



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Teemu Grönberg

# Aurinkoenergiajärjestelmä vapaa-ajan asuntoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.10.2019

Tekijä Otsikko	Teemu Grönberg Aurinkoenergiajärjestelmä vapaa-ajan asuntoon
Sivumäärä Aika	21 sivua 28.10.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Tutkintovastaava Eero Kupila
<p>Opinnäytetyössä suunniteltiin ja asennettiin asiakkaalle aurinkoenergiajärjestelmä vapaa-ajan asuntoon Korppoon saaristoon. Kohteeseen suunniteltiin järkevän kokoinen järjestelmä ja asiakkaalle kerrottiin selkokielellä, millainen järjestelmä olisi tuotannoltaan riittävän kokoinen ja sopiva hankinta. Asiakas teki itse tarvikkeiden hankinnan. Lopuksi toteutettiin järjestelmän asennus sekä käyttöönotto.</p> <p>Opinnäytetyön aluksi selvitetään, miten aurinkoenergiaa käytetään nykyisin sähköenergian tuotannossa. Aurinkoenergiajärjestelmien teoriaa sekä alan tulevaisuuden näkymiä käydään läpi.</p> <p>Asennuksen yhteydessä kaasutoiminen jääkaappi päivitettiin sähköllä toimivaan versioon. Tilaaja halusi varata option muutamille uusille sähkölaitteille.</p> <p>Vapaa-ajan asuntoa käytetään sulan veden aikana. Ilmastonlämpenemisen mahdolliset vaikutukset vapaa-ajan asunnon mahdolliseen käyttöajan lisääntymiseen, pyrittiin huomioidaan suunnitteluvaiheessa.</p> <p>Työn tuloksena syntyi 3 x 285 watin aurinkopaneelijärjestelmä, joka on varustettu kahdella 250 ampeeritunnin AGM-akulla. Järjestelmän rakentaminen ja käyttöönotto onnistuivat hyvin ja järjestelmä on vastannut tilaajan odotuksia.</p>	
Avainsanat	aurinkoenergiajärjestelmä, vapaa-ajanasunto

Author Title	Teemu Grönberg Solar Panel System to a Cottage
Number of Pages Date	21 pages 28 October 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Kupila Eero, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis study was to plan and build a solar panel system to a cottage in Korppoo island. The system was optimized for that specific target. The client was helped to understand the idea of Solar panel systems and the client ordered the equipment. Then the system was built and commissioned.</p> <p>The present position of Solar Power in the energy production, the theory of the Solar Panel Systems and their future are clarified in the thesis.</p> <p>In the installation, client wanted to replace the gas fridge with a normal fridge and wanted to reserve some options for other electronic devices.</p> <p>The cottage is used mainly when the sea not frozen. The possible changes that the climate change can cause in the future were considered.</p> <p>As an outcome of this study, a solar panel system of 3 x 285 W solar panels and 2 x 250 Ah AGM-batteries was successfully built and installed. The system has filled the expectations of the client.</p>	
Keywords	Solar Panel System, Cottage

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähkö	2
2.1	Energiahuollon tulevaisuus	2
2.2	Aurinkosähköpaneelin toimintaperiaate	3
2.3	Aurinkosähköjärjestelmän teho, tuotto ja hyötysuhde	4
2.4	Akusto	5
3	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu vapaa-ajan asuntoon	7
3.1	Kulutuksen arviointi	7
3.2	Tuotannon arviointi	8
3.3	Aurinkosähköjärjestelmässä käytettävä jännite ja akusto	12
3.4	Valmis suunnitelma	13
4	Työn toteutus	15
4.1	Asennus	15
4.2	Käyttöönotto	19
5	Yhteenveto	19
	Lähteet	20

## Lyhenteet

AGM	Absorbed Glass Mat. Akku, jossa erottimeksi tehty lasikuitumatto. Ehkäisee elektrolyyttien kaasujen muodostumista.
JAPP	Alumiininen asennusputki.
kWh	Kilowattitunti.
LCD	Nestekidenäyttö.
MPPT	Maximum Power Point Tracking. MPPT säätimillä saadaan aikaan maksimaalinen hyöty aurinkopaneeleista kaikissa olosuhteissa.
STC	Standard Test Conditions. Standardi testausolosuhteet.

## 1 Johdanto

Aurinkoenergiajärjestelmiä käytetään sekä lämmön, että sähköenergian tuottamiseen. Opinnäytetyön tavoite on suunnitella ja rakentaa aurinkosähköenergiaa tuottava ja akustoon varaava aurinkoenergiajärjestelmä vapaa-ajan asuntoon kesämökkikohteeseen Korppoon saaristoon.

Aurinkosähköjärjestelmiä voidaan asentaa vuodenajasta riippumatta ja itse asennus kestää yleensä maksimissaan pari päivää. Aurinkopaneelien asennusta varten ei yleensä tarvita erillistä rakennuslupaa.

Aurinkovoiman osuus Suomen sähköntuotannosta on toistaiseksi alle prosentin luokkaa, mutta aurinkosähkön verkkoon kytketty kapasiteetti Suomessa on viimeisinä vuosina jotakuinkin tuplaantunut vuosittain. Samalla aurinkosähköjärjestelmien hinnat ovat pudonneet merkittävästi. Caruna Oy:n sähköverkkoon liitettiin vuoden 2017 aikana 1223 uutta aurinkosähköjärjestelmää. (5.)

Eteläisessä Suomessa pystytään hyödyntämään auringon säteilyenergiaa valoisina kuukausina maaliskuun alusta aina lokakuun loppuun asti noin 90%:n tehokkuudella. Valoisina kuukausina Suomen etelärannikolla on viiden kuukauden ajan tarjolla vähintään saman verran aurinkoenergiaa kuin Saksan pohjoisrannikolla. (7.)

Aurinkoenergian käyttö kasvaa maailmalla eksponentiaalisesti. Bloomberg New Energy Finance -tutkimusorganisaation tutkimuksen mukaan suurten aurinkoenergiajärjestelmien asennuskanta kasvaa noin 100 gigawatista 450 gigawattiin vuosien 2015 ja 2025 välillä. Suurimman osan kasvusta ennustetaan tulevan Afrikasta, Lähi-idästä, Latinalaisesta Amerikasta ja Aasiasta. (8.)

## 2 Aurinkosähkö

### 2.1 Energiahuollon tulevaisuus

Suomen energiahuolto perustuu vielä nykyisin enimmäkseen fossiilisiin polttoaineisiin ja ydinvoimaan, primäärienergian jalostukseen teollisuudessa sekä jakeluun sähkön, lämmön ja polttoaineiden jakeluverkkojen kautta. Uusiutuvat energianlähteet ja niiden uudet varastointitekniikat haastavat aiempia energiaratkaisuja yhä voimakkaammin. (10.)

Aurinkoenergian hyödyntäminen paikallisessa sähkön ja lämmöntuotannossa muuttuu jatkuvasti edullisemmaksi ja tulee arvioiden mukaan useimmilla alueilla alittamaan kilpailevien energiamuotojen tuotantokustannukset. Aurinko- ja tuulienergian muuttaminen kaas- ja nestemäisiksi polttoaineiksi voi ratkaista energian varastointiongelman tavalla, joka samalla tekee osan sähköverkosta ja kaukolämpöverkosta tarpeettomaksi. (10.)

Aurinkosähkön tuotantokustannus on laskenut noin 15 % aina asennetun kannan kaksinkertaistuksessa. Näyttää täysin mahdolliselta, että aurinkosähkön tuotantokustannus 20 vuoden kuluessa on vain neljäsosa nykyisestä. Tällöin se alittaa radikaalisti kaikkien fossiilisten energiamuotojen kustannukset. (10.)

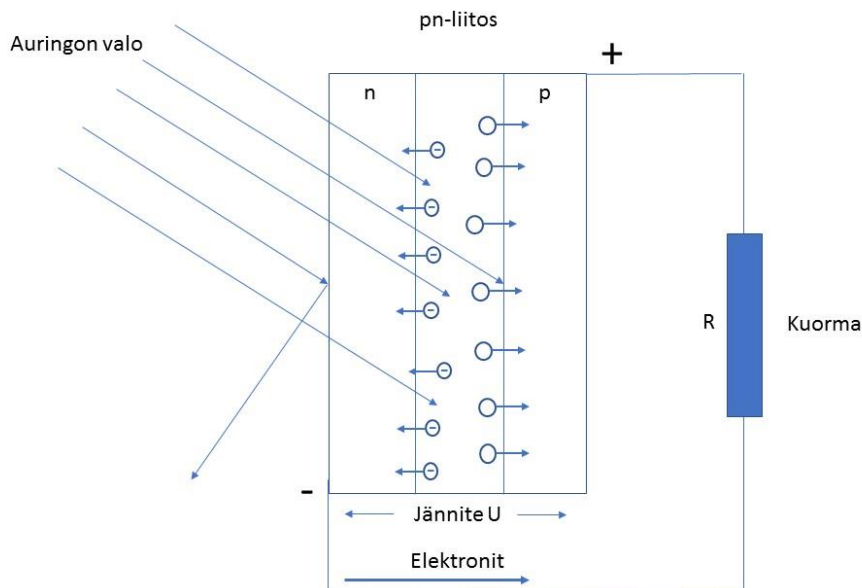
Ohutkalvotekniikalla aurinkopaneelit saadaan joustaviksi, kevyiksi ja rakenteisiin integroitaviksi. Niihin tarvitaan yhä vähemmän arvokkaita materiaaleja. Perovskiittia ja nanohiiliä tutkitaan erityisen aktiivisesti lupaavina materiaaleina tarkoituksena korvata arvokkaat ja ympäristön kannalta ongelmalliset raaka-aineet. (10.)

Akkuteknologia kehittyy nopeasti. Akkujen energiatiheys saattaa jo 2020-luvulla moninkertaistua. Kestävyys voi ylittää 10 tuhatta lataus- ja purkusykliä ja latausaika voi pudota kymmenesosaan nykyisestä. Uudet edulliset akkumateriaalit, nopeasti kasvavat tuotekehityspanokset ja laaja joukko tutkimuslaboratorioissa havaittuja teoreettisia ja kokeellisia läpimurtoja tekevät rohkeasta ennusteesta melko riskittömän ja selkeän. Akkujen erilaiset tarpeenmukaiset ominaisuudet johtavat nykyistä erikoistuneempaan akkutarjontaan ja nykyistä radikaalisti laajempaan akkujen hyväksikäyttöön, ainakin kiinteistöissä, liikenteessä, robotiikassa ja sähköverkoissa. (10.)

## 2.2 Aurinkosähköpaneelin toimintaperiaate

Aurinkokenno on laite, jolla auringon säteily muunnetaan sähköenergiaksi. Puolijohdekennoon saapuva fotoni synnyttää absorboivaan puolijohdeeseen varauksenkuljettajia, jotka kerätään kulutuslaitteeseen tai akkuihin. Aurinkosähköä voidaan tuottaa myös infrapunavalon avulla. Yksittäinen aurinkokenno tuottaa suhteellisen pienen jännitteen, joten yleensä aurinkokennot kytketään sarjaan kehikkoon, jota kutsutaan aurinkopaneeliksi. Mitä voimakkaampi auringon intensiteetti on, sitä enemmän sähköenergiaa aurinkopaneelit tuottavat. Aurinkosähköpaneelit tuottavat pienen määrän energiaa jopa varjoisella säällä. (2.)

Aurinkosähköpaneelissa on kaksi puolijohdekerrosta, joita erottaa rajapinta. Toinen kerroksista on n-tyyppinen ja toinen p-tyyppinen puolijohde. Elektronit kasaantuvat toiselle puolella ja toiselle puolelle jää aukkoja. Näin kennoon syntyy sisäinen sähkökenttä yli kerrosten. (Kuva 1.)



Kuva 1. Aurinkosähköpaneelin rakenne.

Aurinkokennojen yleisin materiaali on pii, jota käytetään yksi- ja monikiteisenä sekä amorfisessa muodossa. Koska raaka-aine on hyvin kallista, pyöreistä kiekkoista ei

kannata tehdä neliskulmaisia. Tämän vuoksi yksikidepaneeleissa on aukot kennojen kulmissa. Monikiteisiä piikennoja voidaan tehdä neliskulmaisista aihioista, jolloin raaka-aine saadaan käytettyä tarkemmin hyödyksi. Amorfisesta piistä valmistetut kennot ovat taipuisia ja valmistuskustannuksiltaan halvempia, mutta niiden hyötysuhde jää pienemmäksi. (2.)

Tyypillinen aurinkosähköpaneeli tuottaa 18–40 voltin tasajännitteen. Sen avulla on mahdollista ladata akustoa lataussäätimen avulla. Aurinkosähköpaneelit voidaan kytkeä yhdeksi ryhmäksi. Useita paneeleita yhdistämällä voidaan tuottaa suurempaa jännitettä tai suurempaa virtaa. Paneelin kytkeminen sarjaan nostaa jännitettä. Rinnankytkentä nostaa tuotettavan sähkövirran suuruutta.

### 2.3 Aurinkosähköjärjestelmän teho, tuotto ja hyötysuhde

Aurinkopaneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina ( $W_p$ ). Paneelien nimellisteho on määritetty laboratoriossa standardiolosuhteissa (STC), joissa auringon säteily määrä on  $1\,000\text{ W/m}^2$  ja kennon lämpötila  $25\text{ °C}$ . Piikkiwatti tarkoittaa siis aurinkopaneelin enimmillään tuottamaa tehoa standardiolosuhteissa. (4.)

Mikäli ulkolämpötila on  $25\text{ °C}$  ja paneelille tuleva hetkellinen säteily määrä on  $1\,000\text{ W/m}^2$ , paneeli tuottaa sähköä ilmoitetulla nimellisteholla. Käytännössä aurinkopaneeli voi tuottaa hetkellisesti sähköä nimellistehoaan suuremmallakin teholla ja esimerkiksi pilvisellä säällä hetkellinen teho jää alle ilmoitetun nimellistehon. Paneelia ympäröivä lämpötila vaikuttaa niiden tehoon, niin että ne tuottavat tehokkaammin sähköä matalammissa lämpötiloissa. (4.)

Tuhannen piikkiwatin paneelijärjestelmä vaatii tyypillisesti 6–8 neliömetrin pinta-alan. Tavallisesti 1 piikkikilowatin tehoisella järjestelmällä voidaan tuottaa sähköä Etelä-Suomessa arviolta 800–1 000 kWh ja Pohjois-Suomessa 700–900 kWh vuodessa. (4.)

Aurinkopaneelin hyötysuhde määritellään jakamalla nimellisteho sen pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteily määrällä ( $1\,000\text{ W/m}^2$ ).

Esimerkiksi nimellisteholtaan 200 W<sub>p</sub>:n ja pinta-alaltaan 1,5 m<sup>2</sup>:n aurinkopaneelin hyötysuhde voidaan laskea seuraavasti:

$$200 \text{ W}_p / (1,5 \text{ m}^2 \times 1\,000 \text{ W/m}^2) \approx 13 \text{ \%}.$$

Aurinkosähköjärjestelmän tuottoon vaikuttaa säteilyn määrän ja aurinkopaneelien hyötysuhteen lisäksi lämpötila, suuntauskulma ja puhtaanapito. (4.)

Kullekin eteläisen Suomen vaakaneliömetrille osuu vuosittain keskimäärin 1.000 kWh:n suuruinen säteilyenergia. Tämä tarkoittaa kotitalouden tavallisesti maksaman sähkön hinnan mukaan noin sadan euron arvoista energiamäärää, mikäli se kyettäisiin kokonaan käyttämään ostetun sähkön korvaajana. Hehtaarin laajuiselle alalle laskettuna 3 sentin kWh-kohtaisella tuotantokustannuksella ja 20 % hyötysuhteella korjattuna päästäisiin hehtaaria kohden 60 tuhannen euron suuruiseen summaan. Aurinkoenergia tarjoaa mahdollisuuden vähentää fossiilisen energian kulutusta ja riippuvuutta sähköverkosta. (4.)

## 2.4 Akusto

Akuilla on viisi tärkeää ominaisuutta:

- energiatiheys
- teho
- hyötysuhde
- latauskertojen määrä
- latausnopeus.

Akun energiatiheys kuvaa varastoitavan energian määrän kiloja tai litraa kohden. Teho kuvaa sitä, miten paljon energiasta saadaan käyttöön aikayksikköä kohden. Hyötysuhde kuvaa, kuinka suuri osa energiasta saadaan hyötykäyttöön muun osan lähinnä lämmittäessä akkua. Latauskertojen määrä kuvaa sen, kuinka monta lataus- ja purkusykliä akku kestää suorituskyvyn olennaisesti heikkenemättä. Latausnopeus kuvaa sitä aikaa, joka vaaditaan akun täyteen lataukseen. Näiden kaikkien tulisi olla hyväksyttävällä tasolla, jotta akun käyttö olisi mielekästä. Mainittujen seikkojen lisäksi

akkumateriaalien edullisuus, valmistusprosessin tehokkuus ja lopputuotteen turvallisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia. (10.)

Valtavirtateknologiana on litium-ioni-akku, jolla on edelleen suurten tuotantomäärien vuoksi mittakaavaetu puolellaan. Kalifornian yliopiston kehittämä nanolankoihin perustuva nopeasti ladattava akku kestää yli 200.000 latauskertaa suorituskyvyn kärsimättä. Litium-ilma-akun kehitys etenee. Litium-rikkiakun energiatiheys on kymmenkertainen nykyisiin LI-akkuihin verrattuna, mutta tutkijat ovat toistaiseksi onnistuneet saamaan aikaan vasta 50 latauskertaa kestävä version. Selluloosasta ja grafeenista kehitetään superkondensaattoreita, joiden kapasiteetti lähestyy nykyisiä akkuja, mutta latausnopeus ja latauskertojen kesto ovat kertaluokkia suurempi. (10.)

Mökkisähköjärjestelmissä käytetään lähes poikkeuksetta lyijyakkuja, koska akkujen massalla ei ole merkitystä. Lyijyakun etuja ovat kohtuullinen hinta, asiallinen pakkasen kesto sekä suuri lataus- ja purkuvirta. (9.)

Korppoon kohteeseen valittiin huoltovapaat AGM-lyijyakut. AGM tulee englannin kielen sanoista Absorbed Glass Mat. Akuissa on erottimeksi tehty lasikuitumatto, joka ehkäisee elektrolyyttien kaasujen muodostumista. Suurin osa elektrolyyteistä on imeytetty erottimiin, mikä taas estää niiden ulosvalumisen. AGM-akussa on vähemmän akkuhappoa kuin vastaavassa avoimessa akussa. (6.)

AGM-akkujen hyviä ominaisuuksia Korppoon kohteeseen ovat suuri käyttölämpötila-alue, hidas itsepurkautumisnopeus, kohtuullinen hinta ja hyvä säännöllisten kevyiden purkausten kesto. Kohteen kulutuksen uskotaan olevan pääasiassa tämän kaltaista. AGM-akku kestää myös rakenteensa vuoksi kohtuullisesti erilaisia iskuja ja kolhuja. Syväpurkausta, eli sellaista tilannetta, jossa akku käytetään täysin tai lähes loppuun, AGM-akku kestää esimerkiksi geeliakkua huomattavasti paremmin. Näitä tilanteita ei kuitenkaan tilaajan käytöllä uskottu juurikaan tulevan. (6.)

### 3 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu vapaa-ajan asuntoon

#### 3.1 Kulutuksen arviointi

Vapaa-ajan asunnon tyypilliset sähkölaitteet kuluttavat periaatteessa aika vähän sähköenergiaa. Tyypillistä sähköenergian kuluttajia ovat kohteen valaistus, television katselu, kännykän lataus, kannettavan tietokoneen lataus, kylmälaitteet ja esimerkiksi vesipumpun käyttö. Rakennuksen lämmitykseen kuluu usein paljon energiaa kerrallaan. (9.)

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja mitoittaminen riippuukin todella paljon siitä, miten rakennuksen lämmitys toteutetaan. Korppoon vapaa-ajan asunnossa kaikki lämmitys tapahtuu puuta polttamalla, joten sähkölämmitystä tai ilmalämpöpumppua kohteessa ei ole, eikä näitä ainakaan lähitulevaisuudessa aiottu hankkia.

Korppoon kohteen aurinkosähköjärjestelmää mitoittaessani listasin aluksi ne sähkölaitteet, joita kohteessa tyypillisesti käytetään ja pyrin arvioimaan näiden sähkölaitteiden keskimääräisen energian tarpeen (Taulukko 1.). Kohteessa oli aiemmin kaasutoiminen jääkaappi, mutta tässä yhteydessä se päivitettiin sähköllä toimivaan versioon.

Asunnossa on kaasuhella ja kaasu-uuni, joissa tapahtuu niin ruoan valmistus, kuin ruoan ja veden lämmittäminenkin. Vesi kannetaan mökin sisään toistaiseksi kaivosta. Televisiota ei toistaiseksi ole, mutta kohteen maadoitusta rakentaessani tein varmuuden vuoksi antennivarauksen.

Asukkaat viettävät aikaa mökillä pääasiassa viikonloppuisin sekä lomien ajan. Mökilläoloaikana jokapäiväisiä energiankuluttajia ovat matkapuhelimen lataaminen, 6 x 3 W kohdevalaisin sekä 16 W:n kattovalaisin, kannettava tietokone, hiustenkuivaaja sekä jääkaappipakastin. Imuria käytetään satunnaisesti.

Jääkaapin voi jättää kesäaikana päälle myös asukkaiden poissaoloaikana. Talvikuukausina vähäisemmän auringonsäteilyn aikana ulkona on luontaisesti paremmat ruoan säilytysmahdollisuudet ja silloin jääkaappipakastin on tarkoitus kytkeä poissaoloajaksi pois päältä.

Taulukko 1. Korppoon vapaa-ajan asunnon sähkölaitteet (11.)

Laite	Kulutus / vrk
Kännykkä	10 Wh
Valaistus	170 Wh
Kannettava tietokone	30 Wh
Jääkaappipakastin	500 Wh
Hiustenkuivain	180 Wh
Imurointi	250 Wh
Yhteensä	890 Wh / 1140 W

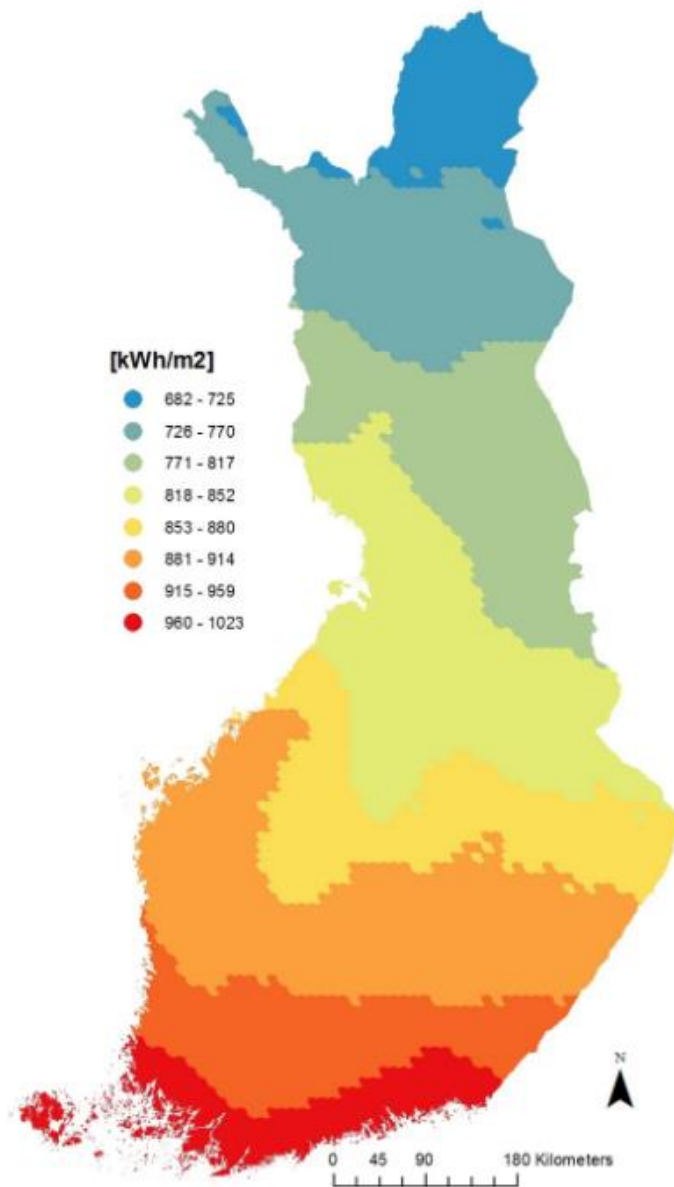
### 3.2 Tuotannon arviointi

Vapaa-ajan asunnon aurinkosähkölaitteiden mitoittamiseksi kiinnittyy huomio kahteen seikkaan. Kuinka suuri määrä tuotantokapasiteettia tarvitaan, ja millainen akkukapasiteetti on tarpeen?

Suomessa aurinkosähkön tuotanto painottuu vahvasti kevät- ja kesäkuukausille, mutta jos paneelit pidetään vapaana lumesta, tuottavat ne ainakin pienen määrän sähköenergiaa läpi vuoden.

Aurinkopaneelin tuoton arvioinnissa olisi hyvä tuntea paikalliset ilmasto-olosuhteet, sillä vuodenajan ja säätilan merkitys aurinkopaneelien sähköntuottoon voi olla merkittävä (Kuva 2.). Korppoon vapaa-ajan asunto sijaitsee vyöhykkeellä, jossa vuotuinen auringon kokonaissäteily määrä vaihtelee välillä 960–1023 kWh/m<sup>2</sup>. (7.)

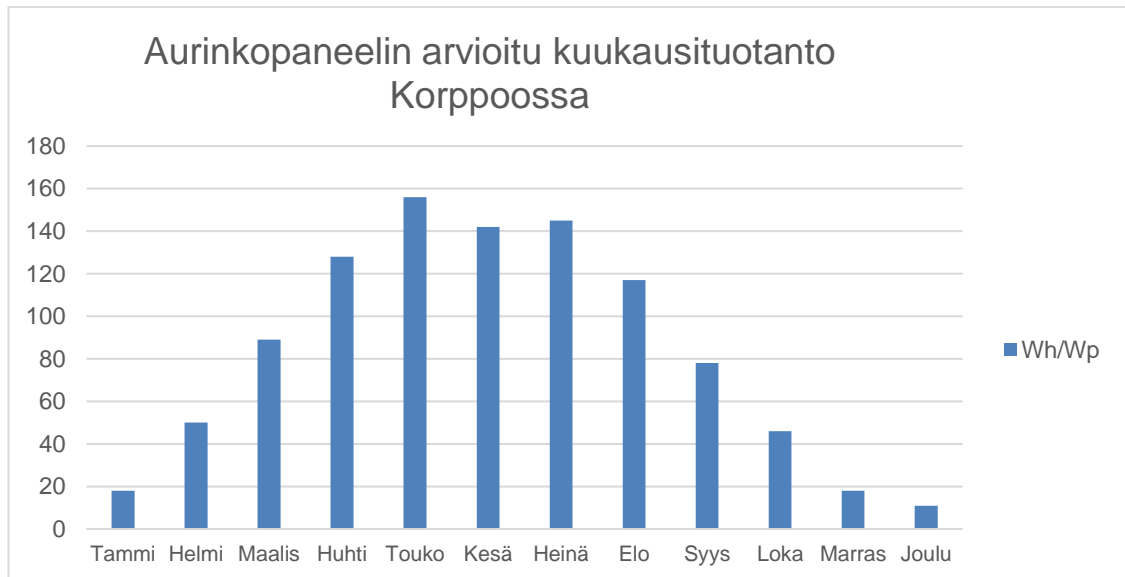
## Average global radiation at period 1981-2010



Kuva 2. Auringon kokonaissäteily määrä Suomessa. (7)

Laskin ennen järjestelmän toteutusta tilaajalle muutaman erilaisen esimerkkisarvion tyyppillisen aurinkopaneelin kuukausituotannosta ja vuorokausituotannosta eri kuukausina (Kuva 3.).

Otin huomioon auringon keskimääräisen kokonaissäteily määrän kohteessa, sekä sen jakauman eri kuukausille.



Kuva 3. Aurinkopaneelin arvioitu kuukausituotanto Korppoossa.

Aurinkopaneelin arvioitu säteilyn jakauma pohjaa artikkeliin ”Aurinkosähkön kuukausituotanto” (1.) ja vuotuinen säteilyn kokonaismäärä Ilmatieteenlaitoksen arvioon. (7.)

Taulukko 2. Esimerkkilaskelma ja arvio kahden eri tehoisen aurinkosähköjärjestelmän kuukausituotannosta Korppoossa.

	Aurinkopaneelin arvioitu kuukausituotanto Wh/W <sub>p</sub>	570 W <sub>p</sub> järjestelmän kuukausituotanto (Wh)	855 W <sub>p</sub> järjestelmän kuukausituotanto (Wh)
Tammikuu	18	10260	15390
Helmikuu	50	28500	42750
Maaliskuu	89	50730	76095
Huhtikuu	128	72960	109440
Toukokuu	156	88920	133380
Kesäkuu	142	80940	121410
Heinäkuu	145	82650	123975
Elokuu	117	66690	100035
Syyskuu	78	44460	66690
Lokakuu	46	26220	39330
Marraskuu	18	10260	15390
Joulukuu	11	6270	9405

Taulukko 3. Esimerkkilaskelma ja arvio kahden eri tehoisen aurinkosähköjärjestelmän vuorokausituotannosta Korppoossa eri vuoden aikoina.

	Aurinkopaneelin kuukausituotanto Wh/W <sub>p</sub>	570 W <sub>p</sub> järjestelmän keskimääräinen vuorokausituotanto (Wh)	855 W <sub>p</sub> järjestelmän keskimääräinen vuorokausituotanto (Wh)
Tammikuu	18	342	513
Helmikuu	50	950	1425
Maaliskuu	89	1691	2536
Huhtikuu	128	2432	3648
Toukokuu	156	2964	4446
Kesäkuu	142	2698	4047
Heinäkuu	145	2755	4132
Elokuu	117	2223	3334
Syyskuu	78	1482	2223
Lokakuu	46	874	1311
Marraskuu	18	342	513
Joulukuu	11	209	313

Kohteen mökki on käytössä sulan veden aikana. Tyypillisen sään vallitessa se on tarkoittanut viime vuosina käytännössä aikaa maaliskuulta marraskuulle. Ihan viime vuosina on nähty ensimmäisiä merkkejä siitä, ettei meri välttämättä jäädy enää lainkaan koko talven aikana. Tuotannon suuruuden tarvetta arvioidessani, pysähdyin pohtimaan myös järjestelmän mahdollista riittävyttä ja toimintaa vuoden pimeimpien kuukausien aikana. Kesäkuukausien aikana näytti ilmeiseltä, että jo esimerkiksi 570 W<sub>p</sub>:n järjestelmä riittäisi helposti vastaamaan tilaajan tämän hetkisiin energiankulutustarpeisiin.

Tilaajan harkinnassa oli kuitenkin tulevaisuudessa esimerkiksi ulkovalojen lisääminen ja mahdollinen television tuominen mökille. Päädyimme asentamaan kohteeseen 855 piikkiwatin aurinkosähköjärjestelmän. Mökille hankittava järjestelmä on hyvä mieluummin hieman ylimoittaa. Järjestelmässä, johon päädyttiin, pitäisi nyt olla tilaajan haluamaa pelivaraa ja uskon sen tuottavan sähköenergiaa varmuudella riittävän määrän aina helmikuulta marraskuun lopulle ja ainakin pienen määrän läpi vuoden.

### 3.3 Aurinkosähköjärjestelmässä käytettävä jännite ja akusto

Akustoa mitoitettaessa on hyvä miettiä, kuinka monta päivää järjestelmän haluaa pysyvän toiminnassa, jos sähköntuotantoa ei ole tai se on vähäistä. Korppoon kohteen käyttö painottuu viikonlopuille ja kesäloma-aikaan. Käyttökausi on runsaan auringonsäteilyn aikaa ja sähköenergiaa kuluu poissaoloaikana lähinnä siihen, jos jääkaappi halutaan jättää poissaoloajaksi päälle. Tilaajan kanssa päädyttiin ajatukseen, että 2–3 vuorokauden mitoituseruste voisi olla varsin hyvä. Ylimääräinen akkukapasiteettikin lisää kustannuksia huomattavasti ja toisaalta kapasiteettia on helppo lisätä, jos tarve sitä myöhemmin vaatii. (9.)

Aurinkosähköjärjestelmän tuottaman sähköenergian varastointiin valittiin 24 voltin tasajännite. Järjestelmään hankittiin kaksi sarjaan kytkettävää 12 voltin ja 250 ampeeritunnin AGM-akkua.

Laskennallisesti 3000 wattitunnin kulutus muutettuna akkukapasiteetiksi vaatii 125 ampeeritunnin akun. Lisämitoituksena akustoa mitoitettaessa käytetään yleensä 50 prosenttia niiden kapasiteetista. Näiden pohdintojen tuloksen kaksi sarjaan kytkettävää 250 ampeeritunnin akkua vaikutti etukäteen varsin sopivalta määrältä.

$$24 \text{ V} \times 250 \text{ Ah} = 6000 \text{ Wh}$$

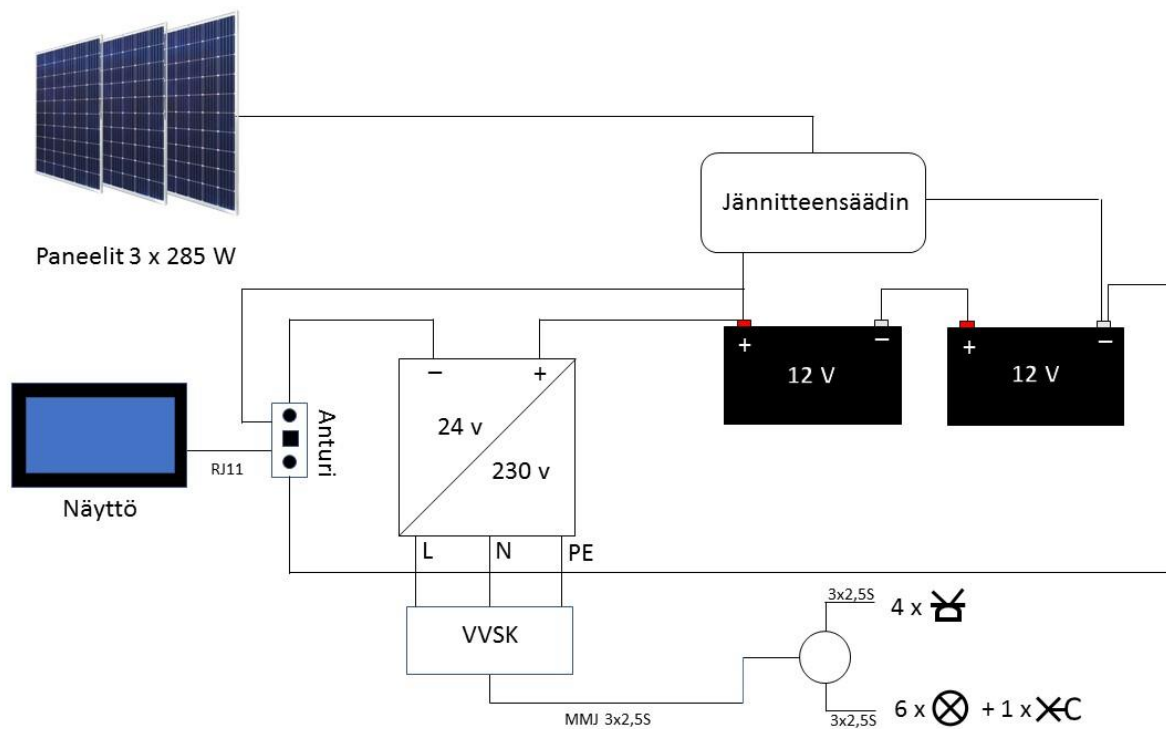


Kuva 4. Valittu akkumalli AGM-lyijyakku.

Useimmat kodinkoneet tarvitsevat 230 voltin verkkojännitteen. Tilaajan toivomuksesta jännite vaihtosuunnataan vaihtosuuntaajalla eli Inverterillä tuottamaan 24 voltin tasajännitteestä 230 voltin ja 50 Hz:n vaihtojännitettä. 24 voltin jännitteen etuna 12 voltin jännitteeseen verrattuna on vaihtosuuntauksessa ensiökäämissä kulkeva pienempi virta ja pienemmät lämpöhäviöt.

### 3.4 Valmis suunnitelma

Selvitin asiakkaalle näkemykseni sopivasta järjestelmästä ja päädyimme yhdessä järjestelmään, johon tulisi kolme kappaletta 285 W:n aurinkopaneelia sarjaan kytkettynä. Yhden paneelin teho on 285 W<sub>p</sub>. Järjestelmän kokonaisteho on yhteensä 855 W<sub>p</sub>.



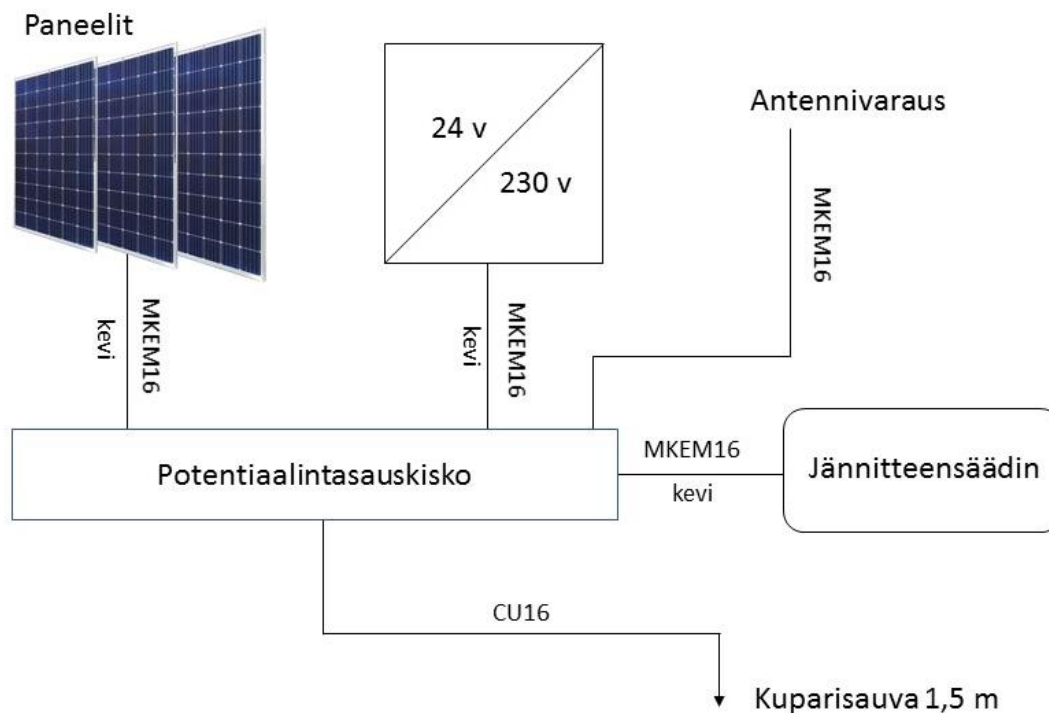
Kuva 5. Valmis suunnitelma

Jännitteensäädin pudottaa jännitteen 24 volttiin. Jännitteensäätimen plusnapa menee sulakkeen kautta akulle ja miinusnapa suoraan akun miinusnapaan. Akuilta menee 25 mm<sup>2</sup>:n plus- ja miinusjohto invertterille. Invertterillä on yksi 16 A:n ryhmälähtö. Invertteriltä lähtee ryhmäjohto (mmj 3x2,5s), joka kulkee 2-napaisen vikavirtasuojan kautta ja korasialle, josta se on jaettu ryhmille.

Asiakas kilpailutti ja tilasi suunnitelman mukaisen paketin.

- 3 x 285 W, aurinkopaneeli, monikide
- 3 x asennusteline, alumiini
- MPPT 155 / 35 lataussäädin
- LCD-näyttö
- Invertteri 2000 VA
- 2 x 250 Ah (100h) AGM-akku
- paneelikaapeli 2 x 6 mm<sup>2</sup>, MC4-liittimet
- akkujen kytkentäkaapelit sekä muut asennustarvikkeet

Kohteessa ei ole entuudestaan maadoitusjärjestelmää. Kohteen maaperä on erittäin hankalaa kaivaa ja kaivinkoneen saaminen tontille on käytännössä mahdotonta. Maadoitus aurinkopaneeleja, Invertteriä ja jännitteensäädintä varten päätettiin toteuttaa upottamalla maahan 1,5 metrin kuparisauva. Samalla mahdolliselle televisioantennille tehdään varaus.



Kuva 6. Maadoituksen periaatekuva

## 4 Työn toteutus

### 4.1 Asennus

Asiakkaan hankittua järjestelmän asennustarvikkeineen, matkustin Korppooseen viikonlopuksi asennustehtäviin. Työtehtävän alku oli varsin yllättävä, sillä ensitöiksi aloitettiin perjantai-illan päätteeksi huopakaton asennus. Asia vaikutti ennen kaikkea asennuksen suunniteltuun aikatauluun ja nosti jonkin verran tilaajan kokonaiskustannusta.



Kuva 7. Huopakatto viimeisteltiin ennen aurinkopaneelien asennusta.

Aurinkopaneelit suunnattiin kohti etelää ja paneelien omat telineet olivat 45 asteen kulmassa. Katon kaltevuuskulma on alle 10 asteen luokkaa, joten paneelit jäävät aurinkoon nähden asialliseen, vähintään 35 asteen kulmaan.

Tehokkain kallistuskulma on noin 35 - 45 astetta. Vuosituotanto pienenee suhteellisen hitaasti optimikulmasta poikettaessa, koska osa säteilystä on hajasäteilyä. Kallistuskulmat 30° ja 60° tuottavat vielä miltei yhtä paljon sähköä vuodessa kuin 45 asteen optimikulma. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 15 asteen poikkeama optimikulmasta vähentää vuosituotantoa noin 5 %. (4.)

Myös aurinkosähköpaketin tarvikkeiden suhteen oli pieniä ongelmia. Paketti ei sisältänyt kaikkea tähän toteutukseen tarvittavia osia, ja kun kohde sijaitsee saaristossa, niitä ei ehdi lähteä pienessä ajassa enää noutamaan.

Sarjasta puuttui muun muassa kaapelikenkiä. Johdot akustolta invertterille olivat liian lyhyet. Ne oli mitoitettu akuston lähelle, mutta invertteri asennettiin sisätiloihin ja akustot ulos.

Huopakatto valmistui seuraavana päivänä. Puuttuvien osien ja katon tekoon hukkaantuneen ajan vuoksi päätin tehdä ensimmäisen viikonlopun aikana asiakkaan toivomuksesta nopean toteutuksen yhdelle pistorasialle. Kävin siistimässä ja täydentämässä asennuksen seuraavan viikonlopun aikana.



Kuva 8. Paneelit alustavasti paikoillaan.



Kuva 9. Johtotie toteutettiin JAPP-putkella.



Kuva 10. Ensiasennusta vaikeuttivat puuttuvat kaapelikengät ja johtojen väärä mitoitus.



Kuva 11. Kohdevalot toiminnassa.



Kuva 12. Jääkaappi ja keittiön valot toimivat.

## 4.2 Käyttöönotto

Käyttöönotto sujui kommelluksitta ja kaikki alkoi toimia ensikerrasta. Asennuksen viimeistely tosin tapahtui siis viikkoa myöhemmin. Akkujen varaus näytti koko oman läsnäoloaikani lähes sataa prosenttia.

Järjestelmän mittareista on mahdollista lukea akuston varausprosentti, akustojen jännite, käytetyt ampeeritunnit sekä hetkellinen tehonkulutus.

Tilaaaja on ollut järjestelmään tyytyväinen. Invertteriin on syttynyt yhden kerran vikavallo. Akut olivat ilmeisesti menneet tyhjäksi, tilaajan kytkettyä juhlien ajaksi järjestelmään ylimääräisen kompressorijuomajääkaapin, jonka virrankulutus oli ollut hyvin suuri. Selvitin asiaa vielä järjestelmän myyjän kanssa, emmekä kumpikaan keksineet vikavalon syyttymiselle muuta syytä.

## 5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella ja asentaa aurinkoenergiajärjestelmä vapaa-ajan asuntoon Korppoon saaristoon. Pyrkimyksenä oli perehtyä aurinkoenergiajärjestelmiin ja oppia ymmärtämään niiden muodostamaa kokonaisuutta merkittävänä tulevaisuuden energiatuotannon lähteenä.

Järjestelmän suunnittelu, tuotannon arviointi, akkukapasiteetin mitoitus sekä aurinkosähköjärjestelmän asennus onnistuivat kaikkien osapuolten mielestä erinomaisesti.

Aurinkoenergian käyttö kasvaa eksponentiaalisesti ja aurinkoenergiajärjestelmien hinnat tippuvat samalla edelleen hyvää vauhtia alaspäin. Akkuteknologia ottaa tulevalla vuosikymmenellä vihdoin rajuja harppauksia eteenpäin. Aurinkosähkön tuotantokustannus laskee ja ohutkalvotekniikan myötä aurinkopaneelit saadaan joustaviksi, kevyiksi ja niihin tarvitaan yhä vähemmän arvokkaita materiaaleja. Aurinkoenergian tulevaisuus näyttää varsin aurinkoiselta.

## Lähteet

- 1 Aurinkopaneelin kuukausituotanto 2015. Verkkoaineisto. Opasnet. <[http://fi.opasnet.org/fi/Tiedosto:Aurinkopaneelin\\_kuukausituotanto.JPG](http://fi.opasnet.org/fi/Tiedosto:Aurinkopaneelin_kuukausituotanto.JPG)> Luettu 2.6.2019.
- 2 Aurinkopaneelit 2019. Verkkoaineisto. Suntekno. <<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>> Luettu 4.6.2019.
- 3 Isojunno Veijo. Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu 2014. Verkkoaineisto. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74844/Isojunno\\_Veijo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74844/Isojunno_Veijo.pdf?sequence=1)> Luettu 4.6.2019.
- 4 Aurinkosähköjärjestelmän teho 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho) > Luettu 28.5.2019.
- 5 Aurinkosähkön pientuottajien määrä kaksinkertaistui 2017. Verkkoaineisto. Caruna. <<https://www.caruna.fi/ajankohtaista/aurinkosahkon-pientuottajien-maara-kaksinkertaistui-ja-tuulivoiman-tuotanto-kasvoi>> Luettu 14.6.2019.
- 6 Absorbent glass matt 2017. Verkkoaineisto. Battery Uniiversity.< [https://batteryuniversity.com/learn/article/absorbent\\_glass\\_mat\\_agm](https://batteryuniversity.com/learn/article/absorbent_glass_mat_agm)>. Luettu 21.6.2019.
- 7 Suomen sään valoisa puoli 2015. Verkkoaineisto. Yle. < <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/11/09/suomen-saan-valoisa-puoli-aurinkopaneeli-tuottaa-parhaiten-kylmassa>> Luettu 15.6.2019.
- 8 New Enegy Outlook 2019. Verkkoaineisto. Bloomberg. <<https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> > Luettu 21.9.2019.
- 9 Käpylehto Janne 2016. Mökille sähköt auringosta ja tuulesta. Helsinki: Into kustannus.
- 10 Suomen 100 uutta mahdollisuutta 2018. Verkkodokumentti. Suomen eduskunta. <[https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/tuvj\\_1%2B2018.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/tuvj_1%2B2018.pdf) > Luettu 27.8.2019
- 11 Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus 2011. Verkkodokumentti. Vattenfall. <[https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaitteiden-energiankulutus/.](https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaitteiden-energiankulutus/)> Luettu 14.6.2019.