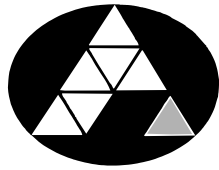


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Santtu Vatanen

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU LOMA-ASUNTOON

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2012



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Marraskuu 2012**  
**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6412

Tekijä  
Santtu Vatanen

Nimeke  
Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu loma-asuntoon

Toimeksiantaja  
Antti Venäläinen

**Tiivistelmä**

Työn tarkoituksena oli suunnitella omavarainen aurinkosähköjärjestelmä loma-asunto kohteeseen. Aurinkosähköjärjestelmän tulee kattaa kohteen energiatarve koko käyttöjakson ajan. Pääpaino suunnittelussa oli järjestelmän oikea mitoitus ja taloudellisuus. Työ toimii pohjana hankintavaiheelle.

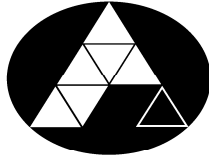
Työn alussa perehdytään kuluttajan näkökulmasta Suomessa kiinteistöissä hyödynnettäviin uusiutuviin energiamuotoihin sähköntuotannossa, aurinkoenergiaan ja tuulivoimaan. Työssä perehdytään myös laitevalintoihin, asennuksiin ja niihin liittyviin tärkeimpiin pääkohtiin, jotka helpottavat aurinkosähköjärjestelmien hankintaa.

Suunnitelman tuloksena saatiin oikean suuruinen aurinkosähköjärjestelmä, joka täyttää tilaajan laatimat ehdot. Järjestelmän suunnittelussa on otettu huomioon erilaiset käyttäjät, muunneltavuus ja jatkokehitysmahdollisuus. Työssä tehdään työn tilaajalle vaihtoehtoisia ehdotuksia aurinkosähköjärjestelmän kokonaisuuden hankinnasta sekä määritettiin aurinkosähköjärjestelmän sijoitus-, asennus-, käyttö- ja huoltotoimenpiteet, ja elinkaari sekä erillinen sähkösuunnitelma.

Kieli  
Suomi

Sivuja 67  
Liitteet 2  
Liitesivumäärä 2

Asiasanat  
Aurinkoenergia, tuulienergia, sähkösuunnittelu, energiantuotanto



NORTH KARELIA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**November 2012**  
**Degree Programme in Electrical**  
**Engineering**  
Karjalankatu 3  
FIN 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. 358-13-260 600

Author  
Santtu Vatanen

Title  
Designing a Solar Power System to Vacation Residence

Comissioned by  
Antti Venäläinen

Abstract

The purpose of this thesis was to design a self-sufficient solar power system to a vacation residence. The solar power system has to fill the energy needs of the residence throughout the period of use. The main focus in designing the system was the right dimensioning and economy. This thesis will be used as a basis for the acquisition stage.

At the beginning of the thesis the focus is on the consumer's point of view on the renewable energy forms that are used in properties in Finland, that is, solar power and wind power. The thesis also focuses on the choice of equipment and installations and the main points related to them, which facilitate the acquisition of solar power systems.

A solar power system of a correct size was obtained as a result of the designing, which fulfils all the client's conditions. All users, convertibility and improvements have been taken into consideration in the designing. In this thesis there are a few optional proposals to the client about the acquisition of solar power systems. There are also specifications of the usage and maintenance, life cycle, a separate electrical design and of how to place and install the system.

Language  
Finnish

Pages 67  
Appendices 2  
Pages of Appendices 2

Keywords  
solar power, wind power, electrical design, power production

## Sisältö

1 Johdanto .....	6
2 Kiinteistöissä käytettävät uusiutuvat energiamuodot.....	7
2.1 Uusiutuva energia Suomessa.....	7
2.2 Aurinkoenergia.....	7
2.3 Aurinkolämmitys suomessa .....	8
2.4 Tuulivoima .....	9
3 Aurinkosähkötekniikka .....	11
3.1 Aurinkosähköjärjestelmä .....	11
3.2 Aurinkopaneelit .....	13
3.2.1 Uutta aurinkopaneelitekniikkaa.....	15
3.3 Järjestelmän muut laitteet ja tarvikkeet .....	16
3.3.1 Akut .....	16
3.3.2 Lataussäätimet .....	17
3.3.3 Invertterit.....	19
3.3.4 Johdot ja kaapelit .....	19
3.3.5 Suojaus ja suojalaitteet.....	20
3.3.6 Asennustarvikkeet .....	20
3.4 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus.....	21
3.5 Johtojen mitoitus .....	22
3.6 Järjestelmän laitteiden sijoittaminen .....	26
3.6.1 Paneeliston sijoitus .....	26
3.6.2 Akuston sijoitus .....	28
3.6.3 Muiden laitteiden sijoitus.....	29
3.7 Järjestelmän asennus ja kytkentä.....	29
3.8 Omavaraisen sähköjärjestelmän asennukset ja työturvallisuusmääräykset .....	31
4 Hybridijärjestelmät .....	32
5 Loma-asunnon aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu.....	34
5.1 Kohteen esittely .....	34
5.2 Valaistus ja sähkölaitteet.....	36
5.3 Energiatarpeen mitoitus .....	37
5.4 Akuston, paneelin ja järjestelmän muiden laitteiden mitoitus .....	38
5.4.1 Akuston mitoitus.....	38
5.4.2 Paneelitehon määrittely .....	39
5.4.3 Lataussäätimen valinta.....	41
5.4.4 Invertterin tehon mitoitus.....	41
5.4.5 Keskuksen valinta .....	42
5.5 Kaapelien, johtojen ja suojauksen mitoitus.....	42
5.5.1 Paneelin, lataussäätimen ja invertterin kaapeleiden mitoitus.....	42
5.5.2 Keskuksen syöttöjohto ja suojaus.....	43
5.5.3 Kulutuslaitteiden johtojen ja suojauksen mitoitus.....	45
5.6 Järjestelmän suojaus .....	46
5.7 Sähkösuunnitelma.....	47
5.8 Maadoitus.....	52
5.9 Paneelien ja järjestelmän laitteiden sijoitus .....	53
5.10 Järjestelmä- ja laitevalinnat, hinta-arviot.....	56
5.11 Taloudellinen vertailu suoraan sähköliittymään.....	57
5.12 Järjestelmän käyttöönotto ja käyttö .....	59

5.13 Muunneltavuus ja jatkokehitysmahdollisuudet.....	60
5.14 Huolto, kunnossapito ja talvisäilytys .....	61
6 Pohdinta.....	62
Lähteet.....	63

Liitteet

Liite 1 Tasopiirustus

Liite 2 Keskuskaavio

## 1 Johdanto

Uusiutuva energia on niin sanotusti loppumaton energia ja tänä päivänä hyvin ajankohtainen puheenaihe. Kiinteistöissä hyödynnettävät uusiutuvat energiamuodot ovat peräisin auringosta, tuulesta ja maasta. Auringon ja tuulen energioiden tuottaman sähkön lisäksi auringon energialla saadaan tuotettua lämpöä. Uusiutuvan energian käyttö on hyödyllistä omavaraisuuden edistämisen lisäksi myös siksi, että se hillitsee ilmastonmuutosta. Uusiutuvat energiamuodot ovat vartenotettava vaihtoehto kohteisiin, jonne sähköliittymän rinnalle halutaan omavaraisuutta lisäävä järjestelmä tai sähköliittymä on suhteettoman kallis ja tarpeeton ratkaisu.

Työn tarkoituksena on suunnitella omavarainen aurinkosähköjärjestelmä loma-asuntokompleksiin. Suunnittelun lähtökohtina ovat oikea ja taloudellinen mitoitus siten, että järjestelmä kattaa kohteen energiankulutuksen halutun käyttöjakson ajan. Valinta kohteen sähköistämiseen aurinkoenergialla tuli kiinteän sähköliittymän hankintahinnan ja sen tarpeettomuuden, sekä tuulivoimalle epäsuotuisien olosuhteiden takia.

Työssä selvitetään Suomessa kiinteistöissä käytettäviä uusiutuvia energiamuotoja kuluttajan näkökulmasta paneutumalla suomessa käytettäviin uusiutuviin energiamuotoihin ja niiden tilaan nykypäivänä sekä niiden hyödyntämiseen muiden sähköntuotantomuotojen rinnalla. Tavoite on saada lukija perehdytettyä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön kiinteistöissä sekä laitevalinnoista ja asennuksista huomioiden niihin liittyvät tärkeät pääseikat. Tämä palvelee asiasta kiinnostuneita erilaisten aurinkosähköjärjestelmien hankinnassa.

Työssä tehdään pohjatietojen perusteella mitoitus oikean kokoisesta aurinkosähköjärjestelmästä. Mitoitetusta järjestelmästä tehdään työn tilaajalle vaihtoehtoisia ehdotuksia aurinkosähköjärjestelmän kokonaisuuden hankinnasta sekä määritetään aurinkosähköjärjestelmän sijoitus-, asennus-, käyttö- ja huoltotoimenpiteet, ja elinkaari sekä erillinen sähkösuunnitelma. Käyttökohteesta on saatavilla päärakennuksen tasopiirustus, asema-kaava sekä karttapalveluiden kartat alueesta, joihin hahmotellaan sähkösuunnitelma sekä kaapeli ja maadoituselektrodien reitit. Valmista työtä tullaan käyttämään pohjana hankintavaiheelle.

## 2 Kiinteistöissä käytettävät uusiutuvat energiamuodot

Suomessa kiinteistöissä käytettäviä uusiutuvia energiamuotoja sähköntuottoon ovat aurinkoenergia ja tuulivoima. Aurinko- ja tuulienergian lisäksi aurinkoenergialla saadaan lämmitettyä käyttövettä erillisissä aurinkokeräimissä. Näitä kahta uusiutuvaa energiamuotoa voidaan yhdistää ja saada rinnakkaistuotanto esimerkiksi vapaa-ajan kohteeseen. Molemmat ovat erityisen hyviä käyttövaihtoehtoja kohteisiin, jossa halutaan tuottaa sähköliittymän rinnalla vihreää energiaa ja lisätä omavaraisuutta tai sähköliittymä on suhteettoman kallis kohteen käyttöasteeseen nähden.

### 2.1 Uusiutuva energia Suomessa

Suomi on yksi maailman johtavista maista, jossa hyödynnetään uusiutuvia energialähteitä sähkön ja energian tuotannossa. Uusiutuvilla energiamuodoilla tuotetaan noin neljännes koko Suomen energiankulutuksesta ja osuus sähköntuotannosta on yli neljännes. Tärkeimpiä käytettävistä uusiutuvista energiamuodoista Suomessa ovat bioenergia, puu ja puupohjaiset polttoaineet, vesivoima, tuulivoima, maalämpö ja aurinkoenergia. Uusiutuvien energialähteiden käytöllä ja niiden osuudella energian kulutuksessa on tavoitteellisia vaikutuksia. Energiansäästön ohella uusiutuvien energialähteiden käytön lisääminen on merkittävimpiä keinoja saavuttaa Suomen ilmastotavoitteet. Uusiutuvien energialähteiden käytöstä ei aiheudu hiilidioksidipäästöjä. Tämän lisäksi uusiutuvien energiamuotojen käyttö sähkön- ja energiantuotannossa edesauttaa työllisyys- ja aluepoliittisia tavoitteita ja lisää huoltovarmuutta. Uusiutuvan energian käytöllä tuetaan merkittävää alan suomalaista teknologian vientiä. [1.]

### 2.2 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia on auringon säteilyn valo- ja lämpöenergiaa. Auringon ominaistehosta säteilee maapallolle noin 19 prosenttia eli  $1,7 \times 10^{14}$  kW, mikä on 20 000 kertaa enemmän kuin ihmiskunnan tämänhetkinen energiankulutus. Pilvet estävät osan säteilystä pääsemästä maahan. Aurinkoenergiaa ei rasita polttoainekustannukset, eikä sen käytöstä synny hiilidioksidipäästöjä ja jätettä, lukuun ottamatta käyttöön tarvittavien laitteiden valmistuksessa ja kierrätyksessä. [2.]

Aurinkoenergia on erittäin käyttökelpoista myös Suomessa, toisin kuin yleensä kuvitellaan. Viileä ulkoilma on yksi mielikuvan harhauttajista, joka ei kerro suoraan auringosta saatavasta energiasta. Auringosta saadaan energiaa myös silloin, kun aurinkoisella ilmalla lämpömittari näyttää pakkaslukemia. Etelä-Suomen vuotuiset auringon säteilymäärät ovat samansuuruisia kuin Keski-Euroopassa. Suomessa auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat kuitenkin suuremmat ja säteilyenergiasta 90 prosenttia saadaan maalissyyskuun välisenä aikana. Mitä pohjoisemmaksi liikutaan, sitä enemmän vuodenaikavaihtelut kasvavat. [3.]

Maanpinnan jokainen neliömetri vastaanottaa vuoden aikana vaakatasossa laskettuna Etelä-Suomessa noin 1000 kWh auringonsäteilyä, Keski-Suomessa 900 kWh ja Sodankylässä 800 kWh. Keskitalvella joulutammikuussa ei auringon energiaa juurikaan saada talteen, tuolloin aurinko on niin matalalla tai kokonaan horisontin takana. Auringon tuottamaa energiaa voidaan hyödyntää passiivisesti tai aktiivisesti. Aurinkoenergian passiivisessa hyödyntämisessä auringon valoa ja lämpöä käytetään suoraan ilman erillisiä laitteita, kun taas aktiivisessa hyödyntämisessä auringonsäteily muunnetaan sähköksi aurinkopaneeleilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä. Pientaloissa voidaan hyödyntää näitä molempia menetelmiä. [4.]

### **2.3 Aurinkolämmitys suomessa**

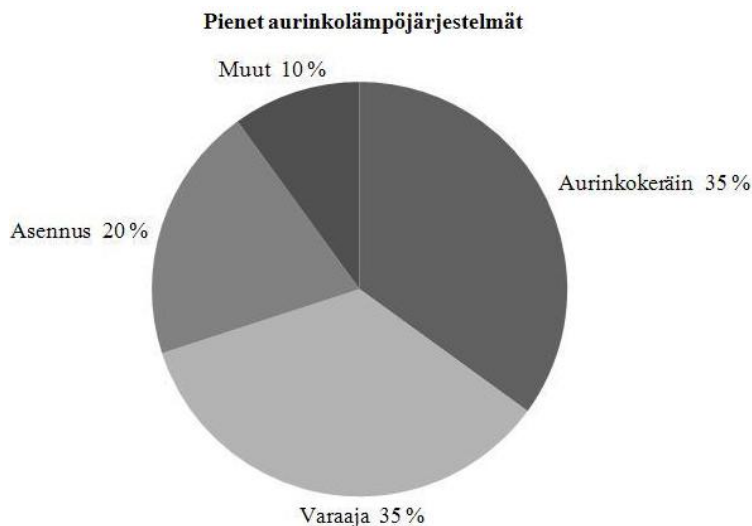
Aurinkolämpöä käytetään talon lämmitykseen tavallisesti jonkin muun lämmitysjärjestelmän rinnalla. Aurinkolämpöjärjestelmän energian saanti vaihtelee vuodenajan ja sään mukaan. Suomessa aurinkolämmitystä käytetään yleisimmin huonetilojen ja käyttöveden lämmitykseen. Kun auringon säteilemä energia otetaan talteen erillisillä kerääjillä, puhutaan aktiivisesta aurinkolämmityksestä. Uutta rakennusta suunniteltaessa voidaan hyödyntää passiivista aurinkolämmitystä. Auringon säteilyn lämmittävää vaikutusta voidaan optimoida talon sijainnilla, arkkitehtuurilla ja rakenteilla. [5, s.5.]

Aurinkolämmön passiivisessa hyödyntämisessä rakennus kerää auringon säteilyenergiaa ja lämpö varastoituu sen rakenteisiin. Tällaisissa puhtaasti passiivisesti auringon lämpöä hyödyntävissä rakennuksissa ei tarvita mitään lisälaitteita. Kaikki rakennukset varastoiivat jonkin verran aurinkoenergiaa, mutta varastoituvan energian määrä vaihtelee huomattavasti rakennusten sijoituksen, suuntauksen, muodon, ikkunoiden koon, sijainnin

sekä rakenteiden materiaalien mukaan. Oikeita valintoja rakennuksen sijoituksessa ja asiantuntevalla suunnittelulla voidaan aurinkoenergiaa passiivisesti hyödyntämällä tuottaa noin viidesosa rakennuksen kokonaislämmöntarpeesta. [6, s. 52.]

Auringon lämpöenergian aktiivisessa hyödyntämisessä säteilevä energia muunnetaan lämmöksi aurinkokeräijillä. Aurinkolämmitysjärjestelmä voidaan yhdistää kaikkiin päälämmitysmuotoihin ja se soveltuu erityisen hyvin vesivaraajalla varustettuun lämmitysjärjestelmään. Aurinkolämmitysjärjestelmää voidaan rakennuksen käyttöveden lämmityksen lisäksi käyttää huoneiden lämmitykseen, jos rakennuksen lämmönjako on vesikiertoinen. [7.]

Taso- tai tyhjiöputkiaurinkokeräimissä pumpun avulla kierrätetään jäätymätöntä lämmönsiirtoliuosta. Keräimen lämmittämän nesteen lämpö siirretään lämmönvaihtimen välityksellä lämmönvaraajaan. Aurinkolämpöjärjestelmä sisältää kokonaisuudessaan aurinkokeräimen, varaajan, pumppu- ja ohjauksikön ja putkiston. Kuvassa 1 on esitetty pienten, kiinteistöissä käytettävien aurinkolämpöjärjestelmien kustannusjakauma. [3.]



Kuva 1. Kustannusjakauma. [8, s. 10.]

## 2.4 Tuulivoima

Ilman liike synnyttää tuulen ilmamassojen lämpötila- ja paine-erojen seurauksena. Tuulen liike-energia muutetaan tuulivoimalassa siipien pyörimisliikkeeksi ja sitä kautta generaattorilla sähköksi ja muuntajan kautta sähköverkkoon. Siivet pyörittävät akselia, jo-

ka on kytketty generaattoriin. Generaattori muuttaa pyörimisenergian sähköksi, joka ohjataan muuntajan kautta sähköverkkoon. Nykyaikaiset tuulivoimalat perustuvat rakenteeltaan lentokonetekniikkaan ja suurin osa tuulivoimaloista on kolmilapaisia ja vaak akselisia. Suomessa tuulivoimalat ovat teholtaan poikkeuksetta vähintään 1 MW ja suurimpien markkinoilla olevien voimaloiden koko on 5 MW. [9.]

Suomessa parhaita tuulivoiman tuotantoon sopivia alueita ovat meri, rannikko ja tunturit, joista Suomen merialueilla selvitysten mukaan tuulivoimapotentiaali on kymmeniä terawattitunteja vuodessa. Vuoden 2010 lopussa Suomessa oli 130 tuulivoimalaa yhteis- teholtaan 197 MW ja ne tuottavat noin 0,3 prosenttia kulutetusta sähköstä. Suomen il- masto- ja energiastrategian tavoite on nostaa tuulivoimalla tuotetun sähkön osuus kuu- teen terawattituntiin vuoteen 2020 mennessä. [10.]

Pientuulivoimalat ovat teholtaan pienempiä kuin teolliseen sähköntuotantoon käytetyt tuuliturbiinit. Pientuulivoimaloita käytetään yleisesti maataloudessa, kotitalouksissa ja vapaa-ajan asunnoissa. Pientuulivoimaa sovelletaan kohteissa, mitkä eivät ole liitetty sähköverkkoon, mutta yhä useammin niitä asennetaan sähkönjakelun piirissä oleviin ta- loihin sähköverkon rinnalle, joka pienentää sähkölaskua ja lisää omavaraisuutta. Pien- tuulivoimaa käytetään Suomessa yleensä akkujen lataukseen ja niistä sähkön käyttöön 12, 24, 48 tai 230 V:n järjestelmissä, lämmitysenergian tuottamiseen kiinteistön lämmi- tysjärjestelmän vesi- tai massavaraajaan, lämmitysenergian varaus käyttöveden varaa- jaan tai suoraan sähköntuotantoon kiinteistön sähköverkkoon, jolloin voimalan tuottama tasasähkö muutetaan tavalliseksi verkkosähköksi. Pientuulivoimalat ovat teholtaan enin- tään 20 kW. Pienitehoisempien pientuulivoimaloiden tehoalue alkaa siitä mihin aurin- kopaneelien tehot päättyvät. Alle 10kW:n pientuulivoimaloita kutsutaan mikroturbii- neiksi. [11.]

Tuulivoimalan valintaan esimerkiksi vapaa-ajan käyttökohteeseen vaikuttaa sen sijainti. Tuulivoimalan valintaan vaikuttavat tekijät ovat, että onko kohteen asennuspaikka saa- ristossa, järven rannalla vai sisämaassa. Kohteen sijainnin mukaan tulee tarkastaa pai- kalliset tuuliolosuhteet, jonka mukaan valitaan tuulivoimala. Tuulivoimalaksi valitaan voimala, joka tuottaa sähköä pienilläkin tuulilla ja kestää jatkuvaa kovaa rasi- tusta. Voi- malan koko riippuu myös sähköntarpeesta. Sisämaahan soveltuu 200 W:n voimala, joka

tuottaa sähköä pienellä jo 3 m/s:n tuulennopeudella. Asennuspaikaksi tulee valita mahdollisimman tuulinen paikka. Yleensä mökkikäyttöön sopiva voimalan koko on 1000 W. [38, s.1-2.]

### **3 Aurinkosähkötekniikka**

Aurinkosähkötekniikassa järjestelmän laitteet lukuun ottamatta itse sähköä tuottavaa paneelia ovat pääpiirteittäin samanlaisia ja samoja, kuten tuulivoimalajärjestelmissä. Aurinkosähkö on erittäin käyttökelpoista kohteissa, joissa halutaan lisätä omavaraisuutta tai sähköliittymää ei tarvita ja tuulienergiaa ei ole saatavissa riittävästi. Aurinkosähkön hankinnan kannattavuudelle on kuitenkin tiettyjä pääehtoja, jotka tulee huomioida ennen kun hankitaan itse järjestelmä.

#### **3.1 Aurinkosähköjärjestelmä**

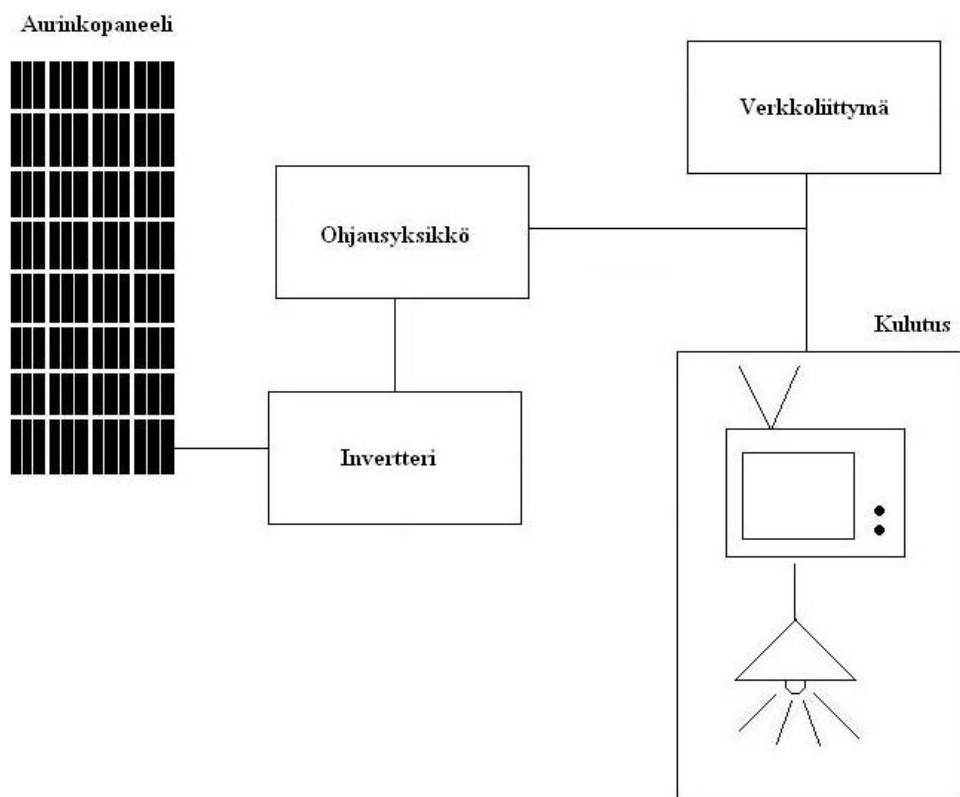
Aurinkosähköjärjestelmä sisältää tyypillisesti paneelin, lataussäätimen ja energian varastointiin tarvittavan akuston. Yleisesti aurinkosähköjärjestelmässä on 1 - 2 paneelia riippuen tarvittavasta energiamäärästä. Paneeli muuttaa auringon valon suoraan 12 voltin tasajännitteeksi, mikä varastoidaan akkuihin. Liittämällä järjestelmään vaihtosuuntaaja eli invertteri, voidaan kohteessa käyttää normaaleja 230 V:n jännitteellä toimivia kotitalouslaitteita. Järjestelmä soveltuu hyvin mökin valaisuun, veden pumppaukseen sekä yleisimpien sähkölaitteiden, kuten television, kannettava tietokoneen ja kännykän laturin käyttöön. Paneelitehoa lisäämällä voidaan ottaa käyttöön 12 V:n tasajännitteellä toimiva jääkaappi. [12.]

Aurinkopaneeleiden ympärille rakennettavien aurinkosähköjärjestelmien kokoonpano riippuu monesta asiasta, kuten esimerkiksi käyttötarkoituksesta, mihin paneelit asennetaan, syötetäänkö sähkövirta suoraan verkkoon tai käytetäänkö vaihto- vai tasavirtaa. Kuvassa 2 esitetään verkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmien periaatteet. [13.]

Omavaraisen aurinkosähköjärjestelmän varavoimanlähteenä voidaan käyttää esimerkiksi dieselgeneraattoria, jolla taataan energian saatavuus ympäri vuoden. Omavarainen pienjärjestelmä (kuva 3) on käyttökelpoinen vapaa-ajan asunnoille asennettava aurinkosähköjärjestelmä. Vaikka omavaraisella aurinkosähköjärjestelmällä valaistaan asunto,

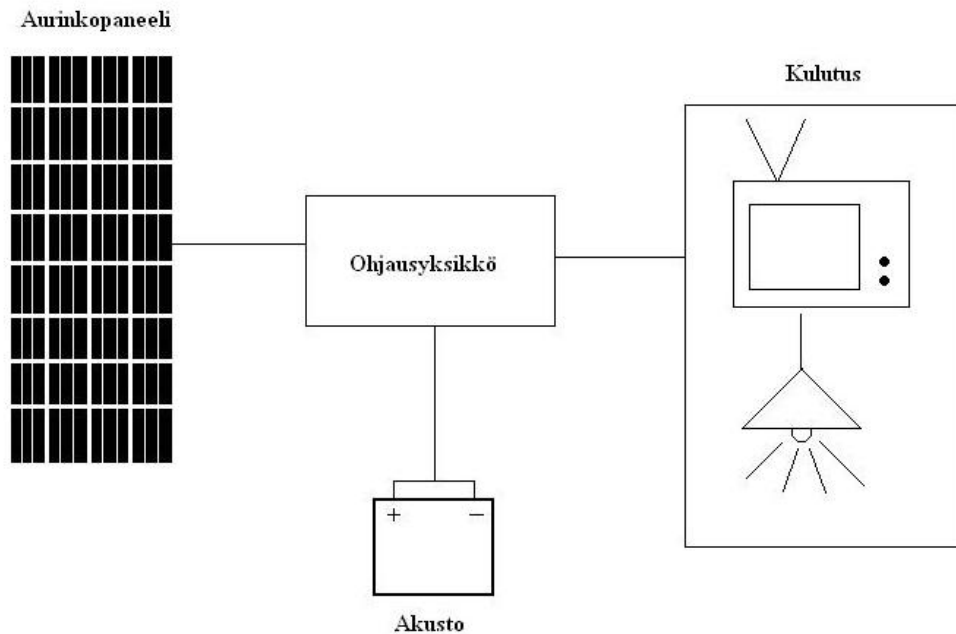
hoidetaan vesihuoltoa tai käytetään jääkaappia, täytyy kuitenkin muistaa, ettei aurinkosähköä kannata käyttää keittämiseen, käyttöveden ja tilan lämmittämiseen. Kuorman ja tehontarpeen ollessa pieniä tulee vapaa-ajan asunnoissa käyttää suoraan 12 voltin tasasähköä, koska silloin tasasähkö ei vaadi häviöitä aiheuttavia vaihtosuuntaajia. Sen sijaan asennusvaiheessa pitää ottaa huomioon kaapeloinneissa ja kontakteissa aiheutuvat häviöt. Jos tehontarve ja kuorman teho nousevat, voidaan vapaa-ajan asunnoissa siirtyä vaihtovirtajärjestelmiin. [6, s. 147-148]

Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä



Kuva 2. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. [13.]

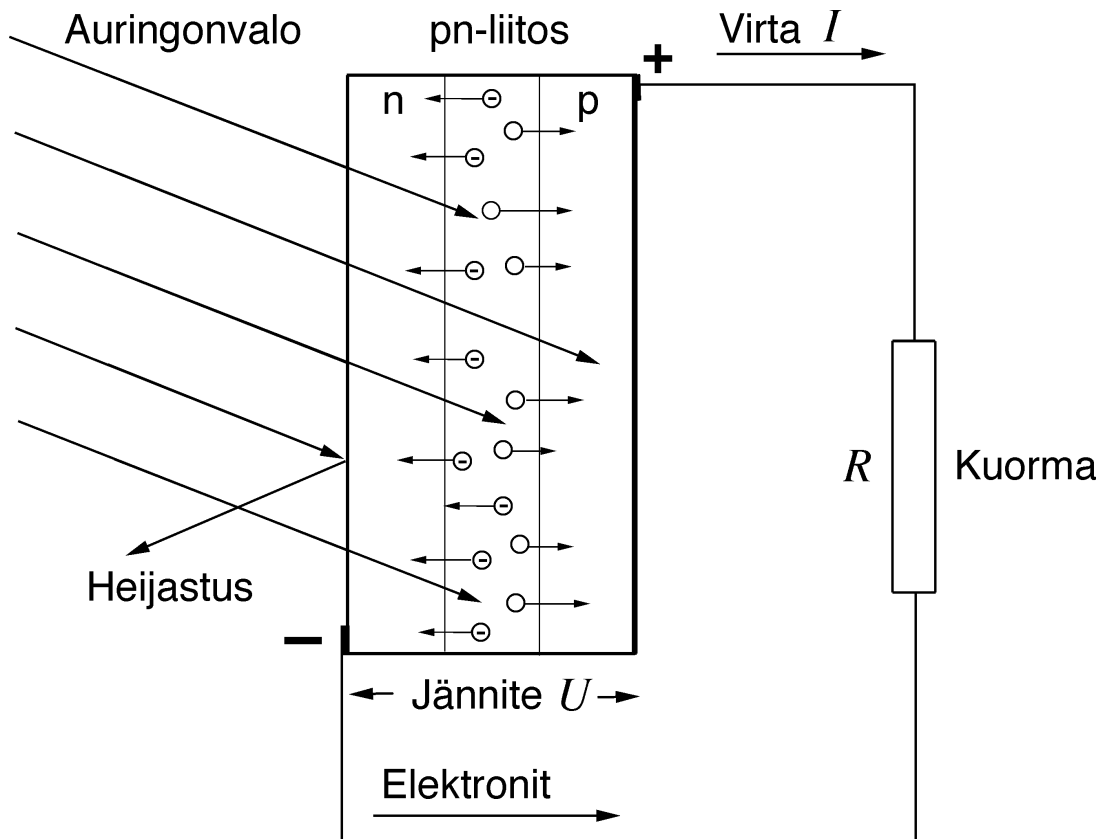
### Omavarainen aurinkosähköjärjestelmä



Kuva 3. Omavarainen aurinkosähköjärjestelmä. [13.]

### 3.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Aurinkosähkökennot ovat aurinkosähkötekniikan peruselementit. Kennot ovat puolijohdekomponentteja, jotka koostuvat kahdesta tasaisesta puolijohdekerroksesta ja niitä erottaa rajapinta. Rajapinnoilla vastakkain ovat n-tyyppinen ja toisella puolella p-tyyppinen puolijohde. Kasaantuessa toiselle puolelle elektronit jättävät aukkoja toiselle puolelle. Siten kennoon syntyy sisäinen sähkökenttä näiden kerroksien yli, joka on esitetty kuvassa 4. Kennot tuottavat tasasähköä valosähköiseen ilmiöön perustuen lähes säteilytehonsa verran. [6, s. 128–129.]



Kuva 4. Aurinkopaneelin toimintaperiaate. [26, s.1.]

Piistä valmistetut aurinkopaneelit muuttavat auringon säteilyenergian sähköiseen muotoon. Tuloksena syntyvää tasajännitettä voidaan käyttää yksinkertaisimmillaan 12 V:n akkujen lataamiseen. Piikentot leikataan noin 300  $\mu\text{m}$  paksuiksi piikiekoiksi, joihin kerrostetaan puolijohdepinnat. Piikennon ala- ja yläreunan väliin syntyy valon vaikutuksesta 0,4 – 0,5 DC:n elektroninen varaus. Näitä kennoja sarjaan kytkemällä saadaan paneelin kytkentänavoista valomäärästä riippuen muutamasta tasajännitevoltista noin 20 DC:hen. Näin valmistetaan yksikide- ja monikiderakenteiset aurinkokennot, joiden hyvänä puolena pidetään kiderakenteen stabiilisuutta eli piikide ei muuta olomuotoaan vuosienkaan saatossa. Käyttäjän kannalta tämä tarkoittaa sitä, että kenno tuottaa saman verran sähköä uutena kuin kymmenien vuosien käytön jälkeen. Useat paneelivalmistajat testaavat jokaisen aurinkopaneeleissa käytettävän kennon osan erikseen ja valikoivat samanlaatuiset kennot samaan paneeliin. Näin valmistetut aurinkopaneelit ovat erittäin tasalaatuisia ja tuottavat heikoissa olosuhteissa paremmin sähköä. [14.]

### 3.2.1 Uutta aurinkopaneeliteknologiaa

Saksalainen Heliatek-yritys on valmistanut uudenlaisen kalvomaisen aurinkopaneelin. Paneeli on valmistettu pienistä orgaanisista molekyyleistä, jotka sijaitsevat polyesterikalvolla. Paneelin käyttämä teknologia on samanlaista kuin taulutelevisioiden ja puhe-  
limien näytöissä. Paneeli on joustava ja paljon kirkkaampi sekä se tuottaa oikeanlaisissa olosuhteissa yhtä paljon energiaa kuin perinteinen aurinkopaneeli. [15.]

Teknologiaa sovelletaan tällä hetkellä lähinnä voimalaitoskäyttöön, mutta se on integroitavissa myös rakennuksiin. Paneelin todella kevyen rakenteen ja joustavuuden vuoksi se soveltuu erinomaisesti esimerkiksi betonirakennusten julkisivuille. Kalvopaneelien läpikuultavuuden kehittyessä ne soveltuvat käytettäväksi myös ikkunoissa eikä niitä tarvitse ankkuroida raskaasti telineisiin. [15.]

Orgaanisten aurinkopaneelien teknologia on sinällään jo vanhaa. Niiden kennoissa on halpoja orgaanisia molekyyliä kuten pitkiä polymeerejä, jotka ovat kuitenkin tehottomia ja lyhytikäisiä. Heliatekin innovaatio on materiaaleja vaihtamalla tehdä niistä tehokkaampia ja pitkäikäisempiä, kuten käyttämällä oligomeerejä polymeerien sijaan. Kalvo on helppo pinnoittaa oligomeereillä ja ne on helppo säätää tietylle valon aallonpituudelle ja pinnan tasaisuus tehostaa niiden toimintaa. [15.]

Heliatekin kalvopaneelien hyötysuhde on kahdeksan prosenttia vanhojen polymeeri-aurinkokennojen 3 - 5 prosentin sijaan. Perinteiset piistä valmistetut aurinkokennot kykenevät noin 15 prosentin hyötysuhteeseen. Heliatekin kalvopaneelien hyvänä puoleena on, että niiden hyötysuhde ei romahda hämärässä ja kuumassa yhtä paljon kuin perinteisten paneelien. Muodostamalla kaksoiskennoja, jotka vastaanottavat eri aallonpituista valoa, kalvopaneelien hyötysuhde saadaan nousemaan yli 12 prosenttiin, joka tekee niistä kilpailukykyisiä. [15.]

Nykyisin markkinoilta löytyy valikoima erilaisia ja erimuotoisia aurinkopaneeleita. On rullattavia malleja sekä taiteltavia malleja, jotka soveltuvat esimerkiksi retki- ja vaelluskäyttöön.

### 3.3 Järjestelmän muut laitteet ja tarvikkeet

Järjestelmään kuuluu erilaisia laitteita, joilla energia saadaan siirrettyä kulutuslaitteille tai toimivat muuten osana toimivaa ja taloudellista järjestelmää. Kaikki osa-alueet aina paneeleiden kiinnityksestä tasasähkön tavalliseksi verkkosähköksi muuttavasta invertteristä tulee valita ja mitoittaa oikein käyttökohteen ja –asteen mukaan.

#### 3.3.1 Akut

Vain aurinkosähköjärjestelmiin soveltuvia akkuja ei ole olemassa, vaan on paljon akkuja jotka soveltuvat käytettäväksi aurinkosähköjärjestelmissä. Akusto on aina järjestelmäkohtainen, sillä käyttölaitteet ja järjestelmän laajuus asettavat akustolle vaatimuksia, joiden mukaan valinta tulee suorittaa. Akut on jaettavissa kolmeen pääryhmään niiden rakenteen mukaan: avonaiset, suljetut ja geeli eli hyytelöakut. Johtavat lataussäädinvalmistajat ovat huomioineet nämä rakenteelliset erot. [16.]

Avonaisia lyijyakkuja on perinteisesti käytetty mökkikäytöissä perustuen suoraan niiden hankintahintaan ja toimivuuteen. Huollon kannalta avonaisen akun varaustaso voidaan mitata happomittarilla, sekä veden lisäys on mahdollista lataushäiriön jälkeen, mikä on yleensä seuraus väärästä tai viallisesta lataussäätimestä. Näistä akuista käytetään myös nimitystä huoltovapaa akku, sillä nykyisten akkujen kehittyneen korkki- ja kansirakenteen ansiosta vetykaasua kierrätetään, jolloin veden lisäys jää minimiin. Ominaista avoimelle paikallisakulle on sen hyvä syklinen kestävyys ja pitkä käyttöikä ja huonona puolena alhainen varausjännitteen ylläpito. [16.]

Suljettuihin akkuihin ei tarvitse lisätä vettä koko sen elinkaaren aikana ja niiden pieni kaasunkehitys ja sijoitettavuus eri asentoihin mahdollistavat optimaalisen tilankäytön. Noudattamalla akun valmistajan varausohjeita vaatii suljettu akku rakenteensa vuoksi tarkemman lataussäätimen. Nämä tiedot löytyvät yleensä akun käyttöohjeesta. [16.]

AGM–akut ovat rakenteeltaan suljettuja akkuja, mutta niissä akkuhappo on imeytetty lyijylevyjen väliin asennettuihin lasikuitulevyihin. Tällä rakenteella saavutetaan korkeita virtoja ulos antava rakenne ja akkuun voidaan laittaa enemmän lyijylevyjä, sillä lasikuitulevy on eristeenä paljon ohuempi kuin pelkkä neste. AGM–akku toimii hyvin käynnistysakkuna. AGM–akku ei ladatessaan vuoda happoja eikä päästä vetykaasuja

ympäristöön, joten se voidaan asentaa mihin asentoon tahansa ilman erillistä akkulaatikkoa. AGM-akku on pitkäikäinen oikein käytettynä ja sillä on parempi varauskyky kuin perinteisellä suljetulla akulla. [17.]

Geeli- eli hyytelöakussa elektrolyytti on imeytetty geelimäiseen hyytelöön. Geeliakku soveltuu käytettäväksi kohteeseen jossa on nopeat syklit ja ne kestävät alijännitteitä. Niiden lataamisessa tulee ehdottomasti käyttää lämpötilakompensointia, eikä niitä tule asentaa, ellei ole varmistunut latauksen sopivuudesta. Geeliakku voidaan sijoittaa asentovapaasti sekä ilman erillistä akkulaatikkoa, sillä se ei päästä vetykaasua eikä vuoda happoja. Geeliakut kestävät hyvin kylmää, joten pakkasen ei niitä itsessään riko. [17.]

### 3.3.2 Lataussäätimet

Lataussäätimen pääasiallisena tehtävänä on akun ylilataamisen estäminen. Lataussäätimessä on yleensä myös järjestelmän pääkytkin sekä akun varaustilaa osoittavat näyttöledit tai mittaritaulu. Lataussäätimissä on normaalisti myös kytkentäpaikat vähintään kahdelle paneelille ja sulakelähdöt muutamille kulutusryhmille ja käyttölaitteille. Lataussäätimessä on yleensä sisään kytketty diodi, joka estää akun purkautumisen paneelin kautta silloin, kun valoa ei esiinny. Mikäli diodi tulee asentaa erikseen, se on käytännöllistä sijoittaa paneelin omaan kytkentärasiaan. Kuluttajan kannalta on tärkeää lataussäätimen valinnassa ottaa huomioon säätimen oma virrankulutus ja kellutuslataus, joilla on suuri merkitys akun elinikään. [18.]

Aurinkosähköjärjestelmien yhteydessä käytettävien perinteisten lyijyakkujen varaustila muuttuu akun napajännitteeseen verrannollisesti. Lähes kaikki tämän päivän kaupalliset aurinkopaneelit tuottavat ja antavat paneelista korkean lähtöjännitteen. Tämän vuoksi akun tullessa täyteen ja napajännitteen noustessa yli 14,5 voltia, akku alkaa kiehua ja luovuttaa ympäristöön räjähdysherkkää vetykaasua. On tärkeää rajoittaa latausta erillisellä säätimellä akun tullessa täyteen. Lataussäätimiä on kolme erilaista päätyyppiä riippuen siitä, miten akkua ladataan sen tuloa täyteen ja mikä on lataussäätimen kokonaishyötysuhde suhteessa sen omaan energiankulutukseen. [19.]

Latausreleperiaatteella toimivat perussäätimet toimivat, kun akku tulee täyteen, säätimen latausrele vetää ja siinä oleva kosketin irrottaa latauspiirin galvaanisesti akusta. Pe-

russäätimen hyvänä puolena on sen yksinkertainen rakenne ja laitteen edullinen hankintakustannushinta. Laitteen huonona puolena on liiankin yksinkertainen rakenne, jolloin suuret lämpötilan vaihtelut sekä ikääntyneeseen akkuun liittyvät seikat rajoittavat perussäätimien käytettävyyttä merkittävästi. Tämän vuoksi perussäätimiä ei suositella ikääntyneiden tai ympärivuotisessa käytössä olevien akkujen lataamiseen. [19.]

Älykkäiden MPPT-tekniikkaa käyttävien hakkurisäätimien toimintaa ohjaa oma prosessori, joka valvoo akun napajännitteen muuttumista ja estää akun ylilataantumisen. Säätimessä sijaitsevasta näytöstä on luettavissa lukuarvona akun varaustila. Älykkäät hakkurisäätimet toimivat syväpurkaussuojana estäen akun tyhjenemisen virhetilanteessa. Säätimillä on mahdollista myös nostaa latausvirran määrää hetkellisesti silloin, kun akun varaustila on alhaalla ja paneelin kennojännite on korkea. [19.]

MPPT-tekniikassa säädin säätää jännitteen (V) ja virran (A) akuston varaustilan mukaan siten, että näiden tulona tuleva teho ( $V \times A = W$ ) on mahdollisimman suuri. Perinteiseen PWM-säätimeen verrattuna MPPT-tekniikka kykenee normaalisti ottamaan 24–35 prosenttia enemmän tehoa irti paneelin tuottamasta tehosta tehollatausvaiheessa perinteisellä 12 V:n paneelilla +25 C°:n lämpötilassa. [20.]

Älykkäiden PWM-säätimien lataustoimintaa hoidetaan mikroprosessorin avulla ja laitteen älykkäällä pulssileveysmodulaatiolla (PWM) saavutetaan lataustuloksen kannalta merkittäviä etuja. Akun tullessa täyteen säädin ei lopeta latausta kokonaan, vaan latausta jatketaan edelleen koko ajan pulssittamalla akkuun latausvirtaa, jolloin ikääntynytkin akku varautuu. Säätimellä on erittäin pieni virrankulutus sekä syväpurkaustoimintoja estämässä syväpurkautumisen virhetilanteessa. Laite ei sisällä mekaanisia releitä vaan toiminta on täysin elektronista. PWM – säätimiä suositellaan käytettäväksi isoissa järjestelmissä ja yli vuoden käytössä olleiden akkujen lataukseen. [19.]

Lataussäätimille on määritelty suurin paneeliteho ja suurin latausvirta, jonka lataussäädin kestää. Lataussäätimen tulee kestää paneelin tai paneelien yhteenlaskettu latausvirta, johon on lisätty vielä 25 % varmuuskertoimeksi. Tämän mukaan lataussäätimen koko on 1,25-kertainen paneelin latausvirtaan nähden. Jos järjestelmässä on nimellisteholtaan 100 W paneeli ja akuston jännite on 12 V, tulee paneelin virraksi tällöin  $100 \text{ W} / 12 \text{ V}$

eli 8,33 A. Kun virta arvo kerrotaan 1,25:llä, saadaan lataussäätimen virraksi 10,4 A. Tässä tapauksessa valittaisiin 10 A:n maksimivirraltaan olevan lataussäädin. [21.]

### **3.3.3 Invertterit**

Kiinteistön käyttöasteen ja järjestelmän käyttölaitteiden määrän kasvaessa mukavuuden halun myötä on mahdollista varustaa aurinkosähköjärjestelmä vaihtosuuntaajalla eli invertterillä, joka muuntaa akuista saatavan 12 voltin tasajännitteen 230 voltin vaihtojännitteeksi. Eri valmistajilta löytyy 12 voltin järjestelmään sopivia kotitalouslaitteita aina jääkaapista kahvinkeittimeen, mutta niiden hankintahinta on kallis ja toiminta voi olla hidasta.

Kalliimmat invertterit tuottavat puhdasta siniaaltoa eli verkkosähköä vastaavaa sähköä, joten vaativimmatkin kotitalouslaitteet toimivat ilman häiriöitä. Hyötysuhteeltaan laadukkaimmat invertterit ovat noin 90 prosenttia. Toisin kuin kalliit invertterit, halvemmat invertterit tuottavat puolestaan modifioitua siniaaltoa eli niin sanottua kanttiaaltoa, joka voi aiheuttaa häiriöitä herkissä laitteissa esimerkiksi televisioon ja kannettavaan tietokoneeseen. Valmis vaihtosuuntaajalla varustettu järjestelmä on mahdollista myöhemmässä vaiheessa liittää suoraan sähköverkkoon ilman isoja muutostöitä. Invertterin tiedoissa on ilmoitettu jatkuvan kuormituksen tehon arvo sekä hetkellisen tehon arvo, joiden mukaan invertterin koko mitoitetaan. Pienissä järjestelmissä invertterin saa olla teholtaan suurempi kuin arvioitu kulutuslaitteiden ottama teho, mutta isommissa mökkijärjestelmissä tämä ei ole mahdollista ja järkevää.

### **3.3.4 Johdot ja kaapelit**

Järjestelmän tasasähköpuolella tulee käyttää monisäikeisiä kuparijohtoja ja kaapeleita. MMJ johto ei sovellu tasasähköasennuksiin. Sopivia käytettäviä monisäikeisiä kuparijohtoja ovat esimerkiksi DRAKAN MKEM ja AJMY ja maavedoissa MCMK. MKEM tyyppistä löytyy johdin paksuutta aina laiteasennuspaksuuksista akkukaapelipaksuuksiin, joten se soveltuu kaikkiin tasasähköasennuksiin. Käytettäessä invertteriä, vaihtosähköpuolella käytetään samoja kaapeleita kuin kiinteistöasennuksissa, kuten MMJ ja MCMK.

### 3.3.5 Suojaus ja suojalaitteet

Aurinkosähköjärjestelmän eri laitteet tulee suojata asianmukaisesti oikein mitoitetuilla tai yleensä valmiin järjestelmän mukana tulevilla ohjeiden mukaisilla suojalaitteilla tai sulakkeilla. Nykyisin monesti käytetään aurinkosähköjärjestelmien tasasähköpuolen suojalaitteina automaattisulakkeita, jotka toimivat samalla myös erotuskytkimenä esimerkiksi järjestelmän huoltoja varten. Järjestelmä eri suojalaitteita ovat paneelin ja säätimen suojasulake, akun ja säätimen suojasulake ja invertterin suojasulake. Jos käytössä on 230 voltia, silloin suojalaitteina myös vikavirtasuoja sekä kuormaryhmäsulakkeet. Kaikki tasasähköpuolen kulutusryhmät tulee myös suojata oikean kokoisin sulakkein. [37.]

### 3.3.6 Asennustarvikkeet

Aurinkopaneelien asennustelineet ovat tärkeä osa järjestelmää ja telineiden tulee olla valmistusmateriaaleiltaan laadukkaita, koska telineet joutuvat olemaan säiden ja tuulten armoilla vuosia. Telineissä olisi hyvä olla hyvät säätömahdollisuudet, sillä paneeleita pitää pystyä säätämään optimaaliseen kulmaan aurinkoon nähden. Automaattisesti auringon mukaan säätävät telineet ovat aktiivisia asennustelineitä eli aurinkoseuraajia. Aurinkoseuraajan etuna on, että sillä voidaan paneelin tuotto nostaa jopa 70 prosenttia verrattuna kiinteästi telineisiin asennettuihin paneeleihin. [22.]

Aurinkosähköjärjestelmien myyviltä yrityksiltä löytyy yleensä myös valmiita asennustarvikepakkauksia, joiden sisältö vaihtelee yleensä myyjittäin. Tavallisesti näihin pakkauksiin kuuluu happomittari, abiko-pihdit, liitinsarja, erikoispistorasioita ja pistotulpia, jakorasioita, katkaisijoita, ruuveja sekä kaapeleita ja kaapelikiinnikkeitä. Aurinkosähköjärjestelmää tilattaessa kannattaa tiedustella, mitä tarvikkeita tarvitsee, koska jokainen asennuskohde on yksilöllinen.

Vapaa-ajan asuntojen aurinkosähköjärjestelmän asennussarjaan voi kuulua lisäksi myös asennusjohtaja, naulakiinnikkeitä, akkukengät, sulakkeet sekä asennusohjeet. Järjestelmään voidaan myös liittää muita 12 V:n ja invertterikäytössä 230 V:n laitteita ja tarvikkeita. [23.]

### 3.4 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan kohteen käyttöasteen ja energiantarpeen mukaan. Käyttöaste ja energiantarve saadaan määriteltyä siitä, kuinka usein kohdetta käytetään, kuinka pitkiä aikoja kohteessa oleskellaan kerralla ja mitä sähkölaitteita kohteeseen halutaan liittää ja kuinka paljon niitä käytetään. Järjestelmän johdoissa ja niiden liitoksissa, kaapelikengissä ja laitteissa aiheutuu häviöitä, joten järjestelmä tulee hieman ylimitoittaa, mutta ei kuitenkaan liian suureksi lisäkustannuksien välttämiseksi ja energiatehokkuuden ylläpitämiseksi.

Hyvä nyrkkisääntö aurinkosähköjärjestelmän energian tuoton arvioimisessa on kertoa aurinkopaneelin nimellisteho tuhannella. Eli 100 watin paneeli tuottaa tällä laskettaessa likimain  $1000 \times 100 \text{ W}$  eli 100 kWh sähköä, kun sen huipputehon käyttöaika on noin 1000 tuntia vuodessa. Tämä edellyttää, että paneeli on sijoitettu suoraan etelään noin 45 asteen kulmassa, paneelia ei varjosta mikään ja paneeli pidetään puhtaana liasta ja roskista. [24.]

Tarkemmassa mitoituksessa on hyvä huomioida, että vapaa-ajan käytössä järjestelmä ei pysty muutamana käyttöpäivänä tuottamaan kaikkea haluttua energiaa. Auringonsäteily on epäsäännöllistä eri kuukausina ja päivinä, koska usein jokin käyttökuukausista on säteilyltään muita heikompi. Omavarainen aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan siten, että haluttu paneeliston energian tuotto  $W_{hp}$  on 1,1 – 1,5-kertainen energian tarpeeseen  $W_{hkok}$  verrattuna ja akuston kapasiteetti vastaa käyttöajan vastaavaa kulutusta.

[6, s. 157]

Aurinkopaneelin nimellisteho pystytään määrittelemään niin, että sen tuottama energia kattaa halutun kuorman ja aiheutuvat häviöt. Ensimmäiseksi määritellään aikaisemmin mainittu käyttöaste eli käyttöön tulevat kuormat, niiden tehot ja arvioidut käyttöajat, joista määritellään laitteiden päivittäinen enimmäistehontarve  $W_{hkok}$ . Seuraavaksi tulee arvioida keskimääräinen päivittäinen säteily määrä  $t_h$  tunteina käyttöajalle lähimmän saatavilla olevan sääaseman tilastojen perusteella. Paneeliston nimellistehoa  $W_p$  laskettaessa tarvitaan järjestelmähyötysuhdetta  $n_{sys}$ , joka akullisilla järjestelmillä on 0,6 – 0,7. Seuraavilla kaavoilla saadaan mitoitettua paneelin nimellisteho. [6, s.157]

Haluttu paneeliston tuotto (Wh): (1)

$$W_{hp} = W_{hkok} \times 1,1 \dots 1,5$$

Paneeliston nimellistehon määrittäminen (W): (2)

$$W_p = \frac{W_{hp}}{n_{sys} \times t_k}$$

Esimerkki: On arvioitu, että kohteessa vierailaan viikonloppuisin 1-2 vuorokautta ja kulutetaan vuorokaudessa 900 Wh. Auringon paistetuntimäärä käyttöaikana kesäkuusta heinäkuuhun 9h / vuorokausi. Järjestelmähyötysuhde on 0,7 ja käytetään kerrointa 1,3 halutun tuoton määrittämisessä. Tästä saadaan laskutoimitus,

$$W_p = \frac{900Wh \times 1,3}{0,7 \times 9h} = 185,7W$$

Tästä voidaan todeta, että 180 W:n paneeli riittää tuottamaan tarpeellisen aurinkosähkön kohteeseen viikonloppukäyttöön.

Vapaa-ajan asunnon energiantuotto ja -kulutus saattaa vaihdella suuresti eri ajanhetkinä. Tästä johtuen järjestelmän mitoituksessa on huomioitava tarvittava akkukapasiteetti. Akut mahdollistavat varastoidun energian käyttämisen myös myöhempänä ajankohtana esimerkiksi yöllä. Jos kohteen energian kulutus on käyttöaikana esimerkiksi viikonloppuna 2000 Wh vuorokautta kohden, sen tuottamiseksi suoraan akustosta tarvitaan 167 Ah varastoitunutta energiaa. Laskutoimituksena  $2000 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 167 \text{ Ah}$ . Jos järjestelmää käytetään useampia päiviä putkeen, tulee akun kapasiteetti kertoa käyttövuorokausien lukumäärällä. [24.]

### 3.5 Johtojen mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on pyrittävä siihen, että järjestelmän eri osien etäisyys toisistaan on mahdollisimman pieni. Ohjauksyksikön ja aurinkopaneelin välisen johdon pituuden määrittelee johdon paksuus ja paneelin teho. Akuston ja ohjauksyksikön välisen johdon pituuden tulisi olla alle 2 metriä. Järjestelmän vaihtosähköpuolella voidaan käyttää tasasähköpuolta ohuempia johtoja. [13.]

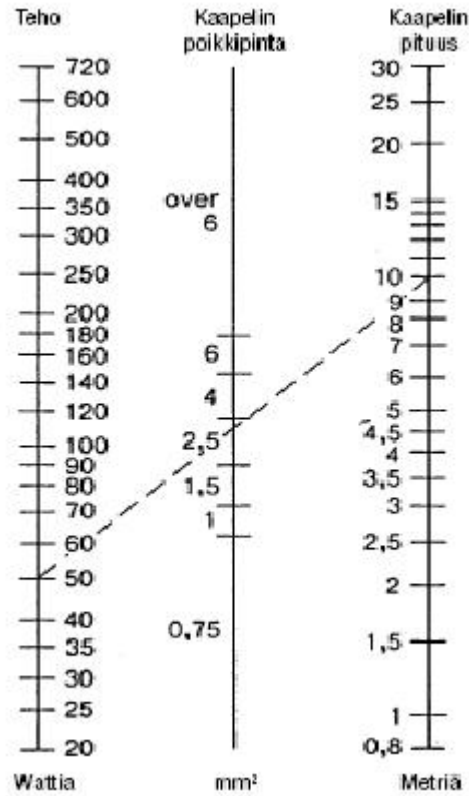
Johtojen oikea mitoitus on keskeinen turvallisuustekijä ja vaikuttaa myös sähkön laatuun kulutusasteissa sekä verkon taloudellisuuteen. Sähköturvallisuusstandardin mukaan on johtimien poikkipintojen mitoituksessa huomioitavat seuraavat seikat: suurin sallittu lämpötila (kuormitettavuus), oikosulkukestoisuus, jännitteenalenema, johtimiin kohdistuvat mekaaniset rasitukset ja vikasuojauksen kannalta virtapiirin suurin sallittu impedanssi. [25.]

Käytettäessä 12 voltin tasajännitettä tarvitaan suurempia virtoja saman tehon saavuttamiseen mitä saadaan käytettäessä 230 voltin vaihtosähkö jännitettä. Riittävän tehon siirtämiseen kulutuslaitteille pitää johtojen olla tarpeeksi paksuja. Käytettäessä johdinta minkä poikkipinta-ala on liian pieni, jännite putoaa. Tätä kutsutaan jännitehäviöksi tai jännitteen alenemaksi. Koska jännite on lähtiessään matala, pienetkin häviöt aiheuttavat jo seurauksia laitteilla. Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi sähkömoottori voivat palaa toimiessaan liian pienellä jännitteellä, koska jännitteen laskiessa laskee tehokin. Suurin sallittu jännitehäviö 12 voltin laitteistoissa on 0,4 voltia. [36, s.31]

Mitä paksumpi johdin, sitä pienemmäksi vastus johtimessa muuttuu. Kun käytetään liian ohutta johtoa, osa tehosta muuttuu lämmöksi. Suuret virrat liian ohuessa johdossa aiheuttavat palonvaaraa. Kuvassa 5 on esitetty kaavio johtimien mitoituksesta. Tasasähköjärjestelmien johtimien mitoituksessa on muutamia eri mitoitusapoja, mutta tässä yksi niistä. Periaate on, että 20 A:n virtaa metrin matkalle 1 mm<sup>2</sup> paksua johdinta. Jos johdin syöttää valaistusta, jonka yhteenlaskettu teho on 25 W ja johtimen pituus on 10 metriä, saadaan johtimen paksuus laskettua seuraavasti.

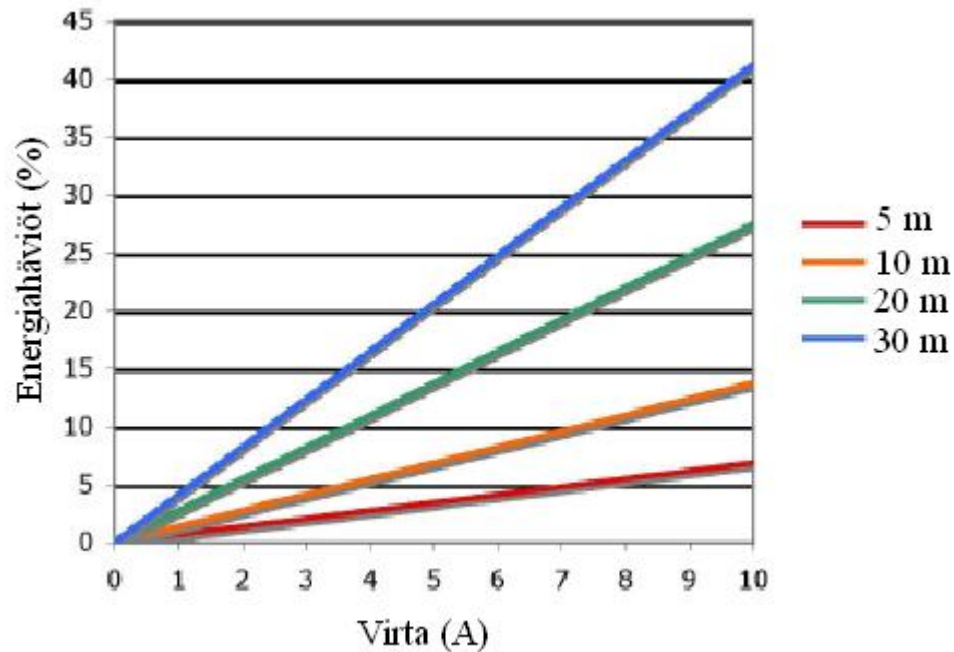
$$\frac{25W \times (2 \times 10m)}{12V \times 20A} = 2,1mm^2 \text{ eli johdin paksuus on } 2,5mm^2$$

[36, s.31]



Kuva 5. Kaapelin valintataulukko. [36, s.31]

Tasasähköjärjestelmien siirtojohtoissa kulkeva virta lämmittää johdinta, joka aiheuttaa tehohäviöitä. Tehohäviöt saadaan laskettua yhtälöstä  $P = I^2R$ , missä  $I$  on johtimessa kulkeva virta (A) ja  $R$  on johtimen resistanssi ( $\Omega$ ). Siirtohäviöiden pienentämiseksi johtimessa kulkevan virran tulisi olla mahdollisimman pieni ja johtimen resistanssi mahdollisimman pieni eli johtimen tulisi olla mahdollisimman paksu ja hyvin sähköä johtava, esimerkiksi kuparia. [26, s.8.]



Kuva 6. Eri siirtomatkojen aiheuttamat tehohäviöt 2mm<sup>2</sup> kuparikaapelissa. [26, s. 9.]

Kuvassa 6 on esitetty virran vaikutus poikkipinta-alaltaan 2mm<sup>2</sup> (johtimen halkaisija 1,6mm) kuparikaapelin tehohäviöihin eri siirtomatkoilla 12 voltin järjestelmässä. Laskelmassa on huomioitu meno- ja paluujohtimen pituus. 5 metrin siirtojohtimen virran ollessa 7 A, jäävät johdon tehohäviöt 5 prosenttiin. Johtimen tehohäviöt kasvavat suoraan suhteessa johdon pituuteen siten, että 7 A virralla 10 metrin pituisella johdolla häviöt ovat 10 prosenttia, 20 metrin johdolla 20 prosenttia ja 30 metrin johdolla jo 30 prosenttia. [26, s.9.]

Tehohäviöitä saadaan pienennettyä johdon poikkipinta-alaa kasvattamalla tai jännitettä nostamalla. Johdon kaksinkertainen pinta-ala pienentää häviöt puoleen ja samoin käy 24 voltin järjestelmissä. Häviöt ovat pieniä pitkälläkin matkalla virran ollessa pieni. Kuparijohdon (menojohdin + paluujohtin) aiheuttamat tehohäviöt saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$\text{Häviöt (\%)} = \frac{(3,4 \times \text{virra} \times \text{johtimen pituus(m)} / \text{johtimen poikkipinta - ala(mm}^2))}{\text{jännite (V)}}$$

Johtimet tulee pyrkiä mitoittamaan siten, että siirtohäviöt eivät ylitä 5 prosenttia. Mitä pidempi johtimen siirtomatka on, sen paksumpi johtimen tulee olla. [26, s.9.]

### 3.6 Järjestelmän laitteiden sijoittaminen

Aurinkosähköjärjestelmän laitteiden sijoittamisella on taloudellinen vaikutus järjestelmien hintaan ja toimintaa. Väärin asennetut ja suunnatut paneelit eivät tuota haluttua määrää energiaa, akuston väärin sijoittaminen voi lyhentää niiden käyttöikää ja sillä voi olla terveydelle haitallisia vaikutuksia, sekä välimatkat eri laitteiden välillä lisäävät häviöitä.

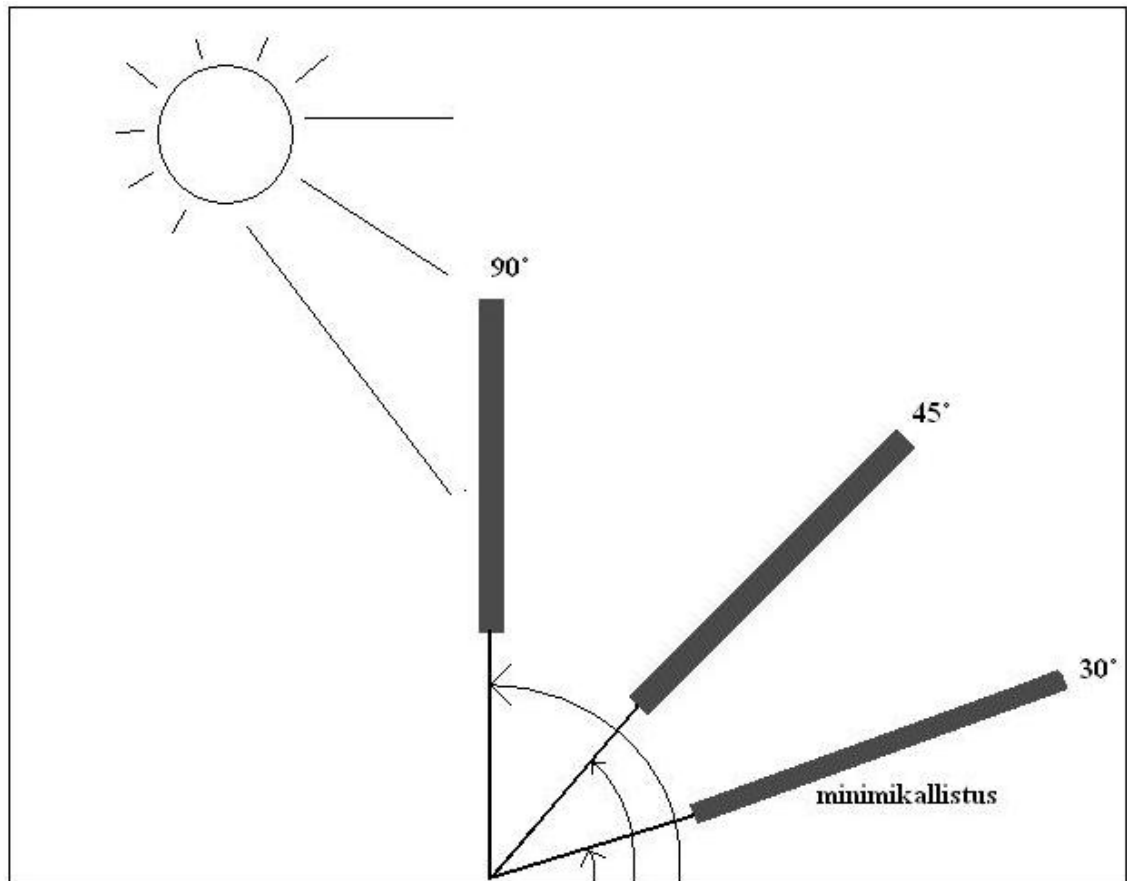
#### 3.6.1 Paneeliston sijoitus

Kun aurinkopaneelin kallistuskulma on yhtä suuri kuin auringon korkeus horisontista, auringon säteily tulee kohtisuoraan paneelin pintaan. Auringon korkeus vaihtelee kuitenkin päivittäin ja vuodenaikojen mukaan. Suomessa Varkauden korkeudella aurinko on korkeimmillaan kesäkuussa keskipäivällä hieman yli  $50^\circ$  ja matalimmillaan joulukuussa alle  $5^\circ$  horisontin yläpuolella. Korkeuden keskiarvo on  $30^\circ$ . Päivittäinen auringon korkeusvaihtelu on nolasta aina maksimikorkeuteen. [26, s.7.]

Aurinkopaneeleita ei kannata suunnata vastaanottamaan pelkästään horisontista tulevaa säteilyä, sillä ilmakehä imee yli 50 % säteilystä silloin, kun aurinko on alle  $15^\circ$  korkeudella. 50 % auringon säteilystä on hajasäteilyä, johon paneelien suuntauksella ei ole paljoa merkitystä. Paneelin seuratessa aurinkoa saadaan noin 30 % enemmän energiaa kuin kiinteästi asennetuilla paneeleilla. Pilvisenä päivänä kääntämisestä ei ole hyötyä, sillä 100 % auringon säteilystä on hajasäteilyä. Kun paneelin normaalin ja auringonsäteiden välinen kulma on nolla eli paneeli osoittaa kohti aurinkoa, paneelille tuleva säteilyteho on suurimmillaan. Auringon valon tullessa hyvin vinosti paneelin pintaan (tulokulma  $> 60^\circ$ ), heijastukset paneelin pinnalla olevasta suojalasista tulevat merkittäväksi. Suurin osa auringon säteilemästä energiasta saadaan kesällä kello 10 ja 18 välisenä aikana. Mikäli paneeli on suunnattu suoraan etelään,  $60^\circ$  tulokulma ei ylity parhaanakaan paisteaikana, sillä aurinko kiertyy tunnissa  $15^\circ$  ja kiertymä kahdeksassa tunnissa on  $120^\circ$ . [26, s.8.]

Suositukset aurinkosähköpaneelin tai paneeliston sijoittamisesta eri paikkoihin ja eri käyttötarkoituksiin koskevat kaikentyypisiä järjestelmiä, kuten omavaraisia, verkkoon kytkettyjä, pieniä ja isoja. Paras kallistuskulma on sama kuin leveysaste. Suomen leveysasteilla edullisin kallistuskulma vaakatasoon nähden on kuitenkin  $30^\circ$ - $90^\circ$  riippuen

vuodenajasta. Alle  $15^\circ$  kallistuskulmia tulee välttää, jottei pölyn, lian tai lumen kerääntyminen paneelin pinnalle häiritsisi sähköntuottoa. Kesäaikana  $30^\circ$  kallistuskulma takaa parhaan sähköntuoton.  $45^\circ$  kallistuskulma on paras silloin, kun maksimoidaan vuotuinen sähköntuotto yhdellä paneelilla ja talvisin  $75^\circ$ - $90^\circ$  kallistuskulma antaa parhaan sähköntuoton. Kallistuskulmien periaate on esitetty kuvassa 7. [6, s. 153.]

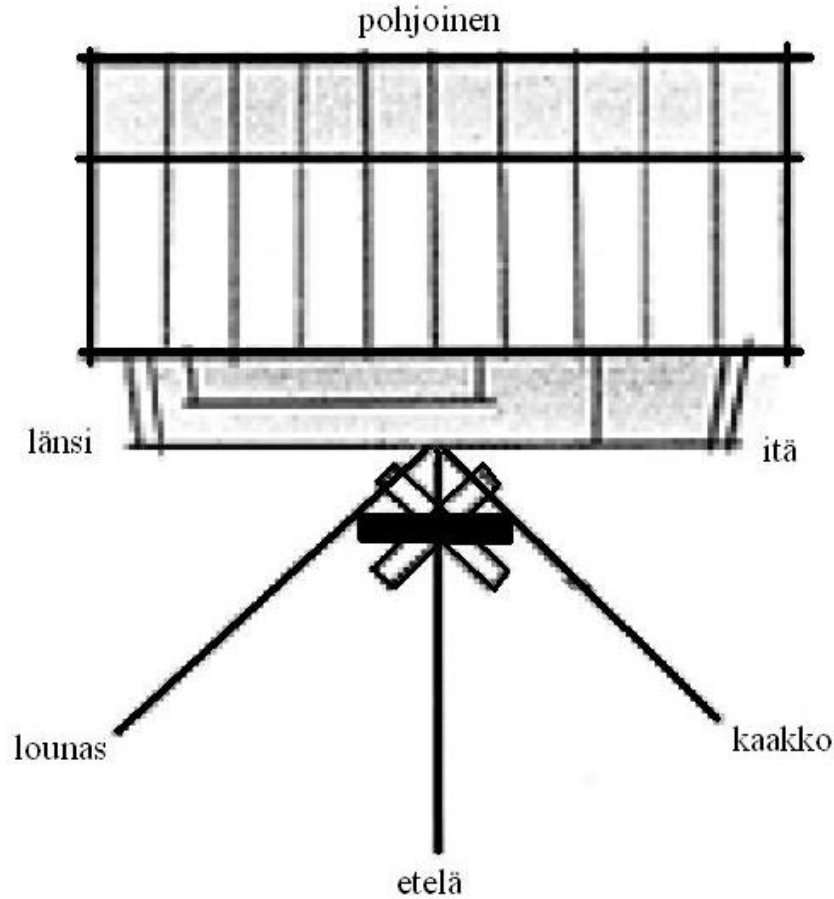


Kuva 7. Aurinkopaneelin kallistuskulmat. [6, s.154.]

Pääsääntöisesti aurinkopaneeli suunnataan suoraan kohti etelää, mutta se toimii myös tyydyttävästi suuntauksen ollessa sektorissa kaakko-lounas, kuten kuvassa 8 esitetään. Paneeli tai mikään sen kennoista ei saa jäädä minkään lähellä olevan esteen, rakennuksen, räystään tai puun varjoon. Varjo vähentää voimakkaasti aurinkopaneelin sähköntuottoa. Sopivia asennuspaikkoja ovat katto, seinä ja ranta. Jos aurinkopaneeli kiinnitetään rakennuksen seinään, tulee varmistua siitä ettei räystäät varjosta paneelia auringon paistaessa kesällä korkeimmillaan. Katolle sijoitettava aurinkopaneeli tulee asentaa lähelle katonharjaa, eikä räystäälle missä paneeli toimisi lumiesteenä. Mikäli rakennuksesta ei löydy paikkaa, johon aurinko paistaa esteettömästi 6 tuntia päivässä, on aurin-

kopaneeli hyvä asentaa esimerkiksi rantaan. Ranta-asennuksessa kannattaa käyttää te-  
linettä.

[6, s. 154 - 155]



Kuva 8. Aurinkopaneelin suuntaus ilmansuuntien mukaan. [27, s.3.]

### 3.6.2 Akuston sijoitus

Omavaraisessa yhtä tai useampaa akkua käyttävässä järjestelmässä pitää myös akkujen sijoitus suunnitella. Vaikka normaalikäytössä akusta vapautuvan kaasun määrä on pieni, akku kannattaa asentaa hyvin tuulettuvaan tilaan. Jos tämä ei ole mahdollista, akku täyttyy varustaa kaasunpoistokorkeilla ja letkulla, jolloin kaasunpoistoletkun pää vedetään seinän läpi ulos niin, ettei siihen jää lenkkejä tai mutkia. Akun sijoituspaikan tulee olla sateelta ja kosteudelta suojattu ja akku asetetaan haponkestävään valuma-astiaan tai suojakoteloon. Akun lämpötila ei saa nousta yli  $+35\text{ °C}$ :n. Järjestelmää käytettäessä talvella ei akun varaustila saisi laskea alle 75 prosenttiin. [6, s. 156]

Akkujen sijoitusmahdollisuudet riippuvat paljon akkutyypeistä. Perinteisten lyijyakkujen sijoituksessa kannattaa huomioida hyvä tuuletus, koska kovalla latausvirralla niistä muodostuu palovaaran aiheuttavia vetyä sekä muita kaasuja. Lyijyakkuja ei suositella asennettavaksi sisätiloihin. Geeliakku on mahdollista sijoittaa sisätiloihin, sillä niissä elektrolyytti on sidottu geeliin jolloin se ei vuoda ulos. Suljetun AGM-akun voi sijoittaa sisätiloihin ja siinä yhdistyvät molempien edellä mainittujen akkutyypin hyvät puolet. AGM-akku on huoleton käyttää, sillä sen sisältämä happo on imeytetty lasikuitumassaan ja se on kuiva. [28.]

### **3.6.3 Muiden laitteiden sijoitus**

Lataussäädin ja kaikki muutkin järjestelmän komponentit tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan johtimissa tapahtuvan jännitehäviön minimoimiseksi. Vaikka lataussäätimen elektroniikka on paremmissa tuotteissa suojattu hapettumilta suojaavalla suojalakalla, kannattaa lataussäädin ja vaihtosuuntaaja kuitenkin suojata suoralta kosteudelta sijoittamalla ne sisätiloihin. Ulos asennettaessa on laitteet hyvä asentaa tiiviiseen sähkökeskukseen, jonne sijoitettu myös sulakkeet ja muutkin järjestelmän komponentit. [28.]

Laitteet on hyvä sijoittaa samaan tekniseen tilaan toistensa välittömään läheisyyteen järjestyksessä säädin, akusto, invertteri ja keskus.

### **3.7 Järjestelmän asennus ja kytkentä**

Aurinkosähköjärjestelmien asennuksiin ja kytkentöihin tulee yleensä laitteen mukana valmistajan laatimat omat asennusohjeet. Laitteen omia asennusohjeita on syytä noudattaa, sillä valmistajan takuu ei kata väärin asennettuja laitteita ja järjestelmiä. Oikein asennettuna aurinkosähköjärjestelmä säilyy ja toimii luotettavasti, sekä vaikuttavaa tulevien huolto- ja korjaustoimenpiteiden määrään. Kuitenkin yleisesti ottaen asennusohjeet ovat pääpiirteittäin lähes samanlaisia. Seuraavassa on erään valmistajan listaamia ohjeita järjestelmän asennukseen.

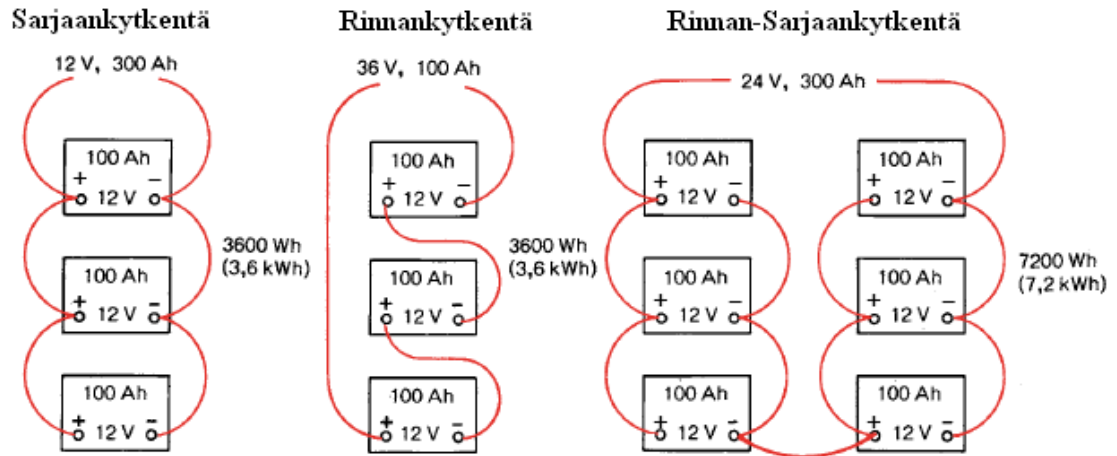
Aurinkopaneelille valitaan varjoton paikka, johon tulee eniten auringonvaloa ja suuntaa paneeli sektorille lounas - kaakko. Paneelin kallistuskulma vaihtelee käyttöajan mukaan, jotka ovat kesällä minimissään 30° ja talvisin enintään 90°. Aurinkopaneeli asennetaan

siihen kuuluvaan telineeseen ja teline sijoituspaikkaan niin lujasti, että se kestää tuuli- ja lumikuormat. Sijoituspaikka ohjainyksikölle pitää olla keskeinen siten, että tila on kuiva ja kaapelien pituudet saadaan minimoitua häviöiden välttämiseksi. Akku tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle ohjainyksikköä paikkaan, joka on kuiva ja hyvin tuulettuva. Maadoita paneelin kehys maadoitusjohtimella, joka on asennettu maahan valmistajan antaman ohjeen mukaisesti tai liitä paneelin maadoitus jo valmiina olevaan maadoitukseen. Johdotuksissa tulee muistaa aina napaisuussääntö. Plus johto on aina punainen kaapeli tai samanvärisissä kaapeleissa toinen johdin on yleensä merkitty juovalla. [29.]

Tasasähköjärjestelmissä johtimien ja liittimien poikkipinta-alat on oltava suuria, kuten johtojen mitoituksessa kerrottiin. Liitokset ja päätteet voivat olla todennäköisiä vian aiheuttajia. Kuten monet tekevät itse tasasähköasennuksissa johtimien liitokset kietomalla johtimien päät vain yhteen ja eristämällä ne teipillä, on se hätätilanteessa mahdollista, jos kyseessä on muutama milliampeeri ja ohuet johdot. Johtimien juotoksia ei suositella päätteissä ja liitoksissa vaan on hyvä käyttää esimerkiksi puristettavia päätehylsyjä, jatkoja ja kaapelikenkiä. Juotosliitokset löystyvät ajan kanssa sekä siirtyminen jäykästä tiinatusta osiosta löysään monisäikeiseen kupariin, voi syntyä vika.

[36, s.29-30]

Akut voidaan kytkeä toimimaan kahdella eri tavalla, sarjaan tai rinnan. Rinnankytkennässä kaikki plus navat kytketään yhteen ja samoin miinusnavat, jolloin akuista saatavan jännitteen pysyessä 12 V:ssa akuston kapasiteetti kasvaa. Sarjakytkennässä akkujen plus navat kytketään seuraavan akun miinusnapaan, jolloin jokainen akku lisää jännitettä kapasiteetin pysyessä samana. Näitä kahta kytkentätapaa voidaan myös yhdistää kytkemällä useampia akkuja rinnan-sarjaan, joka esitetään kuvassa 9. [36, s.11]



Kuva 9. Akuston kytkentä. [36, s.11]

Jos aurinkopaneeleita on useampia kuin yksi, ne voidaan kytkeä joko rinnan tai sarjaan. Sarjaan kytkettyinä paneelien syöttämä jännite nousee latausvirran pysyessä samassa, kun taas rinnankytkettyinä paneelien jännite pysyy tasaisena latausvirran noustessa kaksinkertaiseksi. Yleensä kahden paneelin järjestelmät kytketään rinnankytkentänä.

Aurinkosähköjärjestelmien kytkentöihin ja johdotuksiin on jokaisella valmistajalla omat ohjeensa, jotka voivat poiketa paljon toisistaan. Näitä kytkentäohjeita tulee noudattaa tarkasti.

### 3.8 Omavaraisen sähköjärjestelmän asennukset ja työturvallisuusmääräykset

Kauppa- ja teollisuusministeriö on sähköturvallisuuslain nojalla päättänyt työturvallisuusmääräyksistä:

#### Perusvaatimus

9§ Sähköalan töitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu.

Vaatimus sähköalan töissä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä 10§ Riittävää huolellisuutta noudattaen on sallittua tehdä seuraavia sähköalan töitä:

1. enintään 250 voltin nimellisjännitteisten asennusrasioiden peitekansien irrotusta ja kiinnitystä, yksivaiheisten pistotulppien, liitosjohtojen ja sisustusvalaisimien asennus-, korjaus- ja huoltotöitä sekä näihin rinnastettavia töitä.
2. nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisiin tai 120 voltin tasajännitteisiin laitteistoihin kohdistuvia töitä.

3. käyttötoita sähkölaitteistossa, jonka jännitteiset osat on suojattu tahattomalta koskettamiselta. [39 s.48.]

Sähköalalle kouluttamaton henkilö saa tehdä aurinkosähköjärjestelmiin liittyviä tassa sähkö asennustöitä. On hyvä kuitenkin perehtyä järjestelmiin ja varmistua, että hallitsee järjestelmäkokonaisuuden. Kun järjestelmään liitetään vaihtosuuntaaja, vain ammattilainen saa tehdä vaihtosähköpuolen asennukset.

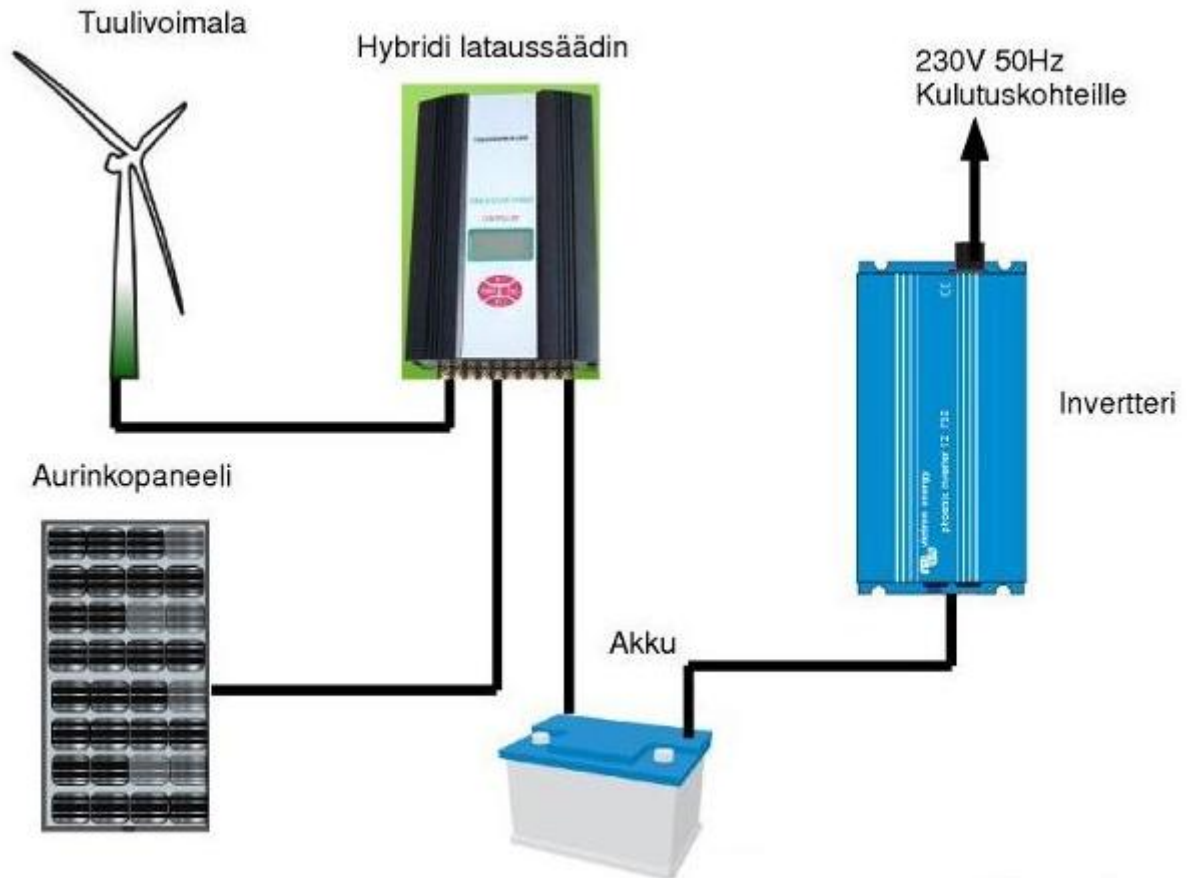
## 4 Hybridijärjestelmät

Aurinkosähkön ja tuulienergian yhteiskäyttöä kutsutaan hybridijärjestelmäksi, joka on erittäin käytännöllinen tapa hankkia Suomessa energiaa vapaa-ajan asuntoon. Kesällä aurinkotuntien määrän on suuri ja tuulen keskinopeudet alhaisia, kun taas syksyisin ja talvisin tuulienergian määrä on huomattavasti aurinkoenergiaa suurempi. Tuulesta saatavan energian määrä muuttuu ja kasvaa tuulen nopeuden kolmanteen potenssiin eli tuulen nopeuden kaksinkertaistuessa energian määrä kahdeksankertaistuu. [30.]

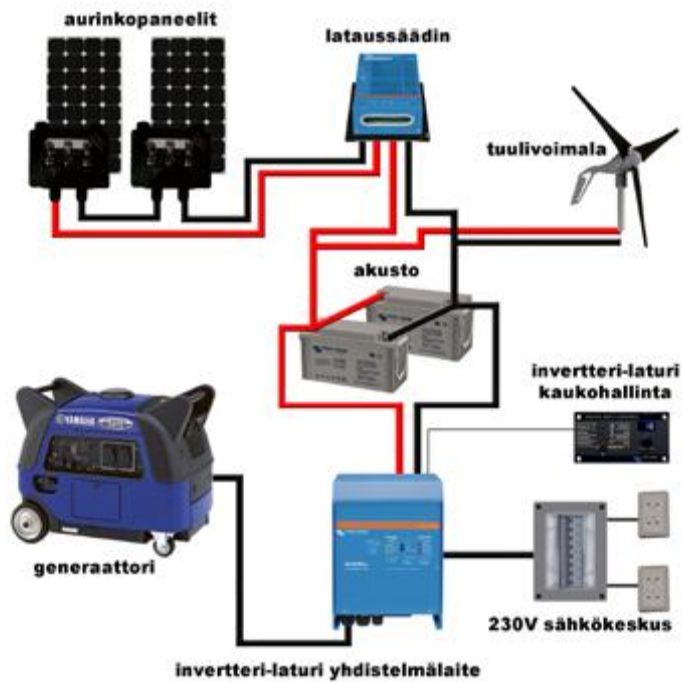
Sekä tuuligeneraattori, että aurinkopaneeli muodostavat oman sähköisen latausjärjestelmän suhteessa akkuun, joten ne ovat helppo asentaa paikalleen tai kytkeä pois ilman, että toisen järjestelmän toiminta häiriintyy. Kytkeä voidaan suorittaa normaalisti kaapeloinnilla yhteiselle akustolle ja valmistajasta riippuen tarvitaanko erillisiä lataussäätimiä. [30.]

Aurinkosähkö-, tuulienergia-, ja hybridijärjestelmiin, voidaan liittää myöhemmin myös aggregaatti-laturiyhdistelmä, joka mahdollistaa akkujen latauksen silloin, kun tuulesta ja auringosta saatavan energian määrä on pieni tai sitä tarvitaan tilapäisesti enemmän. [30.]

Pelkän aurinkosähköjärjestelmän muuttaminen hybridijärjestelmäksi ei vaadi isoja muutoksia itse valmista järjestelmää kohtaan, vaan siihen on helppo lisätä esimerkiksi pientuulivoimalla tuottamaan rinnalle lisää latausenergiaa. Monessa kohteessa on käynytkin siten, että pelkkä aurinkosähkö on katsottu riittämättömäksi kattamaan kohteen energiatarvetta, vaan siihen on lisätty tuulivoimaa erityisesti syksyjä varten. Yleensä tuulivoima tarvitsee oman lataussäätimen, joka syöttää yhteistä akustoa. Jos järjestelmään otetaan invertteri-laturi, voi akustoa ladata aggregaatilla auringonpaisteen tai tuulen uupessa. Kuvassa 10 ja 11 on esitetty kaksi erilaista hybridijärjestelmää.



Kuva 10. Hybridijärjestelmän periaatekuva. [31.]



Kuva 11. Hybridijärjestelmä aurinkopaneelilla, tuulivoimalla ja aggregaatilla. [33, s.11.]

## 5 Loma-asunnon aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu sai alkunsa tapaamisesta työn tilaajan kanssa. Palaverissa katsoimme tiedot loma-asunnosta, sekä määrittelimme yhdessä käyttöasteen ja käyttöjakson, minkä mukaan järjestelmän mitoitus tullaan tekemään. Tilaaja oli tehnyt kohteeseen tarjouspyynnön paikalliselta sähkönjakeluyhtiöltä sekä listan asioista, joita hän haluaa saada selvitettyksi. Kohteesta oli saatavilla päärakennuksen tasopiirustus sekä asemakaavakuva pihapiiristä, joihin luonnostellaan sähköistä suunnitelmaa sekä maadoituselektrodin ja maakaapeleiden reittejä.

Opinnäytetyön tekovaiheessa pidimme yhteyttä työhön liittyen ja selvittäessäni teoriaa aurinkosähkötekniikasta ja järjestelmistä sekä niiden mitoituksia ja huomioitavista asioista, tuli muutamia asioita muuttumaan sekä lisäyksiä oli tehtävä. Mitoitettuani järjestelmän pyysin aurinkosähköjärjestelmien jälleenmyyjiltä tarjouspyyntöjä kohteeseen sopivista järjestelmistä, jotka toimitin työn tilaajalle. Valmista suunnitelmaa tullaan käyttämään pohjana osittain tai kokonaan aurinkosähköjärjestelmän hankintavaiheessa. Suunnitelmassa pääpaino on lähinnä kohteen aurinkosähköjärjestelmän oikeassa mitoituksessa ja laitevalinnoissa, kuitenkin unohtamatta kohteen sähköjärjestelmää kulutuslaitteineen. Suunnitelmassa on huomioitu taloudellisuus sekä kohteen muunneltavuus ja jatkokehitysmahdollisuudet.

### 5.1 Kohteen esittely

Suunniteltava vapaa-ajan kohde sijaitsee Liperin kunnassa Viinijärvellä Taipaleenjoen varressa. Tontille kuuluu päärakennus, autotalli/varasto, rantasauna sekä myöhemmin valmistuva ulkokäymälä. Päärakennus on kooltaan  $47,4\text{m}^2$ , jonka yhteydessä on  $7,5\text{m}^2$  varasto. Päärakennuksen yhteydessä pääsisäänkäynnin vieressä olevaan erilliseen varastohuoneeseen, tullaan sijoittamaan ja asentamaan akusto, lataussäädin, invertteri sekä sähköpääkeskus.



Kuva 12. Kuvassa päärakennus vasemmalla ja autotalli oikealla.



Kuva 13. Rantasauna.

Kohteen sähköistyksen suunnittelu tuli ajankohtaiseksi keväällä 2012 ja pohdinnassa päätettiin sähköistys toteuttaa aurinkopaneelilla, koska sähköistystä ei katsottu tarpeelliseksi suunnitella talvikäyttöön sopivaksi. Sähkön tuottoon aurinkopaneelilla vaikutti moni asia. Tuuliolosuhteet tuulivoimalle ovat epäsuotuisat, suoran sähköliittymän rakennus- ja käyttökulut olisivat olleet liian suuret kohteen energian tarpeet huomioiden, kohteeseen johtavalla tiellä ei ole talvihoitoa, kohteessa ei ole puhdasta vettä eikä tarvetta sähkölämmitykselle. Kohteen käyttöastetta määriteltäessä arvioitiin, että mökkiä käytetään viikonloppuisin enintään perjantaista sunnuntaihin toukokuusta syyskuuhun eli enintään noin 60 vuorokautta koko käyttökautena.

Alkuperäisen suunnitelmamme mukaan olimme toteuttamassa sähköjärjestelmää siten, että suurin osa valaistuksesta olisi toiminut 12 V:lla. Lopuille valaisimille sekä kaikille pistorasioille sähkö olisi syötetty invertteriltä 230 V:n jännitteellä. Tämä järjestelmä olisi vaatinut omat kaapeloinnit sekä suojaukset 12 V:n tasajännitteelle, että 230 V:n vaihtosähkölle. Pohdinnassa tulimme siihen tulokseen, että on turha kaapeloida sekä sekoittaa kahta eri järjestelmää keskenään. Koska mökille halutaan käytettäväksi 230 V:n vaihtosähköä, on se teknisesti helpompi toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää huomioiden muunneltavuus ja jatkokehitys. Järjestelmä on tulevaisuudessa mahdollista liittää paikalliseen sähköverkkoon vaivattomasti.

Sähköistys toteutetaan aurinkopaneelilla sekä akustolla, jotka syöttävät invertterin kautta 230 V pistorasioille sekä valaistukselle. Käyttölaitteita ovat kotitalouden peruslaitteet, jotka saavat virran pistorasioista. Laitteita ovat muun muassa mikroaaltouuni, kahvinkeitin, radio, laturit ja LED/LCD-tv huomioiden kuitenkin, että liian suuri määrä eri laitteita kuluttavat turhaa energiaa ja järjestelmän koko ja kustannukset kasvavat. Isompitehoisista laitteista, kuten jääkaappi, hella ja lämmittimet luovuttiin niiden suuren virran kulutuksen takia. Nämä kodinkoneet korvataan esimerkiksi kaasukäyttöisillä laiteversioilla. Valaistus toteutetaan led valaisimilla.

## **5.2 Valaistus ja sähkölaitteet**

Kesällä ulkoa tulevan valon määrä riittää suurimmaksi osaksi valaisemaan kohteen eri tilat, joten valaistuksen energiantarve suunnitellaan mahdollisimman energiatehokkaaksi, huomioiden kuitenkin tarpeellinen valonmäärä hämärinä päivinä ja iltoina. Valaistus

toteutetaan kokonaisuudessaan led valaisimilla. Eri valmistajilla on valikoimissaan laaja valikoima erilaisia led valaisimia eri käyttökohteisiin ja tarpeisiin. Led valaisimia ja lamppuja löytyy myös himmennettäviä versioita, joita tullaan päärakennuksen oleskelutilassa käyttämään. Saunaan asennetaan saunaan soveltuva led valosarja, joka tuo lämpimän valaistuksen ohella tunnelmaa. Yleisesti käytetty keittotason loisteputkivalaistus korvataan led laiteversiolla.

Kohteeseen ei tule muita kiinteitä sähkölaitteita kuin valaistus, joten pistorasiat katsotaan riittäviksi kattamaan kohteen muiden laitteiden sähköistys. Veden pumppaukseen ei tarvita sähköistystä, koska kohteessa ei ole puhdasvesikaivoa. Saunalle voidaan asentaa tehokas manuaalinen käsipumppu nostamaan läheisestä joesta vettä saunomiseen.

### 5.3 Energiatarpeen mitoitus

Vapaa-ajan asunnon energiantarve mitoitetaan käytettävien laitteiden käyttöajan mukaan vuorokautta kohden eli kuinka paljon sähkölaitteet kuluttavat energiaa vuorokaudessa. Mitoitus tehdään tarkasti ja energiatehokkaasti, sillä ylimitoitettu järjestelmä lisää turhaan kustannuksia, mutta kuitenkin niin, että tehontarve riittää kattamaan riittävästi vuorokautisen kulutuksen koko käyttöjakson ajan.

Käytettävät laitteet ja niiden käyttöaika on arvioitu yhdessä kohteen omistajan kanssa siten, että turhat ja liikaa energiaa vievät laitteet on karsittu pois. Listaan on lisätty 1000 Wh muu pistorasia kuorma, joka voi pitää sisällään yleisimpiä pienlaitteita esimerkiksi pieniä sähkötyökaluja, hiusten kuivaimen ja sähköhammasharjan latauksen.

Laite	Määrä (kpl)	Teho (W)	Käyttöaika (h/vrk)	Kulutus (Wh/vrk)
Mikroaaltouuni	1	800	0,33	264
Kahvinkeitin	1	1000	0,5	500
LED TV 32"	1	60	2	120
Valaistus	12	20	2	480
Kännykän laturi	1	10	2	20
Kannettava tietokone (laturi)	1	30	2	60
Muu pistorasiakuorma		1000		1000
Yht.				2444

Taulukko 1. Energiatarpeen mitoitus.

Laskelman perusteella arvioitu energiantarve on noin 2445 Wh vuorokaudessa. Koska kohteen sähkölaitteita syöttää 230 V tuottava invertteri, on energiantarpeen mitoituksessa otettava huomioon invertterin ottama teho. Laadukkaat invertterit toimivat yleensä 90 % tai suuremmalla hyötysuhteella eli niiden ottama teho on noin 10 %. Arvioitu vuorokautinen energiantarve  $W_{\text{hkok}}$  invertterin ottama teho mukaan laskettuna on 2690 Wh.

Koska kohteessa vierailaan yleensä 1-3 vuorokautta yhden viikon tai kahden viikon välein on järjestelmän pystyttävä antamaan 2690 Wh – 8070 Wh teho kullakin käyntikerällä. Tämä energiantarve tulee ottaa huomioon paneelin sekä akuston mitoituksessa.

#### 5.4 Akuston, paneelin ja järjestelmän muiden laitteiden mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän akusto ja paneelitehot määritellään kohteen energiatarpeen ja käyttöajan mukaan. Selvitettyä tarvittava paneeliteho, lataussäätimen tyyppi määritty kyseisen paneelin tai paneelien latausvirran mukaan. Invertteri, keskus ja keskuksen syöttöjohto sekä päävaroke mitoitetaan invertterin huipputehon mukaan.

##### 5.4.1 Akuston mitoitus

Akkukapasiteetin mitoituksessa käytetään energiatarpeen mitoituksesta saatua 2690 Wh tehontarvetta  $W_{\text{hkok}}$ . Akuston nimellisjännite on 12 V ja akuston kapasiteetti ilmoitetaan ampeeritunteina.

$$\frac{2690Wh}{12V} = 224,167 Ah \approx 225Ah$$

Koska akkua ei tule käyttää täysin loppuun, jolloin se voi vahingoittua tai sen käyttöikä lyhenee, on suositeltavaa kesäkaudella käyttää akun kapasiteetista enintään 70 % eli tässä tapauksessa riittävä akkukapasiteetti on noin 293 Ah vuorokautta kohden. Talvikäytössä vastaava akun käyttökapasiteetti on 50 %.

Akusto on hyvä mitoittaa siten, että se kattaa yhtäaikaisen käyttöjakson energiantarpeen ilman paneelien tuottamaa latausta, koska puhutaan niin sanotusta omavaraisuusajasta sateisten ja pimeiden päivien varalle. Jos pisin yhtämittainen kohteen sähkölaitteiden käyttöjakso on 3 vuorokautta, akuston kapasiteetiksi saadaan 879 Ah eli käytännössä

900 Ah. Koska suurimmassa osassa valmiita aurinkosähköjärjestelmiä ei 900 Ah akustoita valmiina löydy ja yksittäiset ison ampeerituntimäärän omaavat akut ovat kalliita, katsotaan kahden päivän omavaraisuusaika eli minimissään 600 Ah akusto riittäväksi. Isot yli 150Ah akut maksavat satoja euroja. Myöhemmin järjestelmään on helppo lisätä akkukapasiteettia, jos tarve vaatii.

#### 5.4.2 Paneelitehon määrittäminen

Aurinkosähköjärjestelmän tuottamien häviöiden sekä ilmaston epäsäännöllisyyksien vuoksi, pitää aurinkopaneelikapasiteetti kertoa luvulla 1,1 – 1,5 kulutukseen nähden. Näin saadaan haluttu paneeliston tuotto  $W_{hp}$ . Koska mitoitettava järjestelmä tulee olemaan suhteellisen iso, käytetään kerrointa 1,1 kustannuksien minimoimiseksi.

$$W_{hp} = W_{hkok} \times 1,1 \Rightarrow W_{hp} = 2690Wh \times 1,1 = 2959Wh$$

Aurinkopaneelin nimellisteho  $W_p$  (W) laskettaessa tarvitaan järjestelmähyötysuhdetta  $n_{sys}$ , joka on akullisilla järjestelmillä tyypillisesti 0,6 – 0,7. Mitoituksessa on myös huomioitava käyttöajan keskimääräinen auringonpaistetuntien määrä  $t_k$ . Ilmatieteenlaitoksen tekemän tilastojen mukaan loma-asuntoa lähimmän tarkkailupisteen Kuopion lentotaseaman mukaan keskimääräinen auringonpaistetuntien määrä toukokuusta – elokuuhun on noin 8 tuntia / vuorokausi. Syyskuussa auringonpaistetunnit menevät jo niin alhaisiksi, että silloin paneelisto tuottaa vain vähän energiaa verrattuna kesäkuukausiin ja järjestelmää on hyvä käyttää tarkoin. Tämän takia paneelisto mitoitetaan kattamaan energiatarpeen toukokuusta elokuuhun.

SIILINJÄRVI KUOPION LENTOASEMA

Kk Month	Auringonpaistetunnit Duration of sunshine				
	Karvo Mean	Absol ylin/max	V/Year	Absol alin/min	V/Year
1	28	50	1995	10	1986
2	65	128	1994	21	2008
3	121	199	1998	39	1992
4	194	330	2004	106	1992
5	254	362	1981	166	2007
6	258	351	1992	143	1987
7	271	385	2006	194	2007
8	203	339	1996	104	2008
9	116	192	1999	56	1987
10	57	117	1988	11	1984
11	22	63	1988	3	1996
12	12	34	2002	1	2008

Kuva 14. Auringonpaistetunteja kuukausittain. [32, s.69.]

Paneeliston nimellisteho saadaan laskettua seuraavanlaisesti,

$$W_p = \frac{W_{hp}}{n_{sys} \times tk} \Rightarrow \frac{2959Wh}{0,7 \times 8h} = 528,4W \approx 530W$$

Kaavasta saatu paneelin nimellisteho 530 W kattaisi koko vuorokautisen energiantarpeen. Koska loma-asuntoa käytetään vain viikonloppuisin ja akuston koko on määritelty siten, että se kattaa 2 vuorokautisen käynnin energiantarpeen kokonaan itse, riittää paneeliksi pienempitehosempi lataamaan akkuja.

Riittävä paneeliteho saadaan jakamalla pisimmän käyntikerran tehontarve latauspäivien lukumäärällä. Laskennallisesti on hyvä käyttää akkujen latauspäivien lukumääränä 7 vuorokautta, vaikka mökillä ei joka viikko käytäisi. Eli jaetaan 8070 Wh seitsemällä vuorokaudella, joka on 1153 Wh / vuorokaudessa. Näin saadaan energiantarve eli latausenergian tarve jaettua tasaisesti koko viikolle. Tätä 1153 Wh arvoa käytetään oikean kokoisen paneelitehon määrittämiseksi.

$$W_{hp} = W_{hkok} \times 1,1 \Rightarrow W_{hp} = 1153Wh \times 1,1 \approx 1268Wh$$

$$W_p = \frac{W_{hp}}{n_{sys} \times tk} \Rightarrow \frac{1268Wh}{0,7 \times 8h} = 226,43 \approx 230W$$

Näin ollen vähintään yksi 230 W:n paneeli riittää kattamaan kohteen energiantarpeen pisimmän käyntikerran mukaan. Järjestelmäksi kuitenkin kannattaa valita kaksi 135 W tai kaksi 140 W paneelia sisältävä järjestelmä, joka antaa käyttövaraa laitteiden käyttöön myöhemmälle syksylle. Aurinkosähköjärjestelmien jälleenmyyjiltä löytyy aurinkosähköjärjestelmiä, joissa on 2x140 W:n paneelit, kuten esimerkiksi Eurosolar Oy:llä on valikoimissaan kaksi 140 W:n paneelia sisältävä Eurosolar 365 järjestelmä. Järjestelmän valinta osiossa on listattu erilaisia aurinkosähköjärjestelmiä suunniteltavaan kohteeseen.

#### 5.4.3 Lataussäätimen valinta

Valmiissa aurinkosähköjärjestelmissä on aina mukana valmiiksi mitoitettu oikeanlainen lataussäädin järjestelmän koon mukaan. Lataussäätimen tulee kestää järjestelmän paneelitehoa sekä maksimi latausvirtaa. Jos aurinkosähköjärjestelmäksi valitaan järjestelmä, jossa on kaksi nimellisteholtaan 140 W paneelia ja akuston jännite on 12 V, saadaan virran arvoksi tällöin 23,33 A. Kun lataussäätimen tulee kestää 1,25 kertaa paneelien yhteen laskettu virta, saadaan virta-arvoksi 29 A. 230 W:n paneelille riittää 20 A:n lataussäädin. Jos järjestelmään tullaan asentamaan kaksi 140 W paneelia, valitaan maksimivirraltaan minimissään 20 A lataussäädin.

#### 5.4.4 Invertterin tehon mitoitus

Järjestelmään valitaan invertteri, joka kattaa teholtaan vain osan laitteista olla päällä yhtä aikaa, koska järjestelmän laitteiden yhteenlaskettu teho on niin suuri ja kaikki laitteet eivät varmuudella ole yhtä aikaa käytössä. Markkinoilla on inverttereitä jatkuvalta teholtaan pienistä 180 watista aina 5000 wattiin saakka, joiden hetkellinen teho voi olla 200 watista jopa suurimman 10 kilowattiin saakka. Suunniteltavaan kohteeseen optimaallinen invertteri on MultiPlus C 12/2000/80-30 invertteri-laturi, joka on teholtaan 2000/4000W. Se soveltuu mökkikäyttöön erinomaisesti erittäin pienen virrankulutuksen ja unitoiminnon takia. Unitoiminto pudottaa invertterin tehonkulutuksen muutamaaan wattiin tyhjäkäynnillä, joka on tärkeä ominaisuus esimerkiksi syksyisin, kun paneeli-

den virrantuotto pienenee. Invertteri-laturilla saadaan ladattua akustoa esimerkiksi syksyisin aggregaatilla tehokkaan laturiominaisuutensa vuoksi.

#### 5.4.5 Keskuksen valinta

Pääkeskuksen valinta tehdään invertterin huipputehon mukaan. Invertterin huipputehosta saadaan laskettua pääkeskuksen maksimivirta seuraavalla kaavalla. Kertoimella 0,95 otetaan huomioon jännitteen alenema johdoissa ja suojalaitteissa oikosulkutilanteessa.

$$I_n = \frac{4000W}{230V} = 17,4A$$

Sähköpääkeskukseksi valitaan nimellisvirraltaan 25 A:n keskus. Keskuksiksi valitaan UTU beagle 3406 P 25+PR mökkikeskus, joka on suunniteltu mökkikäyttöön sopivaksi. Keskuksessa on paikka sähkön mittaukselle, joka on hyvä ottaa huomioon mahdollista sähköliittymää varten tulevaisuudessa. Mitoiltaan keskus on k700/s160/1450.

### 5.5 Kaapelien, johtojen ja suojauksen mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän eri osa-alueiden kaapeleiden, johtojen ja suojauksen mitoitus on hyvä tehdä tarkasti. Oikein mitoitettut kaapelit antavat toimintavarmuutta sekä vähentävät häviöitä järjestelmässä. Järjestelmän tehontuottopuolella oikein mitoitettut kaapelit riittävät itsessään suojaamaan järjestelmän laitteita, eikä joka laitteen väliin tarvita erillistä suojausta.

#### 5.5.1 Paneelin, lataussäätimen ja invertterin kaapeleiden mitoitus

Paneelin ja lataussäätimen kaapelin paksuus saadaan Eurosolarin tuotekuvastossa olevasta kaapelin mitoitus taulukosta ja laskemalla kaavalla  $A = (l \text{ (m)} \times I \text{ (A)}) / 32$ . Kaapelin pituus tulee paneelilta säätimelle olemaan noin 10 metriä ja kahden 140 W:n paneelien yhteenlaskettu virta noin 18 A.

**Kaapelien minimipoikkipinta-alan taulukot**  
**PANEELILTA SÄÄTIMELLE, kaapelin minimi poikkipinta mm<sup>2</sup>**

**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

Kuva 15. Siirtokaapelin mitoitus. [33, s.9.]

Laskemalla kaapelin paksuus saadaan  $(10\text{m} \times 18\text{A})/32 = 5,63\text{mm}^2$  eli kaapeliksi paneelilta lataussäätimelle valitaan minimissään  $6\text{mm}^2$  kuparikaapeli. Kaapeliksi voidaan valita myös tätä pinta-alaa paksumpi kaapeli, joka pienentää jännitehäviöitä entisestään, esimerkiksi käytettäessä  $10\text{mm}^2$  kaapelia.

Lataussäätimen ja akun välisenä kaapelina voidaan käyttää samaa kaapelin paksuutta, kuin paneelilta säätimelle. Koska lataussäätimen ja akuston välinen kaapeli on pituudeltaan enintään noin kaksi metriä, ei siinä aiheudu juurikaan jännitehäviöitä. Jos kyseisen kaapelin pituus on pidempi, tulee johtimena käyttää  $4\text{mm}^2$  kaapelia, joka on maksimissaan 3,5m. Akuston kytkentäkaapelina käytetään paksumpaa  $25\text{mm}^2$  akkukaapelia. Kaapelin pituuden ollessa metrin ja invertterin huipputehon mukaan maksimivirta 370 A, saadaan paksuus laskettua kaavalla,  $(1\text{m} \times 370\text{A})/16 = 23,1\text{mm}^2$  eli paksuus on  $25\text{mm}^2$ .

### 5.5.2 Keskuksen syöttöjohto ja suojaus

Invertterin ja keskuksen välisen kaapelin mitoituksessa käytetään invertterin huipputehon arvoa, joka on 4000 W ja yksivaiheista 230 V:n jännitettä. Keskusta syöttävä johto asennetaan pinta-asennuksena eli asennustapa C. Johdon mitoitusvirta saadaan laskettua

kaavasta  $P=UI\cos\varphi$ , jossa kiinteistöasennuksien tehokerroin on yleisesti 0,95. Johdon mitoituksessa käytetään apuna D1 käsikirjaa rakennusten sähköasennuksista.

$$I_B = \frac{4000W}{230V \times 0,95} = 18,31A$$

Suojalaitteen nimellisvirran  $I_N$  tulee olla yhtä suuri tai suurempi virta-arvo kuin mitoitusvirta  $I_B$ . Valitaan D1 käsikirjan taulukosta 52.2 asennustapaa C vastaavan johdon suojan nimellisvirta 20 A, koska  $I_B \leq I_N$  eli  $18,31 A \leq 20 A$ . Johdon kuormitettavuuden taulukon 43.1 mukaan tulee minimissään olla 22 A. Invertteri ja keskus sijaitsevat päärakennuksen yhteydessä olevassa varastossa, jossa kesällä lämpötila voi auringonpaisteesta johtuen nousta korkeaksi. Korjauskertoimia määrittäessä tulee ottaa huomioon ympäristön lämpötila sekä onko samassa asennuspaikassa useampia kaapeleita tai virtapiirejä. Valitaan taulukosta 52.7 lämpötilan korjauskertoimeksi 0,82 ympäristön lämpötilan ollessa  $40\text{ }^\circ\text{C}$  sekä taulukosta 52.11 asennustavasta riippuva korjauskerroin 1. Kokonaiskorjauskertoimeksi saadaan  $0,82 \times 1,00 = 0,82$ . Johdonsuojan nimellisvirran  $I_N$  ja korjauskertoimen 0,8 mukaan taulukosta 52.2 johdon paksuudeksi saadaan  $2,5/4\text{mm}^2$ . Johdon poikkipinta-ala voidaan myös tarkastaa taulukosta 52.1, jonka mukaan johdon paksuus  $2,5\text{mm}^2$  minimikuormitettavuuden 22 A:n mukaan on riittävä. Kuormitettavuus  $I_Z$  taulukon 52.1 mukaan  $2,5\text{mm}^2$  johdolla on 25 A. Syöttöjohdon pinta-alaksi valitaan kuitenkin  $4\text{mm}^2$  varmuuden vuoksi. Jännitteen alenema laskettuna  $4\text{mm}^2$  johdolle on,

$$\Delta U = 200 \times \frac{0,022\Omega\text{mm}^2/m \times 4kW \times 0,002km}{4\text{mm}^2 \times 0,23kV^2} = 0,167\%$$

Pääkeskukselle valitaan suojalaitteeksi nopea D tyyppin 20 A:n gG tulppasulake. Johtoa ylikuormitukselta suojaavan kyseisen D tyyppin tulppasulakkeen tulee täyttää seuraavat ehdot, jotka täyttyvät.  $I_B \leq I_N \leq I_Z \Rightarrow 18,31 A \leq 20 A \leq 34 A$  ja  $I_2 \leq 1,45 \times I_Z \Rightarrow 32 A \leq 49,3 A$ .

### 5.5.3 Kulutuslaitteiden johtojen ja suojauksen mitoitus

Johtojen mitoitus tehdään samalla periaatteella kuin edellisessä kohdassa keskuksen syöttöjohdon mitoitus. Mitoitetaan vain kaksi pisintä MCMK ja MMJ johtoa, joita samoja paksuuksia käytetään kohteen muissa asennuksissa.

Sauna, ulkokäymälä ja autotallirakennus sijaitsevat erillään päärakennuksesta ja sähköpääkeskuksesta, asennetaan sähkön syöttö näihin kolmeen rakennukseen maakaapelilla maahan asennettuna eli asennustapa D. Kaapelina käytetään MCMK kaapelia. Kaapelin paksuus mitoitetaan pisimmän matkan mukaan, joka tulee saunarakennukselle noin 35 metriä. Kuormaksi arvioidaan 600 W, mistä saadaan virtapiirin mitoitusvirta  $I_B$  lasket-  
tua.

$$I_B = \frac{600W}{230V \times 0,95} = 2,75A$$

Vastaava seuraava suurempi johdonsuojakatkaisijan nimellisvirta  $I_N$  on 6 A, koska  $I_B \leq I_N$  eli  $2,75 A \leq 6 A$ . Johdon kuormitettavuus taulukon 43.1 mukaan tulee minimissään olla 8 A. Taulukosta 52.8 valitaan korjauskertoimeksi 1 ympäröivän maan lämpötilan  $+15 C^\circ$ :n mukaan, sekä taulukoista 52.9 ja 52.10 maalajin lämpöresistiivisyyden mukaan 1. Tällöin kokonaiskorjauskertoimeksi tulee 1. Korjauskertoimen mukaan taulukosta 52.2 saadaan kaapelin paksuudeksi  $1,5mm^2$ . Tarvittaessa voidaan valita johdon paksuudeksi  $2,5mm^2$ , joka huomioi muunneltavuutta. Johdon kuormitettavuus  $I_Z$  on 26 A. Suositeltava jännitteen alenema kiinteistöasennuksissa johdoille on  $< 4 \%$ .

$$\Delta U = 200 \times \frac{0,0175\Omega mm^2/m \times 0,6kW \times 0,035km}{1,5mm^2 \times 0,23kV^2} = 0,926\%$$

Suojalaitteeksi valitaan B tyyppin 6 A:n johdonsuojakatkaisija. Täytettävät ehdot,  $I_B \leq I_N \leq I_Z \Rightarrow 2,75 A \leq 6 A \leq 26 A$  ja  $I_2 \leq 1,45 \times I_Z$ ,  $I_2$  on  $1,45 \times I_N = > 4 A \leq 37,7 A$ .

Päärakennuksessa sisäasennuksessa käytettävä MMJ mitoitetaan pisimmän pisto-  
rasiaryhmä mukaan, joka on noin 15 metriä pitkä ja siihen kuuluu 5 kappaletta 2-osaisia

pistorasioita. Asennustapa on uppoasennus eli asennustapa A. Arvioitu teho on 1500 W ja mitoitusvirta  $I_B$  tällöin,

$$I_B = \frac{1500W}{230V \times 0,95} = 6,86A$$

Mitoitusvirtaa seuraava isompi arvo suojalaitteen nimellisvirraksi  $I_N$  taulukon 43.1 mukaan on 10 A, koska  $I_B \leq I_N$  eli  $6,86 A \leq 10 A$  sekä johdon minimikuormitettavuus 13,5 A. Lämpötilan korjauskerroin valitaan taulukosta 52.7 ja asennustavasta riippuva korjauskerroin taulukosta 52.11 +25 C°:n lämpötilan ja asennustavan korjauskertoimet molemmat ovat 1, joten kokonaiskorjauskerroin on myös 1. Korjauskertoimen mukaan johdon paksuudeksi saadaan taulukosta 52.2 1,5mm<sup>2</sup>, mutta valitaan varmuudeksi seuraava paksuus eli 2,5mm<sup>2</sup>. Kyseisen johdon paksuuden maksimi kuormitettavuus on 19 A ja jännitteen alenema on,

$$\Delta U = 200 \times \frac{0,022\Omega mm^2/m \times 1,5kW \times 0,015km}{2,5mm^2 \times 0,23kV^2} = 0,75\%$$

Suojalaitteeksi valitaan B tyyppin 10 A:n johdonsuojakatkaisija, koska  $I_B \leq I_N \leq I_Z \Rightarrow 6,86 A \leq 10 A \leq 26 A$  ja  $I_2 \leq 1,45 \times I_Z$ ,  $I_2$  on  $1,45 \times I_N = > 14,5 A \leq 19 A$ .

Aitan pistorasia ryhmä asennetaan MMJ 3x15S johdolla ja valaistusryhmän johtoina käytetään MMJ 3x1,5S asennuskaapelia. Ulkokäymälän sekä autotallin syöttöjohdoiksi valitaan MCMK 2x1,5/1,5mm<sup>2</sup> maakaapeli. Saunarakennukselle syöttöjohtoja käytetään MCMK 2x2,5/2,5mm<sup>2</sup> maakaapelia. Muissa kiinteistön eri rakennuksien asennuksissa käytetään MMJ 3x1,5S johtoa.

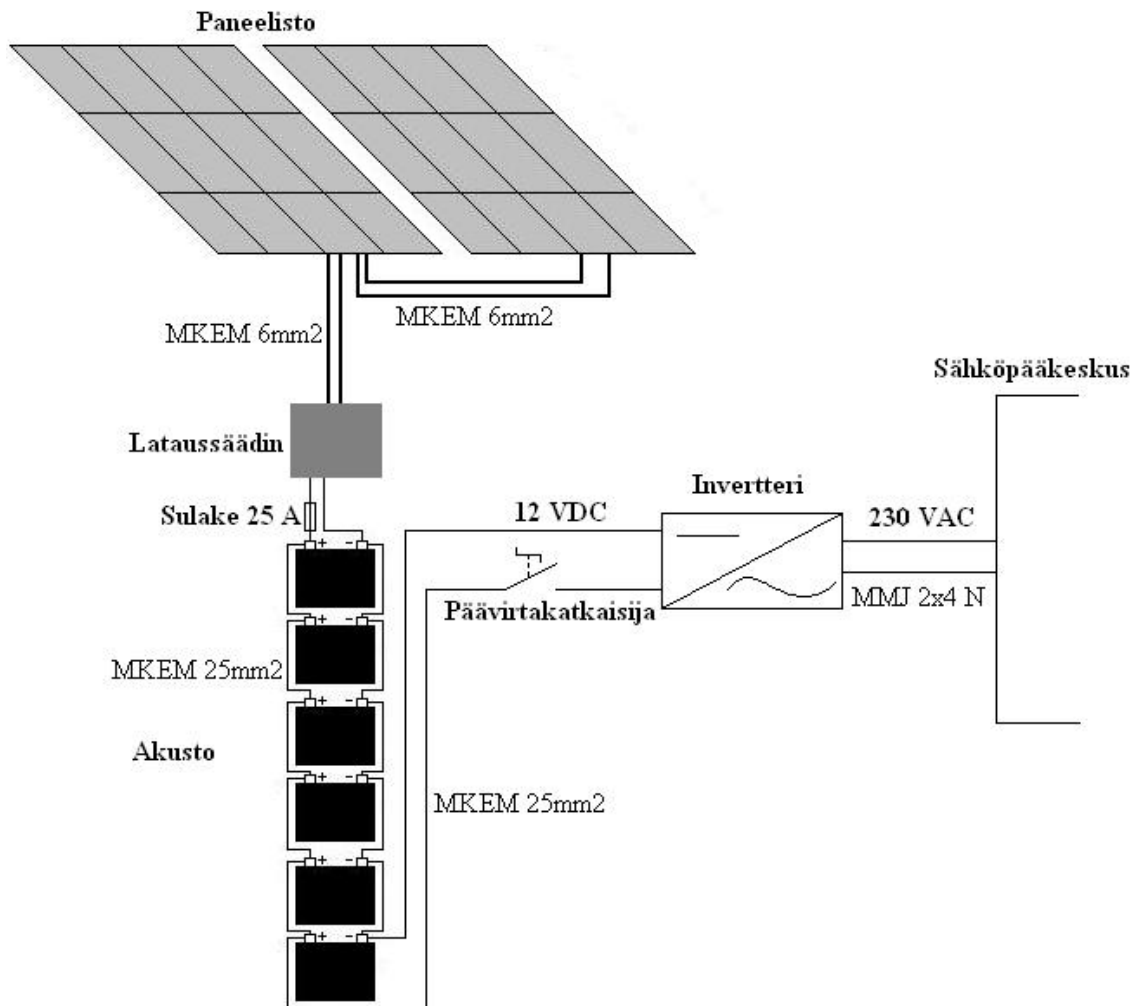
## 5.6 Järjestelmän suojaus

Aurinkosähköjärjestelmän sähkönsyöttöpuolella tulee olla suojaus kaapeleiden ja laitteiden ylikuormitusta vastaa. Tasasähköpuolella käytettäväksi suositellut suojalaitteet tulee olla luokan 2 laitteita. Valmiin järjestelmän mukana tulee oikean kokoiset suojalaitteet asennettavaksi valmistajan ohjeiden mukaan. Lataussäätimen ja akuston väliin lähelle plus-napaa asennetaan 25 A: automaattisulake, joka on tyyppillinen koko kaikissa järjestelmissä. Lataussäädin riittää suojaamaan järjestelmän paneelit, jonka vuoksi eril-

listä sulaketta ei paneelin ja säätimen väliin tarvita, edellyttäen kuitenkin kaapeleiden oikean mitoituksen. Akun ja invertterin väliin ei erillistä sulaketta tarvita, koska invertterin sisään on asennettu tulokaapelin suojasulakkeet. Erotuskytkimenä riittää päävirtakatkaisija huolto/asennustöitä varten.

## 5.7 Sähkösuunnitelma

Aurinkopaneelit asennetaan rinnankytkentänä ja kytkentä tapahtuu paneelikeskuksessa. Paneelien ja lataussäätimen välisenä kaapelina käytetään MKEM 6mm<sup>2</sup> asennuskaapeleita. Paneeleilta akustolle syöttökaapeli tuodaan lyhintä mahdollista reittiä. Lataussäätimeltä akustoa suojaavalle 25 A:n automaattisulakkeelle käytetään samaa johdin paksuutta, mutta itse akusto kytketään aina invertterille saakka paksulla 25mm<sup>2</sup> akkukaapelilla. Invertteri ja sähköpääkeskuksen välisenä johtona käytetään MMJ 2x4 N johtoa. Akuston ja invertterin väliin asennetaan päävirtakatkaisija erottamaan järjestelmän kulu- tuspuoli tehontuottopuolesta. Päävirtakatkaisija on malliltaan lukkiutuva kiertokytkin.



## Kuva 16. Järjestelmäkaavio

Sähköpääkeskuksen pääsulakkeena käytetään 20 A:n nopeaa D tyyppin gG tulppasulaketta yksivaiheisena, koska invertteri syöttää yksivaiheista 230 VAC:n jännitettä. Sähköpääkeskuksessa sähkön mittausta ei huomioida, vaan se ohitetaan sopivalla asennusjohdolla eli puhekielessä niin kutsutulla jomppi johdolla, esimerkiksi 4mm<sup>2</sup> MMJ:llä. Sähkön mittaukselle ei ole tarvetta, koska aurinkosähköjärjestelmän tuottaman energian käyttö on ilmaista. Keskuksessa olevaa 3-vaiheista voimapistorasiala ei saada käyttöön vain yhden käytössä olevan vaiheen takia. Suko-rasia voidaan kytkeä tarvittaessa käyttöön. UTU beagle 3406 P 25+PR mökkikeskuksessa on valmiina 3 kpl 10 A:n ja 3 kpl 16 A:n johdonsuojakatkaisijat, joiden takaa ryhmälähdöt otetaan mitoitusarvoista huolimatta tai johdonsuojakatkaisijoita voidaan vaihtaa pienempiin nimellisvirta-arvoiltaan. Keskukseseen saa lisättyä jatkossa lisää johdonsuojakatkaisija lähtöjä 11 kpl. Keskuksessa on nelinapainen vikavirtasuojakytkin, joka suojaa kaikkia lähtöjä. Johdot ja kaapelit tuodaan keskukseseen alakautta. Liitteessä 2 on esitetty keskuksen keskuskaavio. Sähköpääkeskukselle suojamaa tuodaan erilliseltä päämaadoituskiskolta tai liitetään keskuksen suojojohdin suoraan maadoituselektrodiin.

Ryhmännumero	Ryhmä	Johdonsuojakatkaisija
1	Ulkokäymälä	10 A
2	Sisävalaistus	10 A
3	Ulkovalaistus	10 A
4	Pistorasiat	16 A
5	Autotalli	16 A
6	Sauna	16 A

Taulukko 2. Ryhmäluettelo.

Valaistus toteutetaan energiatehokkaasti ja tarkasti, jotta suuritehoisilta ja energiaa kulluttavilta valaisimilta vältytään. Päärakennuksen oleskelupuolen valaistus toteutetaan tavalliseen e27 valaisimen kantaan soveltuvilla Airam Megaman LED sarjan lampuilla. Lamput ovat portaattomasti himmennettävissä vakiohimmentimillä. Päärakennuksen sisäänkäyntiin sijoitetaan tehokas 20 W:n LED yleisvalaisin energiatehokkaalla liitäntälaitteella, jossa on hyvä olla valaistustehokkuutta esimerkiksi pukemiseen. Keittotasolle ikkunattomalle puolelle asennetaan LED jono-valaisin kytkimellä ja maadoitetulla kaksoispistorasiolla varustettuna. Ulkovalaistus toteutetaan kolmiokupuisilla LED seinäva-

laisimilla. Valaisimet ovat yleisvalaisimia, jotka soveltuvat erinomaisesti ulkokäyttöön. Valaisimia on saatavilla myös liiketunnistimilla. Varaston ja autotallin valaistukseen käytetään tehokkaita LED yleisvalaisimia tehokkaalla 4000 kelvinin värisävyllä. Tiloisissa vaaditaan näkyvyyttä esimerkiksi korjaus- tai huoltotoimenpiteitä varten sekä varasto toimii sähköjärjestelmän ja sähköpääkeskuksen sijoituspaikkana. Saunaan asennetaan Oversol Oy:n LedLite® LED-valosarja, joka tuo tunnelmaa saunomiseen valaistusominaisuuden ohella. Valaistukseen kuuluu 6 kappaletta kullanhoitoisia led valaisimia, jotka voidaan asentaa kattoon, selkänojien taakse tai muuten sisustukseen sopivaksi. Ulkokäymälään asennetaan energiatehokas 13 W:n LED yleisvalaisin ja pukuhuoneeseen asennetaan kosteisiin tiloihin soveltuva 2 x 9 W:n valaisimella oleva LED yleisvalaisin.

Valaistuksia ohjataan perinteisillä 1 ja 2-napaisilla painikekytkimillä lukuun ottamatta oleskelutilan ja keittotason valaistuksia. Oleskelutilan valaistusta ohjataan perinteisellä himmentimellä eli valonsäätimellä ja keittotason valaisimessa on itsessään käyttökytkin. Valaisimien ohjaukset sijoitellaan järkeviin paikkoihin huomioiden ohjattavien valaisimien paikat. Ulkokäymälän valaistus saadaan ohjattua päärakennuksesta käsin.

<b>Valaisinluettelo</b>					
Positio	Paikka	Valaisin	Sähkönumero	Määrä	Teho
<b>1</b>	Oleskelutila	Valaisinpohja e27 kannalle*		2	
<b>2</b>	Sisäänkäynti	AVD370.120 LED	4117091	1	20 W
<b>3</b>	Keittiötaso	AVK66.1121LPP/3K LED	4117071	1	12 W
<b>4</b>	Ulkovalaistus	AVR71.19 LED	4117050	4	9 W
<b>5</b>	Tekniset tilat	AVR320.113 LED	4217287	2	13 W
<b>6</b>	Saunavalaisin	LedLite® -LED-valosarja	4106520	1	1.8 W
<b>7</b>	Käymälä	AVR254.19LED/3K	4217232	1	9 W
<b>8</b>	Pukuhuone	AVR254.29E	4117567	1	2 x 9W
<p>*Vapaa-valintaiseen valaisimeen, jossa e27 kantaiselle lampulle liitántä. Lamppuksi Airam Megaman himmennettävä LED lamppu e27 kannalla. Himmennys tapahtuu perinteisellä himmentimellä. Esimerkiksi Airam Megaman LED classic a65 dim 11W e27 , 2 kpl, snro. 4719071.</p>					

Taulukko 3. Valaisinluettelo.

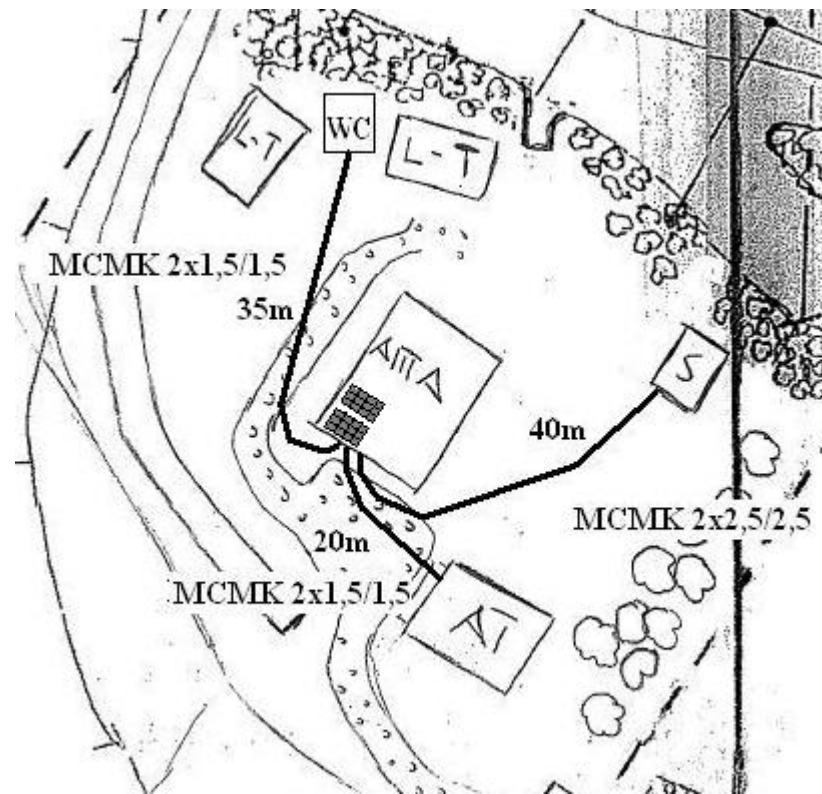
Halutessaan järjestelmään voidaan lisätä lisää valaistusta. Esimerkiksi enemmän ulkovalaistusta. Ulkokäymälän seinä ja rakennuksen molemmat puolet voisi olla mahdolliset lisävalaistuksen paikat.

Valaistuksen sähköasennuksissa voidaan vaihtoehtoisesti käyttää Johdoton valonohjausjärjestelmää perinteisten johdollisten valonohjauskytkimien sijaan. Johdoton valonohjausjärjestelmän ohjauskytkimiä on helppo liittää seinustalle ilma ylimääräisten putki-putkien ja johdotuksien seinän sisään asentamista. Johdoton sarjassa vastaanotin asennetaan esimerkiksi jakorasian ja valaisimen väliin, jota ohjataan siihen kuuluvalla kauko-ohjain seinäkytkimellä. Johdoton sarjan laitteita löytyy myös 12/24 VAC järjestelmiin. Lisätietoja: [www.johdoton.fi](http://www.johdoton.fi)

Pistorasiat asennetaan ja sijoitetaan siten, että ne ovat taloudellisesti järkevissä kohdissa ja helposti saatavilla. Päärakennukseen sijoitetaan 4 kappaletta kaksiosaisia pistorasioita. Keittotason valaisimessa on itsessään yksi kaksiosainen pistorasia. Varastotilaan, saunarakennukseen ja autotalliin asennetaan jokaiseen yksi kaksiosainen pistorasia. Varastossa sijaitsevassa sähköpääkeskuksessa on yksi suojakosketin pistorasia, joka on mahdollista kytkeä käyttöön.

Johdotus toteutetaan mahdollisimman taloudellisesti valiten lyhimmät johtoreitit ja järkevimmit kytkentätavat. Sisäjohtoasennukset toteutetaan MMJ 3x1,5S ja MMJ 3x2,5S asennusjohdoilla. Ulkorakennusten syöttökaapelit ovat MCMK 2x1,5/1,5 ja MCMK 2x2,5/2,5 maakaapeleilla. Massalistassa on merkkaus kaapeleiden tiedoista. MCMK kaapeleiden määrät on ilmoitettu arvioituna metrimääränä. MMJ asennusjohtojen metrimääriä on mahdoton arvioida saatavilla olevien piirustusten perusteella, joten metrimäärä arvioidaan paikanpäällä ennen tavaran tilausta. Liitteessä 1 on sähkösuunnitelman tasopiirustus.

Maakaapelit suositellaan asennettavaksi riittävän syvälle maahan tai suojattavaksi mekaanisesti. Sähköstandardin yleisvaatimuksena asennussyvyys MCMK kaapelille on 0,7 m. Kaapelin päälle voidaan asettaa kaapeli varoitusnauha ja kaapelin päälle on hyvä levittää hiekkamurskekerros. Hiekkamurske toimii huomiomerkinä kaapelista, jos pihaluetta kaivetaan. Ulkokäymälän syöttökaapeli kaivetaan valmiiksi odottamaan ulkokäymälän rakennusvaihetta. Kaapeli tuodaan ulkokäymälä suunnitellun sijoituspaikan läheisyyteen ja riittävä asennusvara kierretään lenkille maan pinnalle. Kaapelin pää tulee suojata kutistepäätetupella tai muulla vedenpitävällä menetelmällä, mikä suojaa veden ja kosteuden pääsyn kaapelin eristeen sisään.



Kuva 17. MCMK maakaapeleiden reitit ja pituudet.

Massalistassa on arvioitu käytettävien komponenttien lukumäärät ja mallit. Arvio on suuntaa antava ehdotelma, joka saattaa muuttua toteutusvaiheessa.

Kohde: Lomakohde		Piirustus: Tasopiirustus		Pvm: 25.11.2012	
Selitys	Tuotenimike	Järjestelmä	Määrä	Snro.	
Pistorasia 2-os. maad.	Pistorasia Jussi, ABB	Pistorasiat	7 kpl	25 064	21
Painikekytkin 1-nap.	Kytkin Arctic, Schneider E.	Valaistus	3 kpl	21 007	06
Painikekytkin 2-nap.	Kytkin Artic, Schneider E.	Valaistus	3 kpl	21 007	05
Valonsäädin, himmennin	Artic ATD315R, Schneider E.	Valaistus	1 kpl	3512439	
Jakorasia	Jakorasia, ABB	Valaistus	12 kpl	16 125	09
Asennuskaapeli	Draka MMJ 3 x 1,5S				
Asennuskaapeli	Draka MMJ 3 x 2,5S				
Asennuskaapeli	MCMK 2 x 1,5/1,5		40 m		
Asennuskaapeli	MCMK 2 x 2,5/1,5		55 m		

Taulukko 4. Massalista.

## 5.8 Maadoitus

Koska kohteen sähköistys tullaan toteuttamaan invertterin kautta 230 voltin vaihtosähköllä, on järjestelmään hyvä asentaa maadoituselektrodi. Maadoituselektrodi on myös hyvä olla jo valmiina, jos kohde päätetäänkin joskus liittää sähköverkkoon. Kyseessä on TN-S-järjestelmä, eli esimerkiksi pistorasioihin tulee kolme johdinta: vaihejohdin T, nollajohdin N ja suojamaadoitusjohdin S. Koska kyseessä on loma-asunto, jossa on hyvin vähän johtavia osia, voidaan päämaadoituskisko eli MEB korvata maadoitusliittimellä. On kuitenkin järkevintä käyttää erillistä maadoituskiskoa mahdollisten lisäysten helpottamiseksi. Päämaadoituskisko asennetaan pääkeskuksen läheisyyteen.

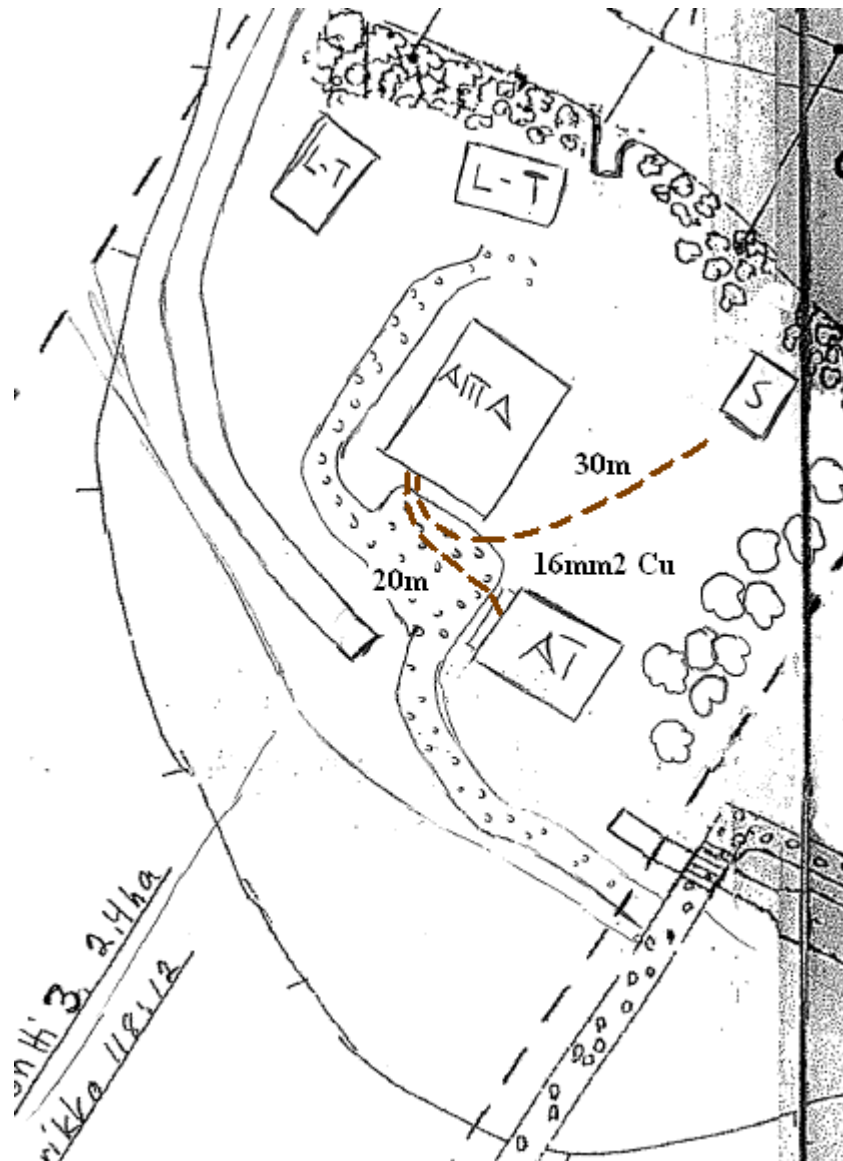
Koska kohteeseen maadoitus tehdään jo valmiina olevaan rakennukseen niin sanotuksi vaakaelektrodiksi, tulee maadoituselektrodin pituus olla vähintään 20 metriä pitkä ja asennettu siten, että se ei vahingoitu helposti. Jos maadoituselektrodia ei voida asentaa siten, että se on suojattu vahingoittumiselta, tulee käyttää kahta eri suuntaan kulkevaa 20 metriä pitkää elektrodia tai yhtä 40 metriä pitkää silmukan muotoista elektrodia.

Samalla kun saunarakennusta ja autotallia syöttäville kaapeleille kaivetaan ojat, laitetaan samaan kaivantoon kulkemaan maadoituselektrodi. Maadoituselektrodina käytetään pinta-alaltaan  $16\text{mm}^2$  kuparia, joka on minimi pinta-alavaatimus silloin, kun maadoitus asennetaan maahan. Saunarakennukselle menevälle maadoituselektrodille saadaan pituudeksi yli 30 metriä, ja autotallille päin menevälle noin 20 metriä, mitkä ovat riittävät kohteen sähköjärjestelmälle. Maadoituselektrodi toimii myös mahdollisten häiriöiden sekä ukkosen aiheuttaman ylijännitteen suodattajana. Maadoituselektrodin asennussyvyys on sama kuin MCMK kaapeleilla eli suositeltu 0,7 m.

Aurinkopaneelin raamit sekä kiinnitystelineet on hyvä maadoittaa  $16\text{mm}^2$  kuparijohtimella, joka on kytketty päämaadoituskiskoon tai maadoitusliittimeen. Paneeli voidaan maadoittaa myös suoraan maadoitusjohtimeen joka on asennettu maahan vähintään 5 metrin matkalle.

Jos myöhemmin kohde liitetään sähköverkkoon, voidaan kolmas maadoituselektrodiasie asentaa tarvittaessa liittymän syöttökaapelin kanssa samaan kaivantoon. Maadoituksen ollessa syöttökaapelin kanssa samassa kaivannossa vierekkäin, mahdollinen maadoituk-

sen poikkikaivaminen kaivinkoneella tai muulla välineellä katkaisee todennäköisimmin myös syöttökaapelin, jolloin välitöntä vaaraa ei aiheudu maadoituksen katketessa.



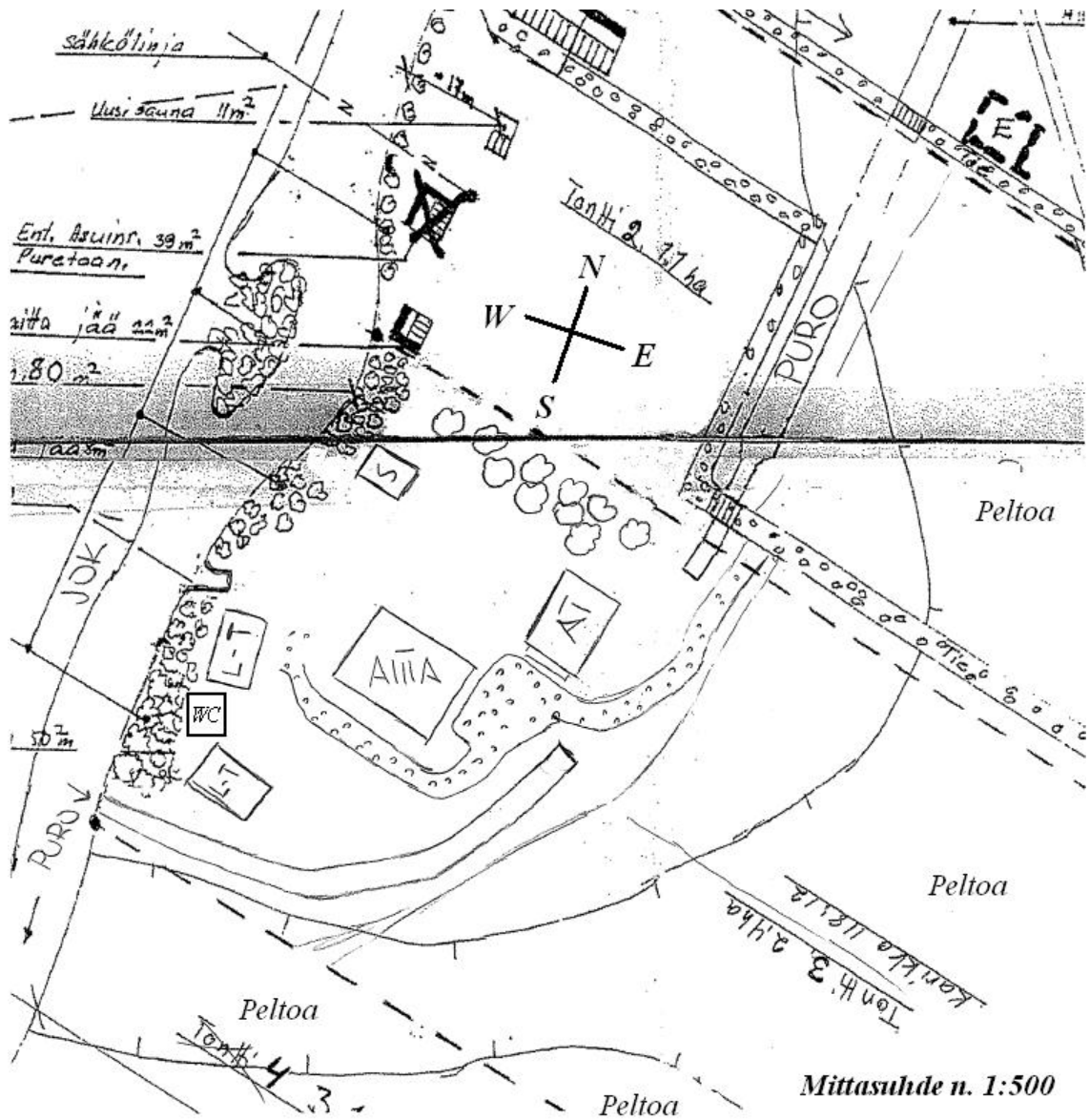
Kuva 18. Maadoituselektrodit

### 5.9 Paneelien ja järjestelmän laitteiden sijoitus

Liperin kunnan rakennusvalvonnan mukaan aurinkopaneelien asennukseen ja sijoittamiseen ei liity mitään erityismääräyksiä, vaan niihin pätee samat säännökset kuin muuhunkin rakentamiseen.

Aurinkopaneeli sijoitetaan päärakennuksen katolle suoraan varaston yläpuolelle, jolla saadaan paneelin ja akuston välisen kaapelin pituus mahdollisimman pieneksi häviöiden

minimoimiseksi. Paneeli suunnataan päärakennuksen eteläpuoleisen lappeen mukaan, joka osoittaa lähes suoraan etelään päin.



Kuva 19. Lyhenteet: Sauna (S), Autotalli (AT), Lauta-taapelit (L-T), tulossa olevan ulkokäymälän suunniteltu sijoituspaikka (WC).

Etelään suunnattaessa paneelia ei peitä mikään ja se saa joka päivä maksimi auringonpaistetunnit, koska rakennusta ympäröi pelto. Kallistuskulmaksi asetetaan 30°-40°, joka on optimaallinen kesäaikana käytettäväksi.



Kuva 20. Paneelien sijoitus.



Kuva 21. Paneelien sijoitus.



Kuva 22. Näkymä paneelien suuntaussuuntaan.

Akusto sekä muut laitteet sijoitetaan päärakennuksen yhteyteen suoraan paneelin alapuolelle varastoon siten, että kaapelipituudet jäävät mahdollisimman lyhyiksi. Akuille tehdään oma sijoituslaatikko, johon asennetaan tarvittaessa tuuletusta varten ilmanvaihtokanava. Lataussäädin asennetaan invertterin ja keskuksen ohella akuston välittömään läheisyyteen samaan tekniseen tilaan. Asennusvaiheessa mietitään päämaadoituskiskolle, lataussäätimelle ja invertterille tarkat asennuspaikat, sekä suunnitellaan johtoreitit ja läpiviennit kaapeleille ja maadoitukselle ja niiden kosteussuojaukset.

### **5.10 Järjestelmä- ja laitevalinnat, hinta-arviot**

Aurinkosähköjärjestelmäksi valitaan kaksi 135 W:n tai kaksi 140 W:n paneelia ja minimissään 600 Ah:n akuston sisältävä järjestelmä. Järjestelmäksi valitaan jälleenmyyjän tarjoama valmis järjestelmä, joka kattaa kaikki asennustarvikkeista ja kaapeleista paneeliin ja akustoon. Ohessa vaihtoehtoiset järjestelmät:

<b>Solar 365,Tr-MPPT 45A+LCD, A1,AGM 660Ah</b>
SolarXon ES-140P W, monikide 1486 x 676 mm, 2kpl
Asennusteline M 140 säädettävä, teräs, 2kpl
Tracer MPPT säädin 45 A, 1kpl
Asennussarja A1, peruspaketti, valkoinen, 1kpl
Rinnankytkentäjohdot+kengät, 2kpl
AGM Victron Deep Cycle 220 Ah / 20h, 3kpl
Akkunäyttö BMV 600S, 500 Ah shuntti, 1kpl
Phoenix MultiPlus 12/2000/80 invertteri-laturi, 1kpl
Hinta yht. 4080,-

Taulukko 5. Järjestelmä 1.

6 kpl Ritar 200Ah RA12-200D AGM-akku yht.600Ah/24V
2 kpl Istar IS3000P, 135 WP aurinkopaneeli
2 kpl asennusteline
STECA PRO2020 lataussäädin
Victor C24/200050-30 invertteri-laturi
Hinta yht. 4200,-

Taulukko 6. Järjestelmä 2.

Ensimmäisen järjestelmän wattihinnaksi saadaan laskettua 14,6€W ja toisen järjestelmän hinnaksi saadaan 15,6€W.

Järjestelmään valitaan Phoenix MultiPlus 12/2000/80 invertteri-laturi, jonka hinta on noin 1700,-.

Sähköpääkeskukseksi valitaan UTU beagle 3406 P 25+PR mökkikeskus. Keskuksen voidaan tulevaisuudessa liittää paikallisen sähkönjakeluyhtiön liittymä.

Hinta noin 300,-.

### 5.11 Taloudellinen vertailu suoraan sähköliittymään

Omavaraisen aurinkosähköjärjestelmän ja suoran sähköliittymän vertailussa ei oteta huomioon kiinteistön sähköasennuksista ja järjestelmien huolloista aiheutuvia kuluja.

Paikalliselta sähköntoimittajalta selvitetyn tarjouksen mukaan mökkiliittymän kohde kuuluu liittymisvyöhykkeelle 2+. Liittymismaksun suuruus on tarjouksen mukaan 6270 euroa, jonka lisäksi liittymästä veloitetaan mittalaitteen asennusmaksu 130 euroa eli yhteensä 6400 euroa. Liittymän kokonaishinnaksi muodostuisi 7500 euroa sisältäen liittymismaksun, asennukset, liittymisjohdon ja kytkennät, mittalaitteen asennuksen sekä mittauskeskuksen.

Opinnäytetyön aiheen vuoksi valitsin paikalliselta sähköntoimittajalta mahdollisen sähköliittymän tyypiksi vihreän vaihtoehdon, joka on tuotettu paikallisesti uusiutuvalla energialla, vesivoimalla, tuulivoimalla ja bioenergialla. Liittymätyypin mukaan liittymän kuukausimaksu on 3,32 euroa ja sähkön hinta 7,39 snt / kWh. Käyttöajan ja käyttöasteen mukaan energialle tulee hintaa toukokuusta syyskuuhun kuukausimaksut 16,6 € ja käyttömaksut noin 13,1 € yhteensä noin 29,7 €

Mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä kahdella 135 W:n tai 140W:n paneelilla ja 600 Ah:n akustolla sekä invertterillä maksaa noin 4200€ ja mittauskeskus noin 300 - 400 € Järjestelmän kokonaishinnaksi muodostuu noin 4500 € Omavaraisen sähköjärjestelmän käytöstä ei tarvitse maksaa käyttökuluja, vaan järjestelmän käyttö on ilmaista.

Oheisessa taulukossa on vertailtu suoran sähköliittymän ja kohteeseen mitoitettun aurinkosähköjärjestelmän käyttökustannuksia rakennuskustannukset mukaan laskien. Kuten taulukosta näkyy suoran sähköliittymän kustannukset €/kWh ovat melkein puolet aurinkosähköjärjestelmän kustannuksista. Koska kohdetta ei käytetä kuin kesäisin yleensä viikonloppuina ja energiantarve on melko pieni, on aurinkosähköjärjestelmä järkevin vaihtoehto toteuttaa. Ja onhan omavarainen sähköjärjestelmä vihreä vaihtoehto nykypäivän trendien mukaan. Valittaessa sähköliittymä, sähkön käyttö luonnollisesti kasvaa.

<b>Taloudellinen vertailu käyttökausien perusteella toukokuusta syyskuuhun</b>		
	Aurinkosähkö	Sähköliittymä
Rakennuskustannukset (€)	4500	7500
Käyttökustannukset kaudessa (€)	0	29,7
Arvioitu energiantarve käyttökaudelle (kWh)	177,5	177,5
€/kWh yhdelle käyttökaudelle	25,4	42,4
€/kWh 10 vuotta	2,5	4,4
Käyttökaudessa 22 käyntikertaa. Yhden käyntikerran energiantarve 8,07kWh. Liittymän kuukausimaksu 3,32 € ja sähkön hinta 7,39snt/kWh		

Taulukko 7. Sähköliittymän ja aurinkosähkön taloudellinen vertailu.

## 5.12 Järjestelmän käyttöönotto ja käyttö

Mökille saavuttaessa aurinkosähköjärjestelmän päällekytkennän tulee olla mahdollisimman yksinkertainen palvellen kaikkia kävijöitä. Järjestelmään asennetaan päävirtakytkin heti akun jälkeen ennen invertteriä ja kulutuslaitteita, koska mökin ollessa tyhjiin ei päävirtakytkimen ollessa nolla asennossa kulutuslaitteet vie turhaa virtaa akuista edes lepotilassa. Vaikka invertterissä on erillinen tyhjäkäyntitila, on järjestelmässä hyvä olla kytkin erottamassa kaksi eri järjestelmää toisistaan. Näin ollen akut pääsevät latautumaan jatkuvasti silloinkin kun mökillä ei ole ketään. Päävirtakytkin asennetaan selkeään paikkaan tekniseen tilaan mistä kuka vain osaa kytkeä kulutuslaitteille virran. Invertterin huipputeho ja akuston jännite tulee huomioida päävirtakatkaisija valinnassa. Invertterin huipputeho on 4000W, jännite 12 voltia ja invertterin hyötysuhde noin 90 %, on tällöin päävirtakytkin virrankesto oltava vähintään 370A.

SFS 6000 sähköstandardi sanoo, että ”Aurinkosähkövaihtosuuntaajan huollon takia on oltava erotuslaitteet, jolla vaihtosuuntaaja saadaan erotettua tasasähköosasta ja vaihtosähköosasta.” [39, s. 484.]

Koska sähkökeskusta syöttävä invertteri on teholtaan 2000/4000 W, ei kaikkia laitteita voi pitää päällä yhtäaikaisesti. Invertterit kestävät huipputehoa lyhyt aikaisesti, kuten laitteen tai laitteiden käynnistyksen antaman piikin verran. Invertterin jatkuvasti syöttämä 2000 W:n teho kuitenkin kattaa hyvin monen laitteen käytön yhtäaikaisesti, joten kahvinkeitintä, muutamaa tarvittavaa valaistusta ja esimerkiksi televisiota voi pitää päällä samaan aikaan. Seuraavaan taulukkoon on listattu eri laitteiden tehonkulutuksia, mitkä ovat kohteen järjestelmän kapasiteettia kohtaan käyttökelpoisia.

Sähkölaitteiden kulutuksia	
Laite	Kulutus
Mikroaaltouuni	0,2 kWh / 10 min
Kahvinkeitin	0,1 kWh / 10 min
Vedenkeitin	0,1 kWh / 5 min
Leivänpaahdin	0,1 kWh / 10 min
32" LCD TV	0,08 - 0,19 kWh / 1 h
Digiboksi	0,03 kWh / 1 h
Kannettava tietokone	0,03 kWh / 1 h
Radio/cd-soitin	0,01 kWh / h
Hehkulamput (40-100 W)	0,04 - 0,1 kWh / h
Loistelamput (20-60 W)	0,02 - 0,06 kWh / h
Pienloistelamput (10-30 W)	0,01 - 0,03 kWh / h
Halogeenilamput (10-50 W)	0,01 - 0,05 kWh / h
Led-lamppu (9W - 15 W)	0,009-0,015 kWh / h
Porakone	0,5 kWh / h
Sähköhammasharja	0,04 kWh / vrk

Taulukko 8. Yleisimpien kotitalouden sähkölaitteiden kulutuksia.

### 5.13 Muunneltavuus ja jatkokehitysmahdollisuudet

Akuston kapasiteettia on helppo kasvattaa myöhemmin, jos akuston teho todetaan riittämättömäksi. Järjestelmään voidaan liittää pientuulivoimala ja/tai kasvattamalla paneelitehoa lisäämään tehontuottoa, jos energiantarve kasvaa tai käyttöaika pitenee alkaen aikaisemmasta keväästä aina myöhemmälle syksylle. Suunniteltuun järjestelmään tulee invertteri-laturi, joka mahdollistaa aggregaatin käytön akuston latauksessa. Muutama tunti latausta aggregaatilla päivässä riittää täyttämään akuston kapasiteetin tehokkaan laturin ansiosta. Tämä on erittäin käyttökelpoinen ominaisuus kohteen käyttöajan pidentessä myöhemmälle syksylle, jolloin aurinkosäteily on enää vähäistä.

Koska sähkösuunnitelma toteutetaan 230 VAC:n jännitteen ehdoilla sekä mittari-keskuksella, on kohden tulevaisuudessa helppo liittää jakeluverkkoon. Aurinkosähköjärjestelmä voidaan jättää halutessa verkon rinnalle lisäämään omavaraisuutta.

### 5.14 Huolto, kunnossapito ja talvisäilytys

Vaikka aurinkopaneelit ovat kestävästä materiaalista ja menevät harvoin rikki, pitää kuitenkin huolehtia, että ne eivät pääse taipumaan eikä niiden päälle saa asettaa mitään raskasta. Aurinkopaneelien huolloksi riittää lumen, lehtien ja roskien lakaisu pehmeällä harjalla. Pölyn ja muun lian voi pyyhkiä paneelin päältä vedellä tai miedolla pesuaineliuksella. Jos aurinkopaneeliin tulee reikä, tulee se paikata mahdollisimman nopeasti esimerkiksi silikonilla, koska paneelin sisärakenteisiin ei saa päästä vettä. Talvella paneeli voidaan suojata esimerkiksi vanerista tehdyllä suojalla tai se voidaan irrottaa säilytettäväksi muualle. [34.]

Johdot, liitokset ja akkukengät on hyvä tarkastaa silmämääräisesti ja puhdistaa hapettumien, löystymien ja muiden vaurioiden varalta, sekä asennustelineiden kiinnitykset, sillä tavalliset sähkösinkityt ruuvit ja pultit eivät kestä säärasituksia muutamaa vuotta pidempään. Akkujen nestepinta on hyvä tarkastaa vuosittain, sekä niiden jännite mitata kuukausittain akkujen kuntoa silmälläpitäen. Akkujen jännitteen lasku on merkki niiden kunnan heikkenemisestä tai sähkökulutuksen lisääntymisestä. Irtikytettyinä akut on hyvä ladata täyteen, sekä mitata niiden jännite säännöllisesti, koska akkujen varaus pienenee muutamia prosentteja kuukaudessa. Syväpurkaus pienentää akkujen käyttöikä. Irtikytettyinä akut tulee säilyttää kuivassa, viileässä ja puhtaassa paikassa. [35.]

Aurinkosähköjärjestelmien mukana tulee valmistajan laatimat huolto- ja kunnossapito-ohjeet, joita noudattamalla pidät laitteesi toimintakunnossa pidempään.

## 6 Pohdinta

Työ oli alusta lähtien mielenkiintoinen ja haastava, sillä aikaisempaa tietoa omavaraisista sähköjärjestelmistä ei juuri ollut, joka toi lisähaastetta varsinkin järjestelmän mitoitusvaiheessa. Opinnäytetyön aihe on hyvinkin ajankohtainen, koska nykypäivänä uusiutuvien energiamuotojen käyttö kuluttajien puolella tulee lisääntymään ja vihreä sähkö ja omavaraisuuden edistäminen on nykypäivän mukainen trendi.

Työn tavoitteena oli saada lukija perehdytettyä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön kiinteistöissä sekä laitevalinnoista ja asennuksista huomioiden niihin liittyvät tärkeät pääseikat. Työn suunnitteluvaiheen tavoitteena oli saada suunniteltua oikein mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä mahdollisimman taloudellisesti, joka kattaa kohteen energiantarpeen koko käyttöjakson ajan. Kyseisen aurinkosähköjärjestelmän mitoituslaskelmat olivat paikkansapitäviä, sillä tarkistin tarjouspyyntöjä tehdessäni järjestelmän koon kohteen energiantarpeen ja käyttötavan mukaan jälleenmyyjältä. Suunnitellun järjestelmän käytössä tuli ottaa huomioon kaikki käyttäjät, jotka kohdetta käyttävät. Järjestelmä saatiin suunniteltua helposti muunneltavaksi sekä jatkokehitettäväksi. Toivon mukaan tämä työ auttaa muitakin asiasta kiinnostuneita aurinkosähköjärjestelmien hankinnassa.

Työtä tehdessä selvisi, että omavaraisen sähköjärjestelmän hankinta on varteenotettava vaihtoehto, jos halutaan sähköliittymän rinnalle omavaraisuutta lisäävä järjestelmä tai kiinteä sähköliittymä on hankintakustannuksiltaan liian kallis kohteen käyttötarpeeseen nähden. Omavarainen järjestelmä edellyttää tarkkaa mitoitusta. Jos järjestelmä on mitoitettu liian pieneksi, se ei kata kohteen asumisen tarpeita tai järjestelmä on muuten vikahekkä. Järjestelmän ollessa liian suuri, tuo se vain turhia lisäkustannuksia hyvinkin paljon.

Todennäköisesti tulevaisuudessa omavaraisuutta lisäävät järjestelmät asumisessa ja kokonaan omavaraiset kohteet tulevat lisääntymään ilmastonmuutosta ajavien tahojen puolelta. Voi olla, että jonain päivänä valtio antaa tukea näihin järjestelmiin tai sitten järjestelmien mukana tulee niin sanottu omavaraisuus vero.

## Lähteet

- 1 Työ ja elinkeinoministeriö. Uusiutuvat energialähteet, 2012. [Viitattu 16.3.2012].  
Saataavissa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=2481>
- 2 Aurinkoenergia.fi. Aurinkoenergia, 2012. [Viitattu 5.4.2012]. Saataavissa:  
<http://www.aurinkoenergia.fi/Info/23/aurinkoenergia%205.4.2012>
- 3 Kaukora Oy. Aurinkolämmitys, 2012. [Viitattu 11.4.2012]. Saataavissa:  
<http://www.kaukora.fi/hybridilammitys/aurinkolammitys>
- 4 Motiva Oy. Aurinkoenergia, 2012. [Viitattu 5.4.2012]. Saataavissa:  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia)
- 5 Motiva Oy & Öster Harriet. Auringosta lämpöä ja sähköä – opas, 2012. [Viitattu 10.5.2012]. Saataavissa: [http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia\\_www.pdf](http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf)
- 6 Erat, Erkkilä, Löfgren, Nyman, Peltola & Suokivi. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. 2001, Helsinki.
- 7 Motiva Oy. Aurinkoenergia, 2012. [Viitattu 11.4.2012]. Saataavissa:  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia)
- 8 Solpros Ay. Aurinkoenergian teknologia ja markkinakatsaus, 2001. [Viitattu 11.4.2012]. Saataavissa: [http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/1streport\\_final.PDF](http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/1streport_final.PDF)
- 9 Motiva Oy. Tuulivoimateknologia, 2009. [Viitattu 19.3.2012]. Saataavissa:  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/tuulivoima/tuulivoimateknologia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoimateknologia)
- 10 Motiva Oy. Tuulivoima, 2011. [Viitattu 29.3.2012]. Saataavissa:  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/tuulivoima](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima)
- 11 Suomen Tuulivoimayhdistys Ry. Pientuulivoima, 2012. [Viitattu 2.4.2012]. Saataavissa:  
<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/pientuulivoima>
- 12 Rakenna Oikein. Aurinkosähköjärjestelmät, Leppänen Jyrki, 2012. [Viitattu 15.3.2012]. Saataavissa:  
<http://www.rakennaoinkein.fi/fi/artikkelit/aurinkosahkojarjestelmät>
- 13 Genergia Ky. 2009. Aurinkosähköjärjestelmä, 2012. [Viitattu 17.5.2012]. Saataavissa:  
<http://www.genergia.fi/aurinkosahkojarjestelma/>
- 14 Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. Aurinkoenergiaopas s.2, 2012. [Viitattu 15.4.2012].  
Saataavissa: <http://www.eurosolar.fi/aurinkoenergiaopas/2s.pdf>

- 15 Luotola Janne, Uudenlaiset läpikuultavat aurinkopaneelit voi asentaa ikkunoihin-  
artikkeli, Talouselämä, 2012. [Viitattu 22.5.2012]. Saatavissa:  
<http://www.talouselama.fi/uutiset/uudenlaiset+lapikuultavat+aurinkopaneelit+voi+asentaa+ikkunoihin/a2099109>
- 16 Akkupojat Oy. Akut, 2012. [Viitattu 17.4.2012]. Saatavissa:  
<http://www.akkupojat.fi/index.php/site/aurinkopaneelit/akut-3>
- 17 Navigreen. Akustot, 2012. [Viitattu 17.4.2012]. Saatavissa:  
<http://www.navigreen.fi/Tietoiskut/Akustot>
- 18 Akku-ässä Oy. Asennukset, 2012. [Viitattu 16.4.2012]. Saatavissa:  
<http://www.aurinkopaneelit.info/asennukset>
- 19 Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. Aurinkoenergiaopas s. 7, 2012. [Viitattu 17.4.2012].  
Saatavissa: <http://www.eurosolar.fi/aurinkoenergiaopas/7s.pdf>
- 20 Suntekno Oy. Tietopankki, lataussäädin, valitse lataussäädin käyttökohteen mukaan,  
2012. [Viitattu 17.4.2012]. Saatavissa: <http://www.suntekno.fi/lataussaatimet>
- 21 Sunso Global Power Inc. How to size a solar charge controllers, 2012.[Viitattu  
14.11.2012]. Saatavissa:  
<http://www.sunsoglobal.com/faq/How%20to%20Size%20a%20Solar%20Charge%20Controllers.pdf>
- 22 Aurinkosähkö.fi. Huoltodata, järjestelmän komponentit, 2009. [Viitattu 23.5.2012].  
Saatavissa: <http://www.huoltodata.com/aurinko/perusteet.html>
- 23 Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. Aurinkoenergiaopas s. 12, 2012. [Viitattu  
25.4.2012]. Saatavissa: <http://www.eurosolar.fi/aurinkoenergiaopas/12s.pdf>
- 24 Finnwind Oy. Aurinkoenergian ostajan muistilista, 2012. [Viitattu 17.5.2012]. Saata-  
vissa: <http://www.finnwind.fi/aurinkoenergia>
- 25 Virtuaali ammattikorkeakoulu. Johdon mitoitus kiinteistöverkossa, 2012. [Viitattu  
3.11.2012]. Saatavissa:  
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1132057231100/1132057979789/1132058700025/1132058760959.html>
- 26 Suntekno Oy. Tietopankki, aurinkopaneelin toimintaperiaate, 2012. [Viitattu  
17.5.2012]. Saatavissa:  
<http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>
- 27 Play Green Finland Oy. Aurinkosähköjärjestelmän toiminta, 2012. [Viitattu  
15.4.2012]. Saatavissa: [http://www.playgreen.fi/aurinkosahkojarjestelma\\_esite.pdf](http://www.playgreen.fi/aurinkosahkojarjestelma_esite.pdf)

- 28 Aurinkosähkö.fi. Huoltodata, asentaminen, elektroniikka ja akut, 2012. [Viitattu 15.4.2012]. Saatavissa: <http://www.huoltodata.com/aurinko/asentaminen.html>
- 29 SunWatt Oy, solarfriends. Asennusohje, 2012. [Viitattu 7.11.2012]. Saatavissa: <http://www.solarfriends.com/Sunwatt/Asennusohje/asennusohje2.htm>
- 30 Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. Aurinkoenergiaopas s. 16, 2012. [Viitattu 26.4.2012]. Saatavissa: <http://www.eurosolar.fi/aurinkoenergiaopas/16s.pdf>
- 31 Tuulivoimala.com Finland Oy. Hybridivoimalat, 2012. [Viitattu 26.4.2012]. Saatavissa: [http://www.tuulivoimala.com/Hybridivoimalat\\_-\\_Akkukykenta.asp](http://www.tuulivoimala.com/Hybridivoimalat_-_Akkukykenta.asp)
- 32 Pirinen, Simola, Aalto, Kaukoranta, Karlsson & Ruuhela, Ilmatieteenlaitos. Tilastoja suomen ilmastosta 1981 – 2010, 2012. [Viitattu 5.11.2012]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35880/2012nro1.pdf?sequence=1>
- 33 Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. Tuotekuvasto 2011/2012, 2012. [Viitattu 14.11.2012]. Saatavissa: <http://www.eurosolar.fi/tuoteluettelo/eurosolar kuvasto-2011.pdf>
- 34 Aurinkopaneeli.org. Huolto-ohjeet, 2012. [Viitattu 19.9.2012]. Saatavissa: <http://www.aurinkopaneeli.org/aurinkopaneelin-huolto-ohjeet/>
- 35 Aurinkosähkö.fi. Huoltodata. Huolto, 2012. [Viitattu 19.9.2012]. Saatavissa: <http://www.huoltodata.com/aurinko/huolto.html>
- 36 Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK. Sähkö ja vene, 2012. [Viitattu 18.11.2012]. Saatavissa: [http://www.stek.fi/html/sahko\\_ja\\_vene/1\\_magazine.pdf](http://www.stek.fi/html/sahko_ja_vene/1_magazine.pdf)
- 37 Suntekno Oy. Tietopankki, asennusohje, 2012. [Viitattu 21.11.2012]. Saatavissa: <http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki//Aurinkopaneelin%20asennusohje.pdf>
- 38 Tuulivoimala.com Mökkisähköopas, 2012. [Viitattu 25.11.2012]. Saatavissa: <https://www.netrauta.fi/attachments/esitteita/mokkisahkoopas.pdf>
- 39 Suomen standardisoimisliitto SFS Oy. SFS käsikirja 600, 1. painos 2007, Helsinki.

Liite 1

