\_verkon\\_suunnittelun\\_tueksi.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/ohje_verkon_suunnittelun_tueksi.pdf)

- /14/ Pienimuotoisen tuotannon verkkoon liittäminen -muistio. Energiateollisuus. Viitattu 27.11.2013. [http://energia.fi/sites/default/files/Pienimuotoisen\\_tuotannon\\_verkkoon\\_liitt%C3%A4minen\\_muistio\\_20081112.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/Pienimuotoisen_tuotannon_verkkoon_liitt%C3%A4minen_muistio_20081112.pdf)
- /15/ Sunteknon verkkosivut. Suntekno. Viitattu 28.12.2013. <http://www.suntekno.fi/>
- /16/ Tuuli- ja aurinkoenergia energialähteinä. Ilmasto-opas. Viitattu 27.12.2013. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/83fa215b-3f3d-4b48-9456-ce3a5940e830/tuuli-ja-aurinkoenergia.html>
- /17/ Ukkossuojaus ja maadoitus. Sähköala.fi. Viitattu 3.1.2014. [http://www.sahkoala.fi/koti/ukkossuojaus/fi\\_FI/ukkossuojaus/](http://www.sahkoala.fi/koti/ukkossuojaus/fi_FI/ukkossuojaus/)
- /18/ Paavola, M. 2012. Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien potentiaali Tampereella. Diplomityö. Viitattu 4.2.2014. [http://www.hermiagroup.fi/@Bin/1425839/Diplomityo\\_Paavola\\_painettuversio.pdf](http://www.hermiagroup.fi/@Bin/1425839/Diplomityo_Paavola_painettuversio.pdf)



PANEELIT 36 KPL HANNA SF-245W  
 KAPELOINTI ALFLEX SOLAR XLR 4 mm<sup>2</sup>  
 VARMISTA OIKEA NAPPAISUUS PANEELIJA KYTKETTRESSW

INVERTTERI 3-VAIHEINEN DANFOSS TLX 10KW  
 SYÖTTÖ TURVAKYTKIMEN KAUITTA MOKK 4x4+4  
 JAKOKESKUSSESSA TILAVARAUS MAHDOLLISELLE  
 LAAJENNUKSELLE JA KUORMITUSTEN SYÖTÖLLE

 AVCON ELECTRONIC KÄSIVÄLITTEINEN OY/VALMISTUSYHTIÖ NORDENKATU 10 FIN-00210 HELSINKI	PÄÄKÄSIVÄLITTEINEN LAITE JA OSAI		HARJUTUSKÄSIVÄLITTEINEN LAUPINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ESIMERKISUUNNITELMA PERIÄTEKÄÄVIO		
	TILAAJA NIMI Osoite TÄMÄ	PÄIVÄ PÄIVÄ PÄIVÄ TÄMÄ	PAKETIN NIMI PAKETIN TÄMÄ	SÄHKÖ TÄMÄ	HUOMI TÄMÄ
	TÄMÄ	TÄMÄ	TÄMÄ	TÄMÄ	TÄMÄ

<b>A SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT</b>		<b>9. Ympäristön lämpötila</b> - normaali <input checked="" type="checkbox"/> - min. C° max. C° <input type="checkbox"/>		<b>4. Laskusmittareiden toimittaja</b> - tilaaja <input type="checkbox"/> - keskusvalmistaja/urakoitsija <input type="checkbox"/>	
<b>1. Nimellisarvo</b> $U_e$ <u>400</u> V <b>2. Nimellisvirta</b> $I_N$ <u>63</u> A <b>3. Pakkavaa lasoituskerrain</b> <b>4. Jakelujärjestelmä</b> - käyttömaadoitettu TN-S <input checked="" type="checkbox"/> - nolla- ja suojajärjestelmän TN-C <input type="checkbox"/> - käyttömaadoitettu TN-C-S <input type="checkbox"/> - muu <input type="checkbox"/>		<b>10. Keskuksen kaapelikentät</b> - 1 kpl/kojekenttä <input type="checkbox"/> - 1 kpl/2 kojekenttää <input type="checkbox"/> - leveys min <u>        </u> mm		<b>5. Laskusmittamuuntajien toimittaja</b> - sähkölaitos/tilaaja <input type="checkbox"/> - keskusvalmistaja/urakoitsija <input type="checkbox"/>	
<b>5. Teho</b> - liittymä S <input type="checkbox"/> - huippu (15 min. mittaus) P <input type="checkbox"/> <b>6. Oikosulkukestoisuus</b> - terminen vaatimus $I_{ts}$ <input type="checkbox"/> - dynaaminen vaatimus $I_{dyn}$ <input type="checkbox"/> <b>7. Kiikat ja johtimet AC</b> LN, PE <input type="checkbox"/> L1, L2, L3, N, PE <input checked="" type="checkbox"/> - muu <input type="checkbox"/>		<b>11. Normaalit käyttötoimenpiteet suorittaa</b> - sähköalan ammattihenkilö <input type="checkbox"/> - tehtävään opastettu henkilö <input checked="" type="checkbox"/>		<b>6. Muiden mittareiden koko</b> _____ mm <b>7. Syöttö</b> - kaapeli <input checked="" type="checkbox"/> - kiskosto <input type="checkbox"/> - kaapelityyppi <u>MCMK</u>	
<b>8. Kiikat ja johtimet DC</b> L+ <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> L- <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/>		<b>Lisätietoja</b> _____ _____ _____		<b>8. Syötön tulo</b> - alhaalta <input type="checkbox"/> - ylhäältä <input checked="" type="checkbox"/> - vasemmalta <input type="checkbox"/> - oikealta <input type="checkbox"/> - keskeltä <input type="checkbox"/>	
<b>9. Ohjauksen tekniikka (-pöytä)</b> $U_o$ _____ V $I_N$ _____ A $s$ _____ kVA		<b>C HYVÄKSYTTÄMINEN JA MERKINNÄT</b>		<b>9. Kaapeleiden lähtösuunta</b> - alas <input type="checkbox"/> - ylös <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>10. Apujännite 1</b> _____ V AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> - käyttöalue _____		<b>1. Kokoonpanopöytäsuunnitelma hyväksyy</b> - suunnittelija <input checked="" type="checkbox"/> - sähkölaitos <input type="checkbox"/> <b>2. Merkinnät</b> - vain viranomaisvaatimukset <input checked="" type="checkbox"/> - suunnitelman mukaan <input type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> <b>3. Keskuksen tunnuskieliset</b> - vain viranomaisvaatimukset <input type="checkbox"/> - pääkaavon mukaan <input checked="" type="checkbox"/>		<b>10. Pääpiirien kaapeleiden liittäminen</b> - kojeisiin <input checked="" type="checkbox"/> - riviliittimien, myös N ja PE <input checked="" type="checkbox"/> - kojeisiin alkaen <u>16</u> mm <sup>2</sup>	
<b>11. Apujännite 2</b> _____ V AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> - käyttöalue _____		<b>4. Käpien materiaali</b> - kerrosmuovi <input checked="" type="checkbox"/> - tarra <input type="checkbox"/> - valmistajan normaali <input type="checkbox"/> <b>5. Keskuksen kettien tunnuksien</b> - vasemmalta oikealle <input checked="" type="checkbox"/> - oikealta vasemmalle <input type="checkbox"/> - kokoonpanopöytäsuunnitelman mukaan <input type="checkbox"/>		<b>11. Ohjaukskaapeli liitetään riviliittim.</b> - vapaita riviliittimiä _____ kpl Riviliittimien käyttö on ST-kortistaan esimerkkipiirustuksen mukainen. Lukumäärän muuttuminen +- 4 kpl/10ht ei oikeuta hintamuutoksiin.	
<b>Lisätietoja</b> <u>OIKOSULKUKESTOISUUS &lt;10 kA</u> _____ _____		<b>6. Keskuksen lähtöjen merkinnät</b> - pääkaavon mukaan <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> <b>7. Sisäisten kaapeliin ja liittimien merkintä</b> - vain viranomaisvaatimukset <input type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/>		<b>Lisätietoja</b> _____ _____ _____	
<b>B KOTELOINTI- JA ASENNUSTIEDOT</b>		<b>8. Veras ohjauksen tekniikka</b> - ohjauksen tekniikka kaksipuolinen <input type="checkbox"/>		<b>11. Energiamittauksen nollajohtimet</b> - liitettävä PEN-liittimeen <input type="checkbox"/> - liitettävä PE-liittimeen+ varoituskilpi <input type="checkbox"/>	
<b>1. Keskuksen ja koteloitintuokko</b> - kenno IP _____ <input type="checkbox"/> - kotelo IP <u>44</u> <input checked="" type="checkbox"/> - kehikko IP _____ <input type="checkbox"/> - muu _____ <input type="checkbox"/>		<b>9. TN-C-S -järjestelmän varoituskilpi</b> <input type="checkbox"/> <b>10. Nollan erotuskohtien merkintä</b> <input type="checkbox"/>		<b>Lisätietoja</b> <u>KESKUS VARUSTETAAN KILVELLÄ "TAKAJÄNNITTEEN VAARA"</u> _____ _____	
<b>2. Asennustapa</b> - pinnalle <input checked="" type="checkbox"/> - upotettu, up. syv. max. _____ mm <input type="checkbox"/> - ulkokiinnitys <input type="checkbox"/>		<b>11. Energiamittauksen nollajohtimet</b> - liitettävä PEN-liittimeen <input type="checkbox"/> - liitettävä PE-liittimeen+ varoituskilpi <input type="checkbox"/>		<b>D KALUSTUS- JA KAAPELOINTITIEDOT</b>	
<b>3. Kiinnitys</b> - seinään <input checked="" type="checkbox"/> - seinään ja tuenta lattiaan <input type="checkbox"/> - lattiaan (vapaaasti seläosa) <input type="checkbox"/>		<b>Lisätietoja</b> _____ _____ _____		<b>1. Kalustustapa</b> - keskitetty <input checked="" type="checkbox"/> - yksikköohjattu <input type="checkbox"/>	
<b>4. Asennus- ja tukirakenteet</b> - ei vaatimusta <input type="checkbox"/> - sidoksesta n. 50 mm alustasta <input type="checkbox"/> - muu _____ <input type="checkbox"/>		<b>2. Kalustuksen tyyppi</b> - kiinteä <input checked="" type="checkbox"/> - ulosvetettava <input type="checkbox"/> - ulosvedettävä <input type="checkbox"/>		<b>3. Merkkilamput</b> - hehkulamput <input type="checkbox"/> - höhtölamput <input type="checkbox"/> - LED-lamput <input type="checkbox"/>	
<b>5. Kehikkokeskuksen yhtenäinen ovi</b> - lukolla <input type="checkbox"/> - käsivälillä <input type="checkbox"/> - työkaluvälillä <input type="checkbox"/> - saranointi vasenkätinen <input type="checkbox"/>		<b>6. Ovien ja kansiin avautuminen ja leveys</b> - minimiavautuminen <u>120</u> astetta <input type="checkbox"/> - max. ovileveys _____ mm <input type="checkbox"/>		<b>7. Pintakäsittely</b> - valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/>	
<b>6. Ovien ja kansiin avautuminen ja leveys</b> - minimiavautuminen _____ astetta <input type="checkbox"/> - max. ovileveys _____ mm <input type="checkbox"/>		<b>8. Keskuksen maksimikoko</b> - leveys _____ mm <input type="checkbox"/> - korkeus _____ mm <input type="checkbox"/> - syvyys _____ mm <input type="checkbox"/>		<b>7. Pintakäsittely</b> - valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/>	
<b>7. Pintakäsittely</b> - valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/>		<b>8. Keskuksen maksimikoko</b> - leveys _____ mm <input type="checkbox"/> - korkeus _____ mm <input type="checkbox"/> - syvyys _____ mm <input type="checkbox"/>		<b>8. Keskuksen maksimikoko</b> - leveys _____ mm <input type="checkbox"/> - korkeus _____ mm <input type="checkbox"/> - syvyys _____ mm <input type="checkbox"/>	

MUUTOS SIUNN. HfO PIIRT. HfO	 HOVIKIEKUIDENPUUSTIKKO 16 HOVRÄTTSEPLANADEN 16 65100 VAASA 65100 VASA	KOHDE AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ESIMERKKISUUNNITELMA  SISÄLTÖ PÄÄKAAVIO	SÄHKÖ TYÖ NO PÄIVÄYS	KESKUS JAKOKESKUS PIIR NO	LEHTI 1 / 2 MUUTOS
------------------------------------	---	---	----------------------------	---------------------------------	--------------------------

	Nro	Kuvausteksti	Teho kW	Sulake	Kaapeli
		Keskuksen syöttö Pääkytkin 63 A			MCMK 4x25+16
	1	Invertteri Danfoss TXL		20/25A	MCMK 4x4+4
	2	Tilavaraus		/25	
	3	Tilavaraus		/25	
	4	Tilavaraus		C16	
	5	Tilavaraus		C16	

MUUTOS			KOHDE AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ESIMERKKISUUNNITELMA	SÄHKÖ	KESKUS JAKOKESKUS	LEHTI 2 / 2
SUUNN. HFo	PIRT. HFo			TYÖ NÖ	PIR NÖ	MUUTOS
			SISÄLTÖ PÄÄKAAVIO	PÄIVÄYS		

## Energiahallinta Energia-analysaattori Malli EM24 DIN



- Dupline -väylä mahdollisuus (DP optio)
- Sovelluskohtainen näyttö ja ohjelmointi ("Easyprog"-toiminto)
- Hyväksyty MID-Direktiivin mukaan (vain optio PF): katso "tilausohje" alapuolella
- Perusmallit saatavilla (ei MID, optiot X): katso "tilausohje" seuraavalla sivulla

- Luokka 1 (kWh) EN62053-21 mukaan
- Luokka B (kWh) EN50470-3 mukaan
- Luokka 2 (kvarh) EN62053-23 mukaan
- Tarkkuus  $\pm 0.5$  RDG (virta/jännite)
- Energia-analysaattori
- Hetkellissuureiden näyttö: 4 numeroa
- Energiat/kaasu/vesi näytöt: 8 numeroa
- Järjestelmäsuureet: VLL, VLN, Admd max, VA, VAdmd, VAdmd max, W, Wdmd, Wdmd max, var, PF, Hz, vaihejärjestys.
- Vaihekohtaiset suuret: VLL, VLN, A, VA, W, var, PF
- Energiamittaukset: kokonais- ja osoittais kWh ja kvarh tai 4 eri tariffin perustuen; yksivaihemittaukset
- Kaasu, kylmävesi, kuumavesi, kaukolämpöenergia mittaukset
- Käyttötuntilaskuri (6+2 DGT)
- TRMS mittaukset säröytyneestä siniaallosta (jännite/virta)
- Sisäinen jännitelähde (AV2-AV9 tulot)
- Ulkoinen jännitelähde (AV5-AV6 tulot)
- 3 digitaalista tuloa tariffin valintaan, DMD-synkronointi tai kaasu/vesi (kuuma-kylmä) ja kaukolämmön mittaukset (tilauksesta)
- 2 digitaalista lähtöä pulseille tai hälytyksille tai niiden yhdistelmille
- Mittat: 4-DIN modulia
- Suojaluokka (edestä): IP50
- RS485 sarjaliikenneportti (MODBUS-RTU), iFIX SCADA yhteensopiva

### Tuotekuvaus

Kolmivaiheinen energia-analysaattori sisäänrakennetulla ohjelmointiohjaimella ja LCD-näytöllä; tarkoitettu erityisesti pätö- ja loisenenergiamittauksiin ja kustannusten kohdistamiseen.

DIN-kiskoasennuskotelo, suojausluokka IP50 (edestä). Suora kytkentä 65A asti ja epäsuora kytkentä ulkoisilla virta- ja jännitemuuntajilla. Mittari voidaan varustaa digi-

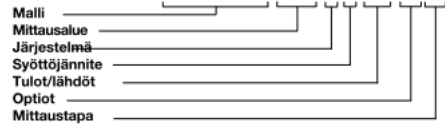
taalisilla lähdöillä, jotka voivat toimia joko pätö- tai loisenenergiaan verrannollisina tai hälytyslähtöinä. Vaihtoehtoisesti optiona on saatavissa RS485 -portti ja 3 digitaalista tuloa tai

Dupline -portti ja 3 digitaalista tuloa.

**MID** Valmistettu MID-direktiivin mukaan. Sisältää standardin liite B + liite D mukaiset hyväksynyt energiamittaukseen pätöenergialle (katso liite MI-003). Voidaan käyttää laskutusmittaukseen.

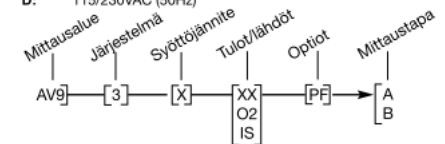
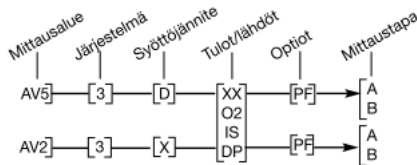
### Tilausohje

EM24 DIN AV5 3 D O2 PF A



### MID mallin valinta

Mittausalue	Järjestelmä	Tulot/lähdöt	Mittaustapa
AV5: 400V <sub>LL</sub> AC - 5(10)A (VM kytkentä)	3: 3-vaihe, 4-johdin	XX: ei ole	A: Kulutukseen (energia) lasketaan sekä positiivinen että negatiivinen teho. Kokonaisenergia MID direktiivin mukainen.
AV2: 400V <sub>LL</sub> AC 10(65)A (suora kytkentä)	<b>HUOM: Tarkista alla olevasta kaaviosta haluttujen optoiden yhteensopivuus ennen tilausta.</b>	O2: 2 avoin kollektorilähtöä (2 pulssilähtöä tai 1 hälytyslähtö ja 1 hälytyslähtö) tai 2 hälytyslähtöä)	B: Kulutukseen (energia) lasketaan vain positiivinen teho. Negatiivinen energia ei ole MID direktiivin mukainen.
AV9: 400V <sub>LL</sub> AC - 10(65)A (suora kytkentä)		IS: 3 digitaalista tuloa tariffin valintaan tai kaasu, vesi jakaukolämpö mittauksiin sekä RS485 portti	
<b>Optiot</b>		DP: Dupline portti sekä 3 digitaalista tuloa tariffin valintaan tai kaasu, vesi ja kaukolämpö mittauksiin	
PF: Valmistettu MID-direktiivin mukaan. Sisältää standardin liite B + liite D mukaiset hyväksynyt energiamittaukseen pätöenergialle (katso liite MI-003). Voidaan käyttää laskutusmittaukseen.		<b>Syöttöjännite</b>	
		X: Sisäinen jännitelähde (Kts. "Jännitelähteen tekniset tiedot")	
		D: 115/230VAC (50Hz)	



Muutosoikeus pidätetään EM24 DIN DS FIN 190213

EM24 DIN



**PERUSMALLIT**

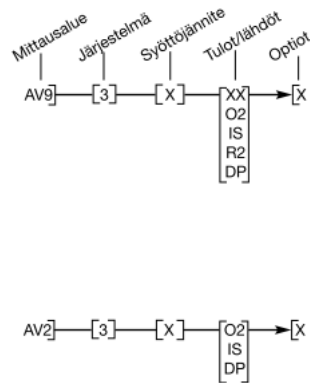
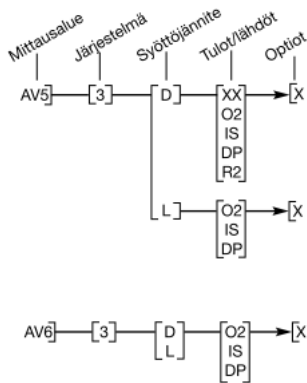
Ei sertifioitu MID-direktiivin mukaan. Ei voida käyttää virallisena laskutusmittarina.

**Tilausohje EM24 DIN AV5 3 D O2 X**



**Perusmallin valinta**

Mittausalue	Järjestelmä	Syöttöjännite	Tulot/lähdöt
<b>AV5:</b> 400V <sub>LL</sub> AC - 1/5 (10)A (VM kytkentä) V <sub>LN</sub> : 160 V to 480V <sub>LN</sub> V <sub>LL</sub> : 277 V to 830V <sub>LL</sub> <b>AV6:</b> 208V <sub>LL</sub> AC - 1/5(10)A (JM ja VM kytkennät) V <sub>LN</sub> : 40V - 144V <sub>LN</sub> V <sub>LL</sub> : 70V - 250V <sub>LL</sub> <b>AV2:</b> 400V <sub>LL</sub> AC 10(65)A (suora kytkentä) V <sub>LN</sub> : 113V - 265V <sub>LN</sub> V <sub>LL</sub> : 196V - 460V <sub>LL</sub> <b>AV9:</b> 400V <sub>LL</sub> AC - 10(65)A (suora kytkentä) V <sub>LN</sub> : 184V - 276V <sub>LN</sub> V <sub>LL</sub> : 318V - 480V <sub>LL</sub>	<b>3:</b> symmetrinen ja epäsymmetrinen kuorma: 3-vaihe, 4-johdin; 3-vaihe, 3-johdin; 2-vaihe, 3-johdin; 1-vaihe, 2-johdin  <b>HUOM: Tarkista alla olevasta kaaviosta haluttujen optoiden yhteensopivuus ennen tilausta</b>	<b>X:</b> Sisäinen jännitelähde (Kts. "Jännitelähteen tekniset tiedot") <b>L:</b> 18 - 60VAC/DC (48 - 62Hz) <b>D:</b> 115/230 VAC (48 - 62Hz)  <b>Optiot</b> <b>X:</b> ei ole	<b>XX:</b> ei ole <b>O2:</b> 2 avoin kollektorilähtöä (2 pulssilähtöä tai 1 pulssilähtö ja 1 hälytyslähtö tai 2 hälytyslähtöä) <b>R2:</b> 2 releilähtöä (toiminnot kuten "O2") <b>XS:</b> RS485 portti <b>IS:</b> 3 digitaalista tuloa tariffin valintaan tai kaasu, vesi ja kaukolämpö mittauksiin sekä RS485 portti <b>DP:</b> Dupline portti sekä 3 digitaalista tuloa tariffin valintaan tai kaasu, vesi ja kaukolämpö mittauksiin





Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa huomioitavat standardit, määräykset ja lait:

- ST-kortti 55.33, Aurinkoenergiaa hyödyntävät laitteet ja niiden liittäminen rakennuksen sähkönjakelujärjestelmään
- SFS 6000-7-712, Valosähköisten tehonsyöttöjärjestelmien erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset
- SFS-EN 50272-2, Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut
- SFS-EN- 60439-1, Jakokeskukset
- SFS6000, Pienjännitesähköasennukset
- SFS-EN 50160, Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet
- SFS-EN 62446, Sähköverkkoon kytketyt valosähköiset järjestelmät. Minivaatimukset järjestelmän dokumentaatiolle, käyttöönottoasteille ja tarkastuksille
- Sähköturvallisuuslaki 1996/410, sähkömarkkinalaki 386/1995
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset koskien sähkölaitteistojen turvallisuutta (1193/1999), sähköalan töitä (516/1996) ja sähkölaitteistojen käyttöönottoa ja käyttöä (517/1996).