

Kalle Vällilä

OMAKOTITALON AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN
SUUNNITTELU JA KUSTANNUSARVIO

Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2017

OMAKOTITALON AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA KUSTANNUSARVIO

Välilä, Kalle
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2017
Ohjaaja: Ylinen, Marko
Sivumäärä: 47
Liitteitä: 1

Asiasanat: aurinkosähkö, aurinkoenergia, sähkötekniikka, aurinkopaneeli

Tämän opinnäytetyön aiheena on toteuttaa Porin Tuorsniemessä sijaitsevan yksityishenkilön omakotitalon aurinkosähköjärjestelmän sähkösuunnitelma sekä tarvittavan osajärjestelmän kustannusarvio. Opinnäytetyössä tarkastellaan aurinkoenergian kustannustehokkuutta vaihtoehtona jakeluverkosta ostetun sähköenergian rinnalle. Työn tavoitteena on laskennallisesti mitoitaa kohteeseen sopiva järjestelmä komponentteineen kiinteistön sähkönkulutukseen nähden. Kohteen kulutustietojen perusteella valitaan toimeksiantajan käyttöön mahdollinen osajärjestelmä.

Suomen maantieteellisestä sijainnista ja sääoloista johtuen aurinkosähköjärjestelmä suositellaan asennettavaksi omakotitalohankkeessa yleisen sähköverkon rinnalle. Omakotitaloissa sähköön kokonaiskulutusta ei ole ympärivuotisesti mahdollista korvata aurinkoenergialla, vaan rinnakkaisjärjestelmällä pyritään vähentämään ostosähköön tarvetta.

Valitsin laitteistossa käytettävät pääkomponentit Luvialaisen Satmatic Oy:n valikoidusta mitoittamillani tehoilla. Suunnittelemani järjestelmällä ja asennustavalla on mahdollista korvata arvioni mukaan noin 3 000 kilowattituntia ostosähköä vuosittain. Rahallisessa sähkönkulutuksessa tämä tarkoittaa noin 300 euron säästöä.

Toimeksiantaja voi hyödyntää työn tuloksia laitevalintoineen, kun järjestelmän hankinta ja asennus on ajankohtaista. Opinnäytetyön teoriaosuutta ja laskentaesimerkkejä voivat hyödyntää myös muut aurinkoenergian käyttöönottoa harkitsevat yksityishenkilöt.

THE ELECTRICITY PLAN AND THE COST ESTIMATION OF A SOLAR POWER SYSTEM FOR A RESIDENTIAL HOUSE

Välilä, Kalle
Satakunta University of Applied Sciences
Electrical and Automation Engineering Program
November 2017
Instructor: Ylinen, Marko
Number of pages: 47
Appendices: 1

Keywords: solar power, solar energy, electrical engineering, solar panel

The purpose of this thesis is to make an electricity plan and a cost estimation of a solar power system for a private individual house in Tuorsniemi, Pori. The cost efficiency of solar energy is studied as an alternative to the on-grid electricity. The aim of the thesis is to find a suitable system with its components that matches the electricity consumption of the property.

Due to geographic location and weather conditions of Finland, the total consumption of electricity cannot be replaced by solar energy in residential properties all year round. Therefore, the solar power system is recommended to be installed in a private home project alongside the general electricity grid to reduce the need of purchased electricity.

The electricity plan is based on components purchased from Satmatic Ltd. The results indicate that the planned solar power system can save approximately 3000 kWh purchased electricity annually, which stands for about 300 euros per year.

The client can utilise the results of the thesis when the acquisition and installation is acute. The theory and calculation examples of the thesis can also be applied to other residential properties for the electricity plan and the cost estimation of a solar power system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	AURINKO ENERGIANLÄHTEENÄ	6
2.1	Käyttökohteet	8
2.1.1	Aurinkosähkö	11
2.1.2	Aurinkolämpö	12
2.2	Sähköverkosta irti oleva järjestelmä (Off-grid).....	14
2.3	Sähköverkkoon liitetty järjestelmä (On-grid).....	15
2.4	Asennuspaikka ja paneelien suuntaus	16
3	AURINKOENERGIAN TALTEENOTTO	18
3.1	Aurinkosähköjärjestelmät.....	18
3.1.1	Aurinkopaneelit	18
3.1.2	Akkutekniikka	19
3.1.3	Lataussäätimet	20
3.1.4	Invertterit	21
4	LUVAT, HAKEMUKSET JA STANDARDIT	23
5	PROJEKTI.....	24
5.1	Kohde	25
5.1.1	Kohteen kulutustiedot.....	27
5.2	Laskenta ja kannattavuus.....	29
5.3	Projektikohteen järjestelmän kuvaus ja mitoitus.....	32
5.3.1	Aurinkoenergian arviolaskelma.....	39
5.3.2	Osajärjestelmä	41
5.4	Arvio säästöistä vuositasolla	43
6	PÄÄTELMÄT JA TULOKSET	44
	LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Projektin toimeksiantaja on kokenut tarpeelliseksi kartoittaa uusiutuvan energian hyödyntämismahdollisuudet muun remontin ohessa. Talo on suuri ja kulutuskojeita on suuren ilmanalan lämmittämisen lisäksi paljon. Toimeksiantaja toivoo konkreettista tietoa kohteen kannalta optimaalisesta aurinkoenergian käytöstä laitevalintoi-
neen.

Kohteen sähkönkulutus muodostuu tällä hetkellä kokonaan verkonhaltijalta ostetusta sähköstä. Toimeksiantaja toivoo, että mahdollisimman suuri osa sähköstä voitaisiin tulevaisuudessa tuottaa aurinkoenergiajärjestelmän avulla. Jotta aurinkoenergialla saavutettaisiin mahdollisimman suuri tuotto, suunnittelussa ja mitoituksessa tarvitaan sähköalan asiantuntijan näkökulmaa.

Rakennuksen sijainti vaikuttaa aurinkoenergian tuottamiseen erittäin sopivalta. Varjostavia tekijöitä ei pihapiiristä juurikaan löydy ja suuret kattolapheet mahdollistavat suurikokoisenkin paneeliston asentamisen. Katon lisäksi talon eteläseinään on tulevaisuudessa mahdollista asentaa aurinkopaneelit, jotta tuottoa saataisiin myös talvisin auringon ollessa matalimmillaan. Kohteen sähkönkulutustiedot on kerätty toimeksiantajan kautta verkonhaltijalta. Kulutustiedot on syötetty kannattavuus- ja mitoituslaskureihin. Laskutulosten avulla on määritetty hankinnan kannattavuus, takaisinmaksuaika ja ostosähkön tarpeen vähentyminen aurinkoenergiajärjestelmää hyödyntäen.

2 AURINKO ENERGIANLÄHTEENÄ

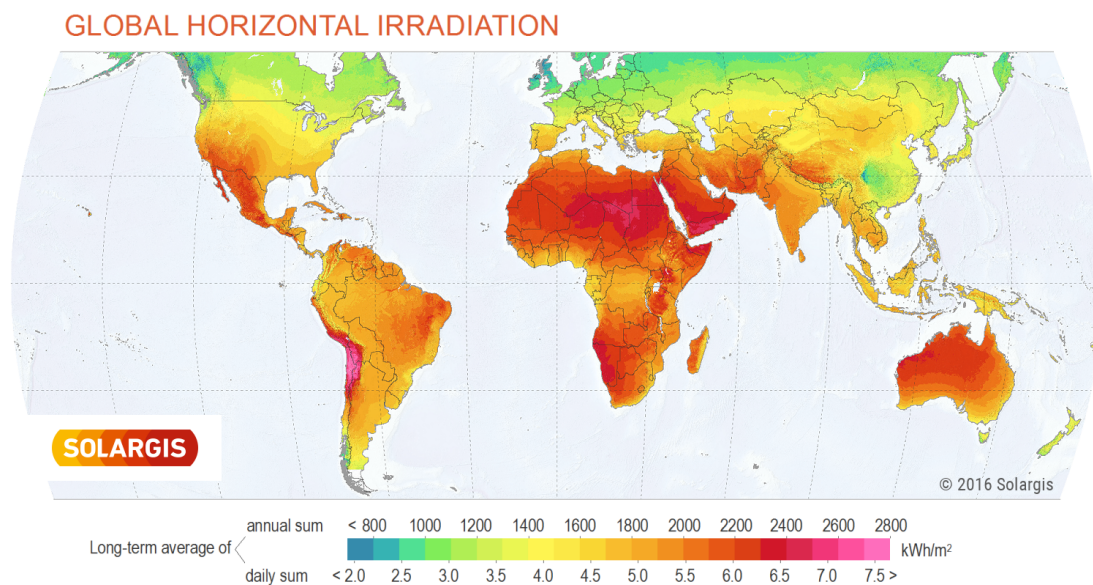
Auringosta maahan saapuva säteilyenergia eli insolaatio on kaiken elämän ehto. Auringon kuuma pinta säteilee energiaa, jota auringosta maahan kertyy noin 1360 wattia neliometriä kohti. Tätä arvoa nimetään aurinkovakioksi. Energiaa riittää auringosta verrattain runsaasti, vaikka osa siitä pysähtyykin ilmakehään. Säteilyä saapuu maahan joka hetki teholla, joka kattaa moninkertaisesti ihmiskunnan kuluttaman energian. (Perälä 2017, 16)

Auringon säteilyenergiaa voi ottaa talteen joko lämpöenergiana tai sähköenergiana. Aurinkopaneelit voivat toimia jopa 100 vuotta, ja niiden käytöstä kertyvät kustannukset ovat pienet. Energian talteenotto on mahdollista kaikkialla, missä aurinko paistaa. Sähkön siirtämiseltäkin säästyään, jos energia on mahdollista käyttää heti tuotantopaikalla. (Perälä 2017, 17)

Aurinkoenergia on yksi ympäristöystävällisimmistä energiantuottomuodoista. Sen suosio kasvaa kovaa vauhtia niin ulkomailla kuin Suomessakin. Aurinkosähköjärjestelmiä oli vuoden 2015 loppuun mennessä asennettu jo noin 228 GWp ja määrä kasvaa vuosi vuodelta kymmenillä gigawateilla. (www.aurinkoenergiaa.fi)

Auringon kokonaissäteilyn määrää mitataan yleensä vuotuisena määränä. Säteily koostuu auringon suorasta säteilystä, mutta myös pilvien, ilmakehän ja maan heijastamasta hajasäteilystä. Suomessa vuotuisten säteilymäärien vaihtelu on suurta johtuen Suomen maantieteellisestä sijainnista. Eteläisessä Suomessa vuotuinen säteilymäärä on noin 980 kWh/m² ja pohjoisessa noin 750 kWh/m². (Lehto ym. 2017, 10)

Auringon säteilyenergiaa kertyy maahan vaihtelevasti eri osissa maailmaa kuvan 1. mukaisesti. Päiväntasaajan tuntumassa aurinko paistaa päivällä lähes kohtisuorasti maahan. Tällöin energiaa kertyy runsaasti. Napoja kohti siirryttäessä auringon säteily kohtaa maan loivemmassa kulmassa. Näin ollen kerättävissä oleva energian määrä vähenee. Tästä syystä päiväntasaajasta pois päin siirryttäessä keräimien kallistuskulmien merkitys kasvaa. (Perälä 2017, 18)



Kuva 1. Aurinkoenergian määrä eripuolilla maailmaa (www.solargis.com)

Aurinkosähkötuotannossa aurinkokennot muuntavat auringon säteilyenergiaa sähköenergiaksi. Aurinkojärjestelmä voidaan liittää yleiseen sähköverkkoon tai aurinkoenergian tuotantoa voidaan toteuttaa verkosta erillään. Verkosta erillään toteutetussa järjestelmässä hyödynnetään akustoa varastoimaan energiaa pilvisyyttä sekä ilta- ja yöaikaa varten. (www.aurinkoenergiaa.fi)

Aurinkoenergia on siis merkittävä keksintö kaikkia sähkökäyttäjiä ajatellen. Sen käyttö on jo teoriassakin hienoa ja tulee tulevaisuudessa koskettamaan meitä jokaisista yhä enemmän. ”Energiaremontissa maltti on valttia, sillä mahdollisuuksia aurinkoenergiasta hyötymiselle on lukuisia ja tarjolla oleva valikoima on laaja. Kannattaa aloittaa sieltä, missä säästöt ovat tuntuvimpia. Tämä edellyttää toimintatapojen punnintaa ja kuoletusaikojen laskemista. Huonolla suunnittelulla ja pelkkiin mainospuheisiin luottamalla päädytään helposti vain tuhlaamaan rahaa.” (Isosaari 2012, 9)

2.1 Käyttökohteet

Aurinkovoimaloita esiintyy nykyään jo paljon kesämökeillä, joille ei omaa sähköverkon liittymäkaapelia ole vedetty. Jo pienikin aurinkosähköjärjestelmä asennettuna kohteen kannalta järkevästi hyvälle paikalle voi mahdollistaa usean pienitehoisen laitteen käytön jopa samanaikaisesti. Aurinkosähköjärjestelmän hankinta on järkevä sijoitus suuremman remontin yhteydessä ja tottakai silloin, kun halutaan säästää rahaa sähkölaskuissa pitkällä aikavälillä.

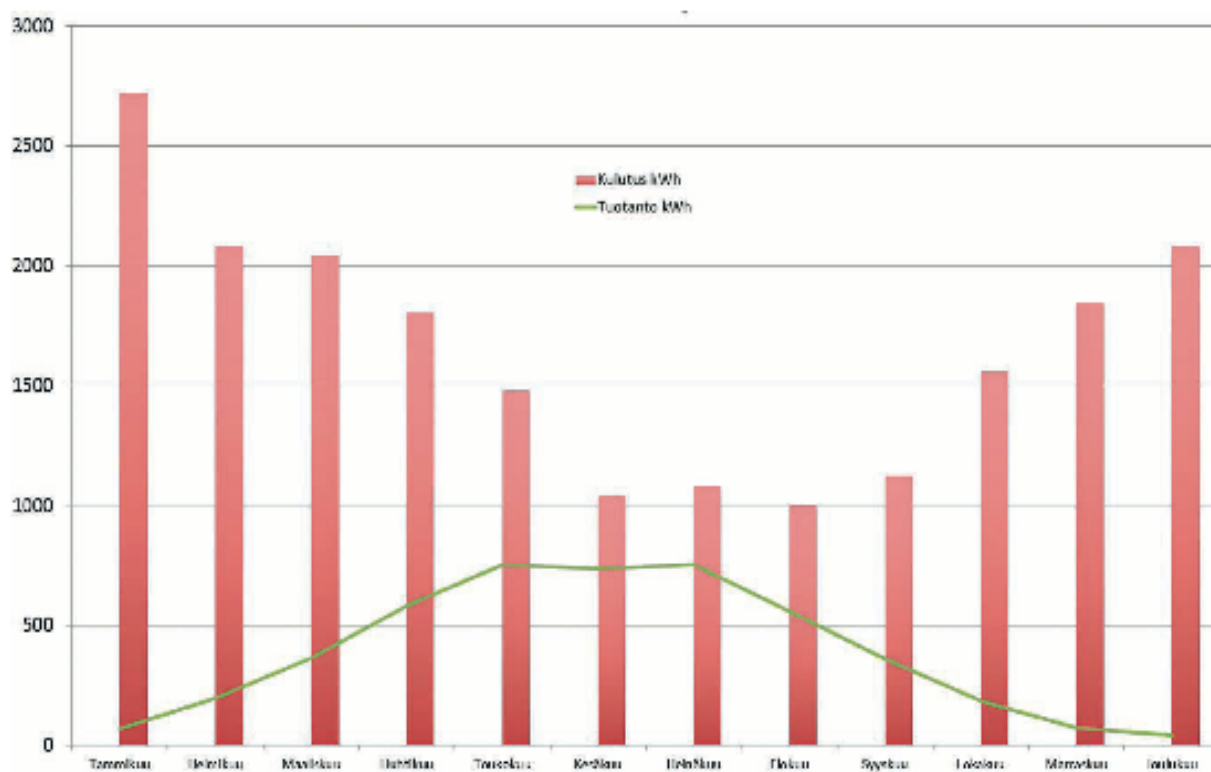
Täysin uutta taloa rakennettaessa kannattaa huomioida, että vaikka aurinkosähköjärjestelmää ei välittömästi asennettaisikaan, on järkevää asentaa paneelien kaapelit tai sähköputket rakenteiden sisään valmiiksi. Tämä helpottaa asennustyötä myöhemmin: lopputulos asennustyön kannalta on siistimpi ja kustannukset asennustyöstä jäävät vähäisemmiksi. (Perälä 2017, 83)

Suomen ilmastoa ajatellen pilvinen ja sateinen sää eivät ole optimaalisimmat olosuhteet aurinkoenergian tuotantoon. Suomen kylmä ilmasto ei kuitenkaan ole este tuotannolle, vaan paneelien sähköntuotto on jopa parempi alhaisessa lämpötilassa. (www.aurinkoenergiaa.fi) Paneelien standardisoituna testilämpötilana pidetään + 25 celsiusastetta. Jo parin asteen nousu testilämpötilasta heikentää tuotantoa noin prosentilla. Lämpötilan vaikutus paneelin tuotantokykyyn vaihtelee hieman eri paneelityypeillä. (Lehto ym. 2017, 22)

Suomessa 1 kWp paneelistolla (riippuen asennus- ja sääolosuhteista) voidaan tuottaa keskimäärin 900 kWh sähköä vuodessa. Jos itsetuotetulla sähköllä korvataan ostettua sähköä, kertyy säästöä vuodessa noin 100€/kWp. (www.aurinkoenergiaa.fi) Perälänkin mukaan aurinkosähköjärjestelmä nostaa merkittävästi kiinteistön arvoa. Aurinkosähkön kannattavuutta laskiessaan omakotiasukas pohtii varmasti laitteiston takaisinmaksuaikaa, mutta myös kiinteistön arvon nousu täytyy tässäkin muistaa ottaa huomioon. (Perälä 2017, 83)

Aurinkovoimala on oiva keksintö varsinkin kohteissa, joissa kulutusta on merkittävästi etenkin kesäaikana. Tällöin voimalasta saatava hyöty on parhaimmillaan. Tällainen tapaus voisi olla esimerkiksi sähkölämmitteinen omakotitalo, jossa on ilmalämpöpumppu tai -pumppuja, joiden käyttö painottuu kesäaikaan. (Tahkokorpi 2016,177) Taulukko 1. osoittaa hyvin, kuinka aurinkoisina kesäkuukausina voimalan avulla tuotettu sähkö korvaa suuren prosentuaalisen määrän kulutetusta sähköenergiasta.

Taulukko 1. Esimerkki omakotitalon kuukausikulutuksesta ja 4,5 kWp paneeliston tuotosta (Lehto ym. 2017, 76)



Paneelit voidaan asentaa kohteeseen monella eri tavalla. Perinteisesti ne asennetaan katon lappeeseen. Paneelit on mahdollista asentaa myös integroidusti rakennuksen ulkoseinälle, jolloin ne toimivat samalla myös julkisivuna. Tämä toimintatapa yleisty jatkuvasti, ja tulevaisuudessa rakennuksia tullaan varmasti päällystämään kevyellä sähköä tuottavalla paneloinnilla. Seinään asennettavat aurinkopaneelit ovat myös järkeviä Suomen talvia ajatellen, sillä auringon pysytellessä päivän aikana matalalla seinäpaneelien on kuitenkin mahdollista tuottaa sähköä. (www.aurinkoenergiaa.fi)



Kuva 2. Kuvassa seinään asennetut aurinkopaneelit Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla. (www.yle.fi)

2.1.1 Aurinkosähkö

Kuten aikaisemmin jo todettiin, aurinko on tuottanut sähköä jakeluverkon ulkopuolisille kesämökeille jo pitkään. Viime aikoina järjestelmien hinnat ovat kuitenkin alentuneet merkittävästi. Näin sähköverkkoon liitetyissä rakennuksissa ostosähkön korvaaminen itsetuotetulla aurinkosähköllä on tullut ajankohtaiseksi myös muissa kiinteistöissä.

Tuotettu ylijäämä sähkö voidaan syöttää takaisin valtakunnalliseen verkkoon verkko-yhtiön hyväksymän verkkoinvertterin avulla. Suomen verkkoyhtiöt hyvittävät verkkoon syötetystä ylijäämä sähköstä kuitenkin ainoastaan sähköenergian arvon. Hyvityshinta jää näin ollen alhaiseksi. Tästä syystä tuotettu sähkö kannattaa pääasiallisesti hyödyntää itse. Optimaalisinta olisi jakaa aurinkosähkötuotanto jokaiselle kolmelle vaiheelle niin tasaisesti, että valtakunnanverkkoon takaisin syöttämiseltä säästyttäisiin. Esimerkiksi lämminvesivaraajat ja sähkökiukaat ottavat tehonsa jokaiselta vaiheelta ja ovat näin ollen edullisia käyttää. (Perälä 2017, 20, 80)

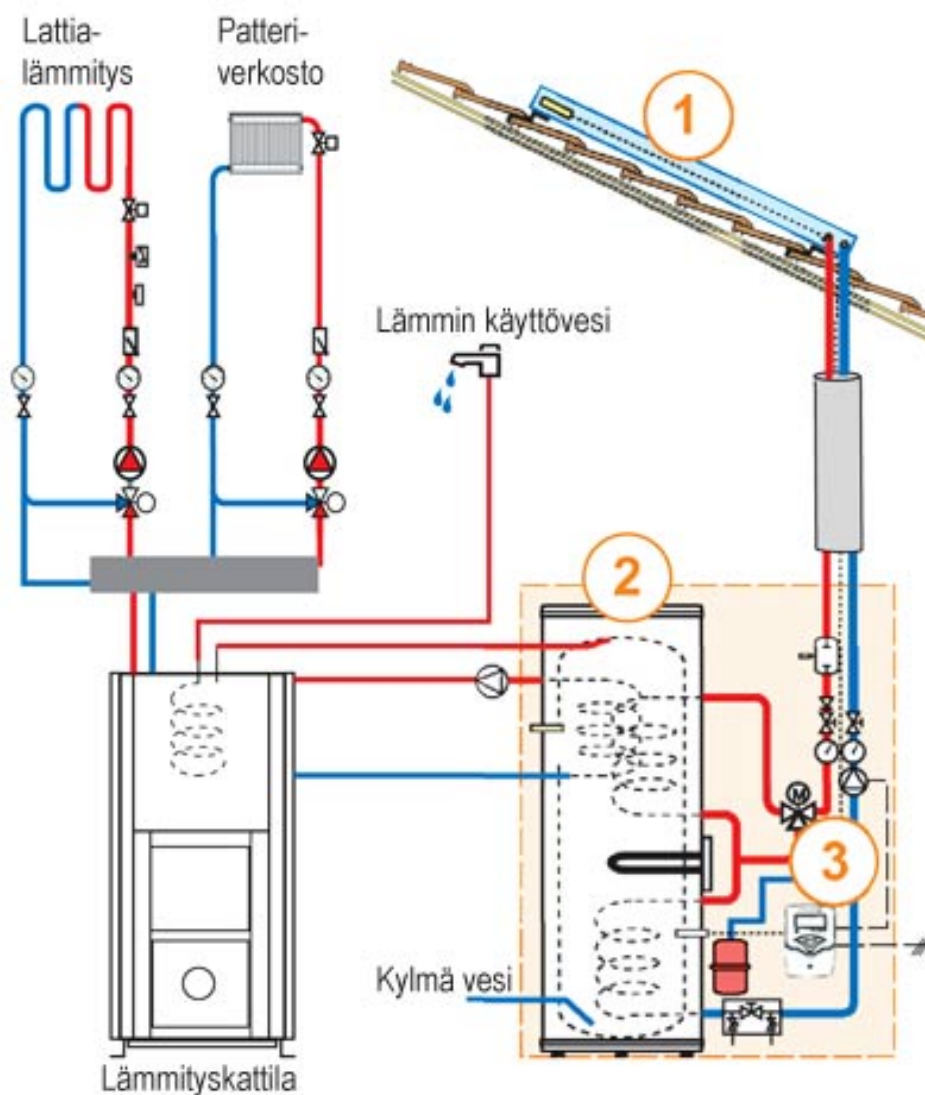
Asennettavien järjestelmien kokoonpanot vaihtelevat suuresti. Laittevalintoihin vaikuttaa eniten järjestelmän toteutustapa, eli liitetäänkö järjestelmä sähköverkkoon vai ei. Verkosta erillään toimiva järjestelmä eroaa tekniikaltaan verkkoon liitetystä järjestelmästä melko paljon. Kahden samantyyllisen järjestelmän komponenttien tyypillisyydet ja mitoitus eroavat yleensä jo niin huomattavasti, etteivät osat olisi yhteensopivia keskenään vaihdettaviksi. (Lehto ym. 2017, 43)



Kuva 3. Aurinkopaneelit asennettuna omakotitalon katolle
(www.solen.fi)

2.1.2 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöjärjestelmä sopii erinomaisesti kohteisiin, joissa tarvitaan paljon lämpöenergiaa. Pääsääntöisesti nämä järjestelmät ovat tavallista LVI-tekniikkaa. Perinteiset pääkomponentit ovat aurinkolämpökeräimet, lämpövaraaja sekä lämmönsiirtojärjestelmä. Aurinkopaneelin toiminnasta poiketen aurinkokeräimen tarkoitus on siis tuottaa lämpöä. Pääsääntöisesti aurinkokeräimiä hyödynnetään käyttöveden lämmittämisessä ja kiinteistöjen sähköisessä lämmityksessä. Samankokoista aurinkopaneelia ja aurinkokeräintä verrattaessa huomataan, että aurinkokeräin tuottaa suhteessa aurinkopaneelia enemmän energiaa. (www.aurinkoenergia.fi)



Kuva 4. Aurinkolämpökeräimet liitettynä lämmitys- ja käyttövesilinjoihin. (www.lämpötekniikka.fi)

Käytettäviä aurinkokeräintyypppejä ovat tasokeräimet ja tyhjiökeräimet. Nestekiertoisessa tasokeräimessä vesi-glykoosiseosta kierrätetään pumpun avulla putkistoissa. Lämmennyt neste kuljetetaan lämpövaraajaan, josta se saadaan käyttöön. Keräimen toiminta on säädettävissä ohjausyksiköllä. (www.aurinkoenergia.fi)

Isosaari toteaa teoksessaan, että aurinkolämpö ei voi Suomessa lähtökohtaisesti toimia talon päälämmitysjärjestelmänä. Ympärivuotinen energiantuotto ei yksinkertaisesti riitä Suomen olosuhteissa. Tästä syystä järjestelmä kytketään yleisimmin öljylämmityksen rinnalle. Suosituimpia keräimiä tämän tyyllisissä asennuksissa ovat tasokeräimet, jotka soveltuvat hyvin etenkin harjakattoasennuksiin. Jopa 90 prosenttia kaikista aurinkokeräimistä ovat juuri tasokeräimiä. Tämän lisäksi käytetään myös jonkin verran tehokkaampia tyhjiökeräimiä, jotka ovat kuitenkin kalliita tasokeräimiin verrattuna. Tämän vuoksi niiden yleistymisen on jäänyt vaisuksi. (Isosaari 2012, 108–109)

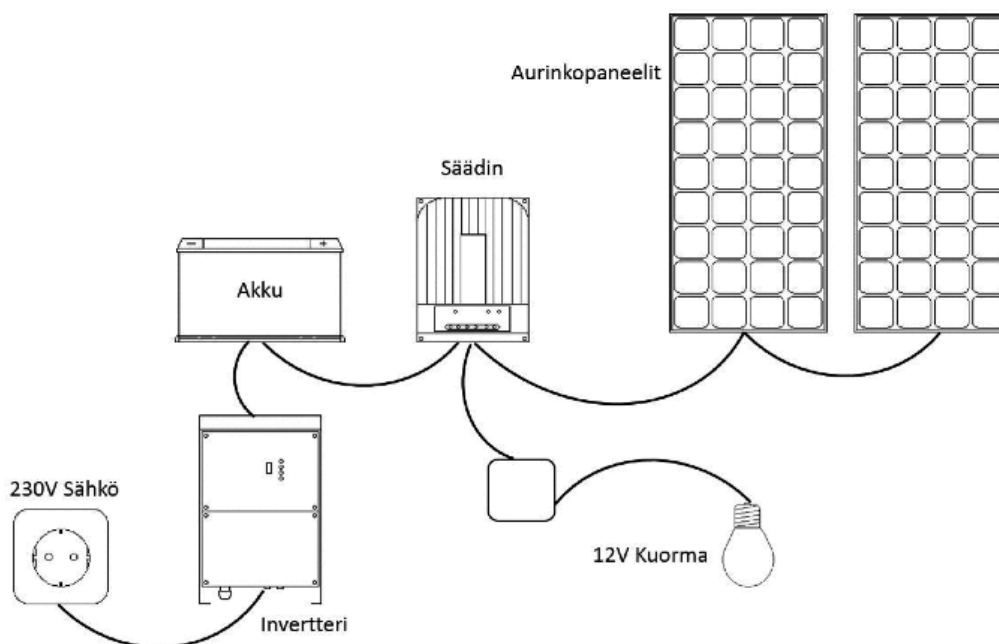
Keräintyyppistä riippumatta lämmitettävän kohteen tulee kuitenkin sijaita aurinkoisella paikalla ja keräinten suuntauksen täytyy olla onnistunut. Myös lämmönjakotavalla on suuri merkitys. Lämmönjakotavalla tarkoitetaan tapaa, jolla lämpöä siirretään lämmitettävään tilaan. Esimerkiksi patterilämmityksessä aurinkolämmön hyödyntäminen ei ole kiinteistön kannattavin lämmitysmenetelmä. Vesikiertoisessa lattialämmityksessä taas aurinkolämmön käyttö on perusteltua. Lattiapinta saadaan lämmitettyä jo matalalla lämpötilalla ja tilasta tulee nopeammin lämpimän tuntuinen kuin puhdasta huoneilmaa lämmitettäessä. (Isosaari 2012, 109)

Karkeasti voidaan sanoa, että aurinkolämpökeräimillä on mahdollista saada auringon säteilyenergiasta talteen jopa 80 prosenttia. Tavallisesti energiaa kertyy vain noin 40 prosenttia. (Perälä 2017, 21) Lämmitystä paremmin aurinkolämpö sopii kuitenkin lämpimän käyttöveden tuotantoon. Kesällä aurinkoa riittää ja lämmintä vettä kertyy yleensä riittävästi huhtikuusta syyskuuhun. Jotta kaiken käyttöveden lämmittämiseen päästäisiin kuitenkin kesäkuukausinakin, tulee käyttöveden kulutuksen olla säännöllistä ja määrällisesti riittävän suurta. Lämpimästä käyttövedestä voidaan vuositasolla tuottaa aurinkoenergian avulla noin puolet. (Isosaari 2012, 109)

2.2 Sähköverkosta irti oleva järjestelmä (Off-grid)

”Off-grid-järjestelmä tunnetaan myös saareke- ja mökkijärjestelmänä: se toimii omalla verkkonään (saarekkeena) ja sen energiavarastona toimii akusto tai erikoiskohteissa esimerkiksi massiivinen vauhtipyörä. Vastaavalla tavalla toteutettuja järjestelmiä löytyy myös veneistä ja matkailuautoista.” (Lehto ym. 2017, 44)

Pääpiirteittäin niin sanottu mökkijärjestelmä koostuu aurinkopaneeleista ja niiden johtimisesta, aurinkopaneelisäätimestä, akustosta sekä tarvittavasta maadoitusjärjestelmästä. Usein järjestelmässä on myös 230 voltin vaihtosuuntaaja. Vaihtosuuntaajan käyttö vaatii huomiota johdotuksessa ja vikasuojauksessa. (Lehto ym. 2017, 45)



Kuva 5. Off-grid-järjestelmän pääkomponentit

ST-käsikirja 40 (Lehto ym. 2017, 45)

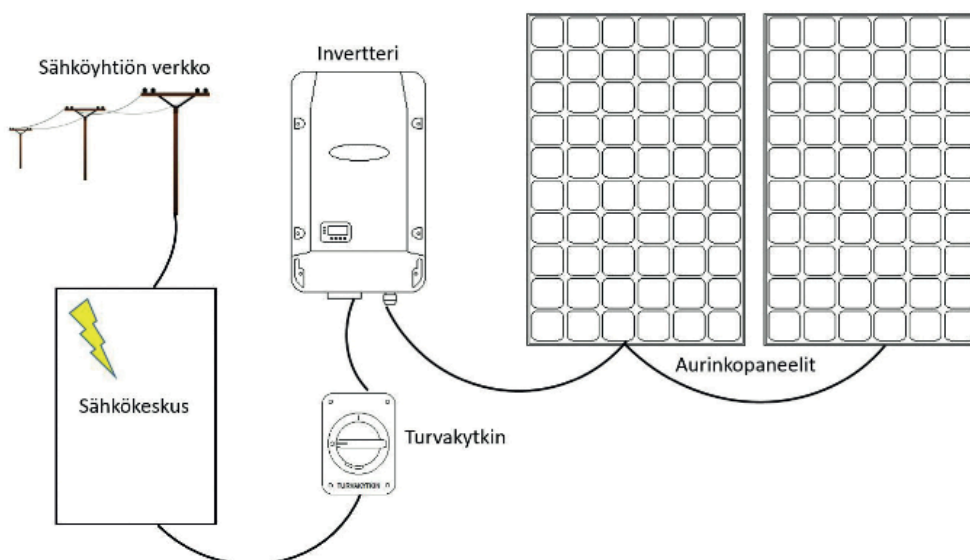
Aurinkopaneelien tuottama sähkö voidaan käyttää heti tai tuotettu sähköenergia voidaan varastoida akustoon, jollei kuormituksia sillä hetkellä ole. Mökkijärjestelmän suunnittelussa vaarana on helposti alimitoittaminen. Tällöin aggregaatin hyödyntäminen lisätehonlähteenä on hyvä vaihtoehto. Aggregaattiin on helppo liittää tehokkaampia laitteita, jos sellaisten käytölle on tarvetta vain ajoittain. Aggregaatin lisäksi

on toki myös muita vaihtoehtoja lisätehonlähteeksi. Lisänä voidaan käyttää esimerkiksi tuulimyllyä. (Lehto ym. 2017, 46)

2.3 Sähköverkkoon liitetty järjestelmä (On-grid)

On-grid-järjestelmässä aurinkopaneelit tuottavat energiaa yleisen verkon rinnalla. Järjestelmä syöttää siis yleiseen sähköverkkoon liitettyä laitteistoa ja tällöin jakeluverkko toimii energiavarastona. Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen on On-grid-järjestelmässä huomattavasti yksinkertaisempaa, kun ei tarvitse välittää siitä, miten sähkö riittää kiinteistön kuormituksille tai toimivatko suojaukset luotettavasti. (Lehto ym. 2017, 43)

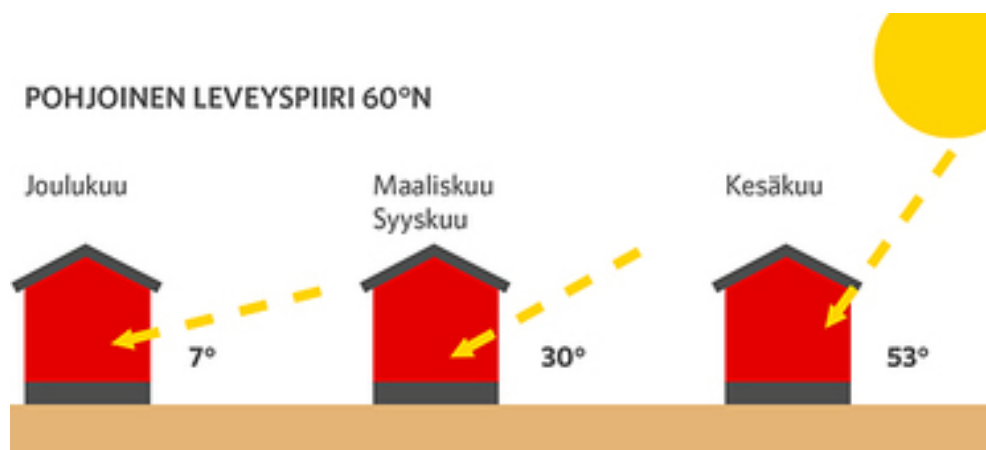
Jakeluverkkoon liitetyn järjestelmän pääkomponentteihin kuuluu aurinkopaneelit teineineen sekä invertteri eli verkkoon syöttävä vaihtosuuntaaja lisälaitteineen. Vaihtosähköksi muutetun jännitteen tulee olla yleiseen sähköverkkoon sopivaa epäsymmetrian välttämiseksi. (Lehto ym. 2017, 43)



Kuva 6. On-grid-järjestelmän pääkomponentit
ST-käsikirja 40 (Lehto ym. 2017, 44)

2.4 Asennuspaikka ja paneelien suuntaus

Aurinkoenergelaitteiden sijainti, kallistuskulma ja teho vaikuttavat merkittävästi järjestelmän energiantuotantoon. Aurinkopaneelit tulee sijoittaa varjottomaan paikkaan ja jokaisen paneelin tulisi saada säteilyä tasaisesti. Kiinteästi asennettavat järjestelmät asennetaan pääsääntöisesti etelään eli kohti päiväntasaajaa. Varjostavien tekijöiden takia paneelit voidaan myös suunnata lännen ja idän väliselle alueelle, mutta energiantuotto jää tällöin yleensä pienemmäksi. Suuntausilmansuunta vaikuttaa merkittävästi vuorokauden parhaaseen energiantuottoaikaan. (Tahkokorpi 2016, 18) Usein paneelit asennetaan rakennuksen kattolapteen mukaisesti, vaikka optimaalinen kulma Suomessa on noin 42 astetta. (www.aurinkoenergia.fi)

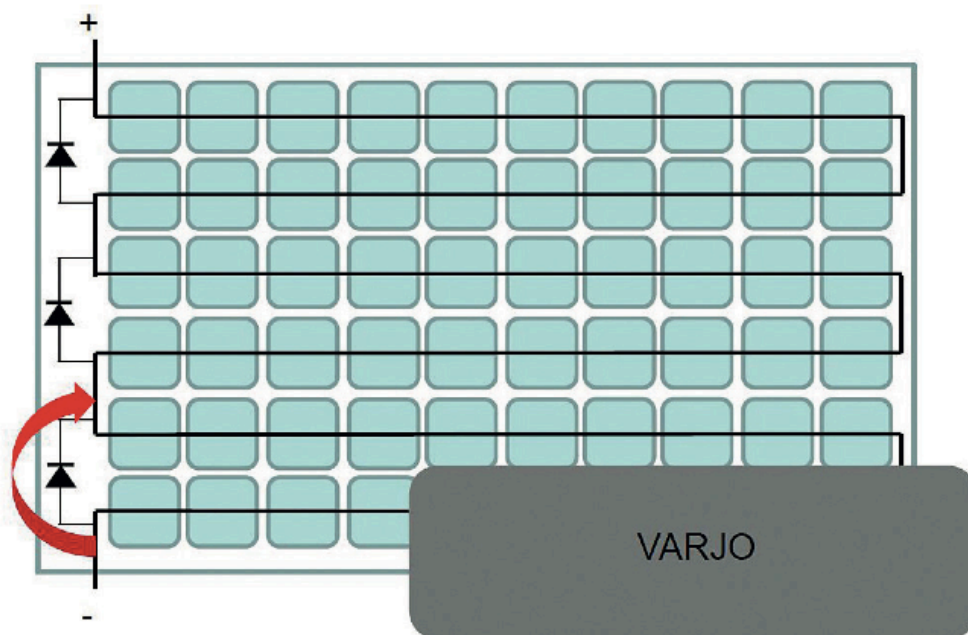


Kuva 7. Auringon paistekulmia eri vuodenaikoina (www.motiva.fi)

Paneelien suuntaamisessa ja kallistamisessa käytetään myös itsestään kääntyviä paneeleita, jolloin paneeli saadaan aina kohtisuoraan aurinkoa kohden. Näitä automaattisia auringon mukaan kääntyviä järjestelmiä kutsutaan trackereiksi. Tracker-järjestelmiä on tällä hetkellä sekä yksi- että kaksiakselisina. Yksiakselijärjestelmä lisää paneelien tuottoa noin 20-25 %, kun taas kaksiakselijärjestelmällä lisätuottoa saadaan aikaiseksi jopa 35-45 %. Yleensä automaattinen kääntö tapahtuu idän ja lännen välillä auringon liikkuessa päivän mittaan. (www.aurinkoenergia.fi)

Paneelien kennojen sarjakytkentöjen takia tasainen säteily jokaiseen kennoon on tärkeää. Varjo ehkäisee täydellisen virrankulun paneelissa. Jos kuitenkin mahdollisia varjostuksia ei voida välttää, täytyy paneelipinta-alaa suurentaa, jotta se tuottaisi tar-

vittavan energiamäärän. (Erat ym. 2008, 15) Yleisimmin paneelien kytkennöissä käytetään sisäänrakennettuja ohitusdiodeja. Ohitusdiodin tarkoitus on parantaa paneelin varjostuksensietokykyä. Yleisimmin paneelien kytkentä tehdään kolmea ohitusdiodia käyttäen, jolloin kenno jakautuu kolmeen osaan kuvan 8. mukaisesti. (Lehto ym. 2017, 57) Lisäksi alla olevasta kuvasta selviää, kuinka varjostus kennon alanurkassa aiheuttaa ohitusdiodin aktivoitumisen. Jos varjostus olisi kriittisemmässä paikassa, aiheuttaisi se pahimmassa tapauksessa koko kennoketjun sammumisen. (Lehto ym. 2017, 21)



Kuva 8. Kennoston ohitusdiodin aktivoituminen varjostuksen vuoksi
ST-käsikirja 40 (Lehto ym. 2017, 21)

3 AURINKOENERGIAN TALTEENOTTO

3.1 Aurinkosähköjärjestelmät

Järjestelmien kokoonpanot vaihtelevat suuresti aurinkovoimalan luonteesta riippuen. Komponenttien valinnoissa on huomioitava riittävät tasasähköominaisuudet. Etenkin suojalaitteiden valinnoissa on oltava tarkka ja selvittää, että laite ylipäättänsä sopii tasasähköasennuksiin. (Lehto ym. 2017, 49)

Seuraavissa kappaleissa selvitetään aurinkosähköjärjestelmien yleisimpiä komponentteja, niiden valmistustekniikkaa sekä komponentin tehtävää aurinkosähköjärjestelmän osana.

3.1.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelien valmistus tapahtuu yksinkertaisuudessaan niin, että yksittäisiä aurinkokennoja sarjaan kytkemällä saadaan aikaan kokonainen kennosto. Valmis kennosto pakataan ilmatiiviisti lasin alle, ja reunat tiivistetään niin, että paneeli on mekaanista rasitusta sekä vaihtelevia ympäristöolosuhteita kestävä kokonaisuus. (Tahkokorpi 2016, 137)

Yleisimmät aurinkokennotyypit kuluttajien käytössä ovat yksi- ja monikiteiset pii-kennopaneelit. Näiden lisäksi käytössä on ohutkalvopaneeleita sekä tällä hetkellä suosiotaan kasvattavia orgaanisia kennoja. Kennotyypit ovat keskenään ominaisuuksiltaan hieman erilaisia ja palvelevat käyttäjänsä eri tilanteissa eri tavoin. (Lehto ym. 2017, 12) Tällä hetkellä tehokkaimmat paneelit markkinoilla on valmistettu yksikiteisestä piistä. Valmistukseltaan ne ovat kuitenkin kalliimpia kuin monikidepiihin perustuvat kennot. (www.aurinkoenergiaa.fi)

Paneelien nimellisteho ilmoitetaan aina niin sanottuina piikkiwatteina (W_p), jotka ilmoittavat aurinkopaneelien tehon standardiolosuhteissa. Piikkiwattiarvoa ei kuitenkaan saa sekoittaa paneelin maksimitehohon. Paneelin on mahdollista tuottaa selvästikin nimellistehoaan enemmän esimerkiksi kevättalven olosuhteissa, kun jyrkässä kulmassa olevat paneelit saavat säteilyään sekä suorasta auringonpaisteesta että lumihangon heijastuksista. (Tahkokorpi 2016, 138)

Olennainen ja paneelien hintaan vaikuttava tekijä on myös aurinkokennon hyötysuhde. Hyötysuhteella tarkoitetaan sitä osuutta auringon säteilyenergiasta, joka voidaan muuttaa sähköksi. Parhaimmat kaupalliset paneelit saavuttavat yli 20 prosentin hyötysuhteen. Käytetyimmät ja huokeammat paneelit yltävät hyötysuhteessaan noin 15-17 prosenttiin. Hyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa kennon etulasin laatu sekä paneelin mekaaninen rakenne. (Tahkokorpi 2016, 142)

”Aurinkopaneelin hyötysuhde määritellään jakamalla nimellisteho sen pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteilymäärällä ($1000\text{W}/\text{m}^2$). ” (Tahkokorpi 2016, 142)

Esimerkiksi 250 piikkiwatin ja pinta-alaltaan 1,65 neliömetrin aurinkopaneelin hyötysuhde saadaan laskettua seuraavalla tavalla:

$$250 W_p \div (1,65 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W}/\text{m}^2) \approx 15 \%$$

3.1.2 Akkutekniikka

Akustoa käytetään aurinkovoimalassa sähköenergian varastointiin myöhempää käyttöä varten. Yleensä akkujärjestelmä on sähköverkkoon kytkemättömän järjestelmän osa. Sähköverkkoon kytketyissä (on-grid) järjestelmissä akustoa ei yleensä käytetä, sillä akusto ei tuo järjestelmään merkittävää lisähyötyä. (Tahkokorpi 2016, 142)

”Usein käytetään suljettuja lyijyakkuja niiden hinnan ja helpon ylläpidon vuoksi. Niitä nimitetään myös huoltovapaiksi akuiksi, mutta akkujen kunnosta on hyvä varmistua vuosittain tarkkailemalla niitä käytössä esimerkiksi akuston kuntoa tarkkailevalla

akkumittarilla ja tekemällä raskaampi kuormitustesti.” (Lehto ym. 2017, 55) Suljetut akustot voi sijoittaa sisätiloihin (Lehto ym. 2017, 56).

Isommissa järjestelmissä käytössä on usein avoimia akkuja, jotka vaativat kuitenkin paljon huoltoa ja joiden kunto tulisi tarkastaa vähintään kolmen kuukauden välein.

Avoimet akustot vaativat oman tilansa esimerkiksi ulkovarastossa tai vaikkapa sijoitettuna rakennuksen alle. (Lehto ym. 2017, 56)

3.1.3 Lataussäätimet

Lataussäätimen tehtävä aurinkovoimalassa on säätää paneeleilta tulevaa sähköä niin, että akusto latautuu oikealla tavalla. Lataussäädin ohjailee akun latautumista ja seuraa sen varaustilaa. Lisäksi lataussäätimellä estetään akun yllilatautuminen sekä katkaistaan virrankulutus ennen kuin akun jännite ehtii laskea liikaa. (Perälä 2017, 70) Aurinkovoimaloissa käytetään kahdentyyppisiä lataussäätimiä.

- ”PWM-säädin (Pulse Width Modulation) kytkee ja katkoo tiheästi paneelin virtaa ja muuttaa kytkentä- ja katkaisuaikojen suhdetta niin, että paneelin jännite alenee sopivaksi akun lataamiseen.” (Perälä 2017, 70)

PWM-säädön yhtenä heikkoutena voidaan kuitenkin todeta, että esimerkiksi paneeli-piirin käyminen tiheästi täydellä jännitteellä estää paneelin ihanteellisen jännitetason hyödyntämisen synnyttäen turhia häviöitä. (Lehto ym. 2017, 18)

- MPPT-säädin (Maximum Power Point Tracking) kuormittaa aina paneelia maksimitheholla ja virittää paneelin ja akun yhteistyöhön niin, että paneeli toimii aina MPP-pisteessään tuottaen sähköä maksimitheholla. (Perälä 2017, 70)

MPP-piste on se piste paneelin tuottokäyrällä, jossa paneelin antama teho on suurimmillaan. MPPT-säädin tarkkailee varjostusten ja pilvisyyden aiheuttamaa MPP-pisteen vaihtelua ja hakeutuu suurimman tehon antavaan kohtaan. (Perälä 2017, 70-71)

3.1.4 Invertterit

Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa pääsääntöisesti tasasähköä. Akustolta saatava tasasähkö on kuitenkin mahdollista muuttaa 230 voltin vaihtosähköksi invertterin avulla. Vaihtosähkö mahdollistaa niin tietokoneen kuin hiustenkuivaajankin käytön. Suuritehoisella invertterillä voidaan käyttää myös tehokkaampia laitteita, kuten sirkkeliä tai klapikonetta. (Perälä 2017, 75)

Invertteri tekee vaihtojännitettä katkomalla akuston tasajännitettä sekä vaihtamalla tasajännitteen suuntaa. Samalla tasajännite kasvatetaan moninkertaiseksi. Sähköverkkoon liitetyissä aurinkosähköjärjestelmissä tarvitaan aina verkkoinvertteri muuntamaan tasasähkö verkkoon sopivaksi vaihtosähköksi. Verkkoinvertterin hankinnassa on myös otettava huomioon verkkoyhtiön laatimat vaatimukset. Invertterin tulee aina tuottaa samanlaista siniaaltoista vaihtojännitettä kuin verkossa. Lisäksi jännitteen tulee aina tahdistua verkon taajuuteen. (Perälä 2017, 78)

Kiinteistöjen sähköliittymät ovat lähes aina kolmivaiheisia. Kolmivaiheisella verkkoinvertterillä voidaan korvata kiinteistön jokaisen vaiheen kulutusta sekä syöttää ylijäämäsähköä jokaisen vaiheen kautta takaisin verkkoon. Yksivaiheinen verkkoinvertteri taas voidaan kytkeä korvaamaan vain yhden vaiheen kulutusta ja ylijäämäsähköä syöttää takaisin verkkoon vain siinä vaiheessa. Pienet alle 3 kWp:n aurinkosähköjärjestelmät on mahdollista varustaa vain yksivaiheisella verkkoinvertterillä. Näin ollen pienimmätkin kolmivaiheiset verkkoinvertterit vaativat vähintään 3kWp:n aurinkosähköpaneelit. (Perälä 2017, 78-80)

Yleiseen verkkoon sähköä syöttävän järjestelmän tulee katkaista toimintansa sähköjakelukatkoksen sattuessa. Aurinkosähköjärjestelmän käyttäminen varavoimana yleisen verkon kadotessa on sallittua ainoastaan erityistoimenpitein. Tämä järjestely vaatii toimenpiteitä erityisesti maadoitusten ja verkon erotusten suhteen. Aurinkosähköjärjestelmä ei saa aiheuttaa missään olosuhteissa vaaraa verkon korjaajille sähkökatkon aikana. (Lehto ym. 2017, 44)

Kolmivaiheinen verkkoinvertteri verkkoon liitettäviin järjestelmiin



- Suojaluokka: IP65
- Hyötysuhde: 98%
- Tulojännite: 245-800V
- Max. DC-teho 5100Wp
- Max. AC-teho: 5000W
- Paino: 37.00 kg
- Mitat: 470 x 730 x 240 mm

Kuva 9. (www.jn-solar.fi)



Kuva 10. Verkkoinvertteri asennettuna omakotitalon ulkoseinälle
(www.aurinkovirta.fi)

4 LUVAT, HAKEMUKSET JA STANDARDIT

Yleensä järjestelmätoimittajaa kannattaa pyytää hoitamaan sähkövoimalan rakentamiseen liittyvät mahdolliset rakennus-/toimenpideluvat ja verkkoonliittämisluvut. Toimittajille niiden hoitaminen on jokapäiväistä toimintaa, kun taas asiakkaalle todennäköisesti ennaltaan tuntematonta. Rakennuslupaprosessi on ongelmallinen, sillä ainakin toistaiseksi kunnissa on erilaisia rakennusmääräyksiä. Tästä syystä yleispätevien ohjeiden antaminen järjestelmän rakentamisesta on mahdotonta. (Tahkokorpi 2016, 177)

Maallikon on mahdollista asentaa matalajännitteinen niin sanottu mökkijärjestelmä käyttöönsä, mutta muunlaisten, etenkin verkkoon liitettävien järjestelmien asennus tulee jättää ammattilaiselle. Täytyy muistaa, että matalajännitteistenkin akkujen suuret virrat aiheuttavat valokaaren ja palovaaran. Näin ollen kattavat asennusohjeet ja huolellisuus ovat välttämättömiä. (Tahkokorpi 2016, 178)

Nyt voimakkaasti yleistyvissä verkkoon kytketyissä järjestelmissä paneelit kytketään yleensä sarjaan ketjuksi, joiden tasajännitetasot nousevat jo useisiin satoihin voltteihin. Tämän takia niitä ei saa asentaa muut kuin kyseisiin sähkötöihin hyväksytyt ammattihenkilöt. Verkkoon kytkentä sinänsä on jo mahdotonta muille kuin luvat omaaville sähköasentajille. (Tahkokorpi 2016, 178)

Kaikenlaisissa aurinkosähköjärjestelmien asennuksissa tulee noudattaa voimassa olevia lakeja, määräyksiä, asetuksia ja ohjeita. Velvoittavin näistä on sähköturvallisuuslaki (1135/2016), jonka avulla pyritään varmistamaan järjestelmän turvallisuus. (Lehto ym. 2017, 30)

Aurinkosähköjärjestelmissä on syytä noudattaa seuraavia suomalaisia standardeja:

- SFS 6000:2012 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Eriytilojen ja –laitteistojen vaatimukset. Valosähköiset tehonsyöttöjärjestelmät
- SFS-EN 62446 Sähköverkkoon kytketyt valosähköiset järjestelmät. Minivaatimukset järjestelmän dokumentaatiolle, käyttöönottoesteille ja tarkastuksille.

5 PROJEKTI

Sain aiheeni opinnäytetyölle Satakunnan Ammattikorkeakoulun kautta. Yksityishenkilö toivoi omakotitaloonsa aurinkosähkökartoituksen sekä tarvittavien asennusmateriaalien kustannusarvion. Vaikka aihe oli itsellenikin uusi, otin haasteen innolla vastaan. Näen aurinkosähkön käytön tulevaisuudessa edelleen kasvavan ja yleistyvän. Ammatillisen oppimisen vuoksi aihe kiinnostaa itseäni.

Kävin tapaamassa projektin toimeksiantajaa 5. syyskuuta Tuorsniemessä. Pohdimme yhdessä kohteen energiansäästöön liittyviä mahdollisuuksia. Opinnäytetyön lähtökohtana oli, että tarkasteltaisiin kohteen uusiutuvan energian toteuttamismahdollisuuksia monesta eri näkökulmasta. Aurinkosähkötekniikkaa tuotaisiin työssä esiin myös teoreettisesti, jotta asiaan perehtymätönkin henkilö saisi työstä paljon informaatiota. Saman kokoluokan ja vuositasolla lähestulkoon samanlaiseen sähkönkulutukseen perustuvan talon omistajat voisivat myös käyttää työn tietoja oman talonsa aurinkosähkösuunnittelussa.

Suuressa omakotitalossa sähkönkulutus kasvaa helposti melkoisen isoksi, koska lämmitettävää ilman alaa on paljon ja Suomen sääolot vaativat lämmitystä vuositasolla paljon. Vaikka nykypäivän sähkölaitteet ovat jo pitkälle kehittyneitä ja energiatehokkaita, niiden kokonaiskuorma nousee yllättävänkin korkeaksi jatkuvalla käytöllä. Jo vähäinenkin ostosähkön korvaus uusiutuvaa energiaa käyttämällä voi olla pitkällä aikavälillä merkittävä säästö.

5.1 Kohde

Projektin kohteena toimii suurehko kahteen tasoon rakennettu omakotitalo Porin Tuorsniemessä. Toimeksiantaja on varautunut aurinkopaneelien asentamiseen talon itä- ja länsilappeille aurinkosähkön tuotannon mahdollistamiseksi. Talossa on harjakatto, joka on hyväkuntoinen, joten esteitä paneelien asennuksiin telineineen ei ole. Myös talon eteläseinä on mahdollista varustaa seinään asennettavilla paneeleilla.

Rakennus on öljylämmitteinen. Talon alakerran eteinen, kodinhoitohuone sekä saunasasto on varusteltu sähköisillä lattialämmityksillä. Toimeksiantaja tekee asunnossa muitakin korjaustöitä, joten aurinkosähkölaitteiden hankinta ja asennus muun remontin yhteydessä on järkevää. Lisäksi hän kulkee työn puolesta autolla viikoittain pitkiä välimatkoja ja sähköauton hankinta on ajankohtaista lähitulevaisuudessa. Auton lataaminen aurinkosähköä käyttäen olisi suuri säästö.

Otin kohteen tarvikesuunnittelussa huomioon asiakkaan tarpeet ja pyrin valitsemaan järkevät komponentit. Tehtäessä suurta energiaremonttia tämänkokoisessa talossa ei ole järkevää keskittyä vain pienen energiamäärän tuotantoon. Tästä syystä pohdin myös aurinkoenergian hyödyntämistä talon lämmityksessä.

Vesikiertoisia aurinkolämpökeräimiä en nähnyt järkeviksi käyttää kohteessa, koska lämpökeräinten ja aurinkopaneelien yhdistäminen yhtenäisessä järjestelmässä on haastavaa, eikä järjestelmää tahdo saada kannattavaksi. Talossa ei tällä hetkellä ole vesikiertoista lattialämmitystä, mutta sellainen on mahdollisesti tulossa remontin aikana alakertaan, ja suurella todennäköisyydellä myöhemmin myös talon ylempään kerrokseen. Aurinkoenergiaa olisi helppo hyödyntää lämpövaraajan sähkövastuksen ottamassa tehossa, jolla kiertävän veden lämmitys tapahtuu. Tämän lisäksi aurinkosähköllä voidaan korvata esimerkiksi ilma-vesilämpöpumpun ottamaa sähköä, jos kyseisen laitteen asennus joskus katsotaan tarpeelliseksi. Sisäilman lämmityksessä aurinkoenergian käyttö on järkevintä nimenomaan vesikiertoisessa lattialämmityksessä, koska vaadittava lämpöenergian määrä patterilämmityksessä olisi kohtuuttoman suuri.

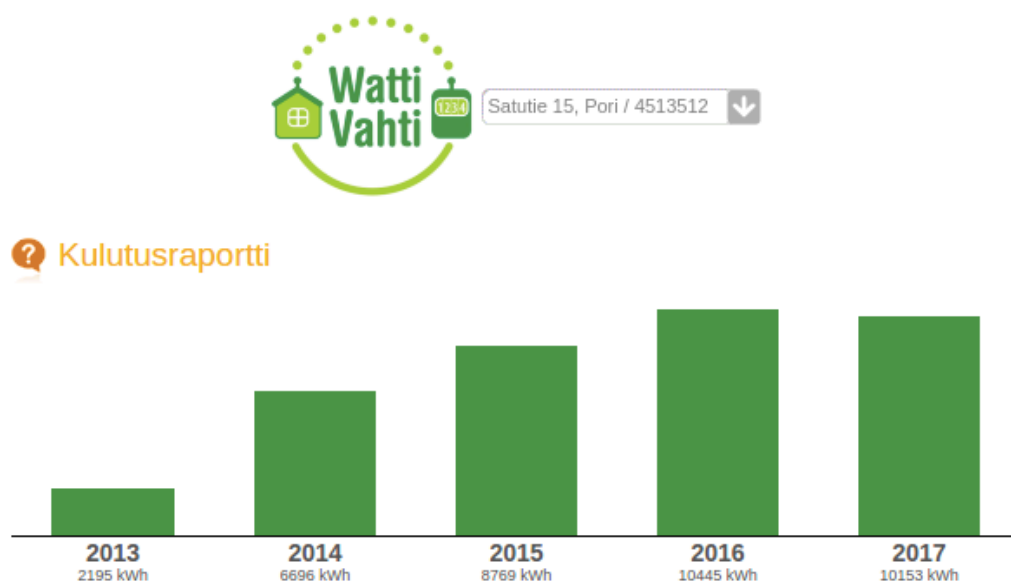
Tämän projektin kohde olisi järkevää liittää sähköverkkoon, joten ennen liittämistä täytyy verkkoyhtiön kanssa laatia mikrotuotantosopimus. Jo ennen tuotantolaitoksen hankintaa on hyvä olla yhteydessä verkonhaltijaan ja varmistua siitä, että tuotantolaitos on sopiva liittämipaikkaan (Pori Energian verkkosivut 2017). Verkonhaltija haluaa sähkön pientuotantosopimuksen avulla myös varmistua siitä, että kohteen mittari soveltuu pientuotannon mittaamiseen. Sopimusten ollessa kunnossa liittymän sähkömittari ohjelmoidaan mittaamaan sähköä kahteen suuntaan; verkosta otto/verkkoon anto. Verkosta ottoa ja antoa ei netoteta hetkellisesti, vaan ne molemmat jäävät mittarin erillisiin rekistereihin. (Lehto ym. 2017, 32) Pori Energian pientuotantosopimus löytyy liitteestä 1.

Mittarin hetkellisellä netotuksella tarkoitetaan sitä, että mittari vähentää itse laske-
malla verkkoon annetun tehon verkosta otetusta tehosta sillä hetkellä. Jos siis yhdellä
vaiheella syötetään tietyllä hetkellä verkkoon 100 W ja kaksi muuta vaihetta ottavat
verkosta yhteensä 60 W tehon, netottava mittari laskee nämä yhteen ja sillä hetkellä
verkkoon antoa jää 40 W. (Lehto ym. 2017, 32-33)

5.1.1 Kohteen kulutustiedot

Kiinteistön kulutustiedot järjestelmän mitoittamiseksi on hankittu Pori Energian WattiVahti-sovellukselta. Käytössä ovat niin vuosikulutustiedot kuin päivittäiset sähkömittarilukemat viimeisen kahden vuoden ajalta. Vuosikulutustietoja tarkistellaessa huomataan, että sähkön kokonaiskulutus kiinteistössä on kasvanut vuosi vuodelta.

Taulukko 2. Projektikohteen sähkönkulutus vuositasolla

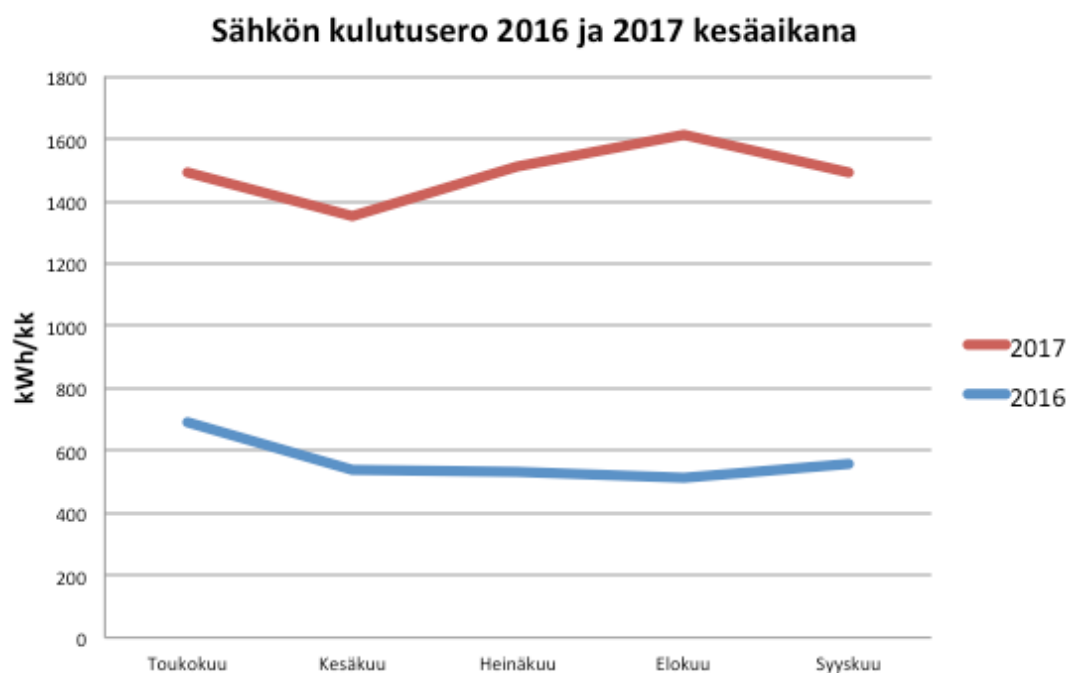


Toimeksiantaja on hankkinut talon vuonna 2013 ja sinä vuonna sähköä on ehditty kuluttaa ainoastaan noin 2000 kWh. 2014 vuoden lopulla taloon on hankittu 1,5 kW ilmalämpöpumppu. Pumppu avustaa talon talviaikaista lämmitystä, mutta on myös sisäilman viilentäjä käytännössä koko kesän. Ilmalämpöpumppu on vaikuttanut seuraavan vuoden kulutukseen nostavasti, mutta näin lämmityksestä aiheutuva öljynkulutus on talossa pienentynyt. Vuositasolla öljynkulutus on kiinteistössä noin 2300 litraa. On huomioon ottamisen arvoista laskea siis auringosta saatavaa energiaa talon sähköisen lämmityksen avuksi, ja näin ollen saada säästöä öljyn kulumiseen. Toki on pidettävä mielessä, että talvella, jolloin lämmitystarve on suurimmillaan, aurinko pyssyttelee päivän aikana matalalla ja hyödynnettävissä oleva aurinkoenergia jää pieneksi. Kesäaikana taas auringon säteilyä on paljon ja pumpun avulla tehtävä sisäilman viilennys on halpaa.

Vuoden 2017 kesällä kiinteistön omistaja on aloittanut tietokoneella suoritettavaa kryptovaluutan louhintaa. Louhintaa tekevä tietokone ottaa verkosta jatkuvasti noin 800 watin tehon ja on kiinteistössä suuri sähkönkuluttaja. Jos louhintaa suorittavan tietokoneen tehoja vielä kasvatetaan, voi koneen verkosta ottama teho nousta parhaimmillaan jopa kahteen kilowattiin. Nykyisellä tehollakin suoritettava louhinta tuo suuren lisäyksen sähkölaskuun. Jos tietokone tekee työtä kuukausittain ympäri vuorokauden, kulutettu sähköenergian määrä euroina voidaan selvittää tietokoneen ottaman tehon ja ajan tulolaskulla: $0,8\text{kW} \times 24\text{h} \times 30\text{pv} = 576 \text{ kWh}$. Jos ostetusta sähköenergiasta maksetaan siirtohinnoittainen ja veroineen 10 snt/kWh, tuo kryptovaluutan louhinta sähkölaskuun lähes kuudenkymmenen euron lisän kuukaudessa.

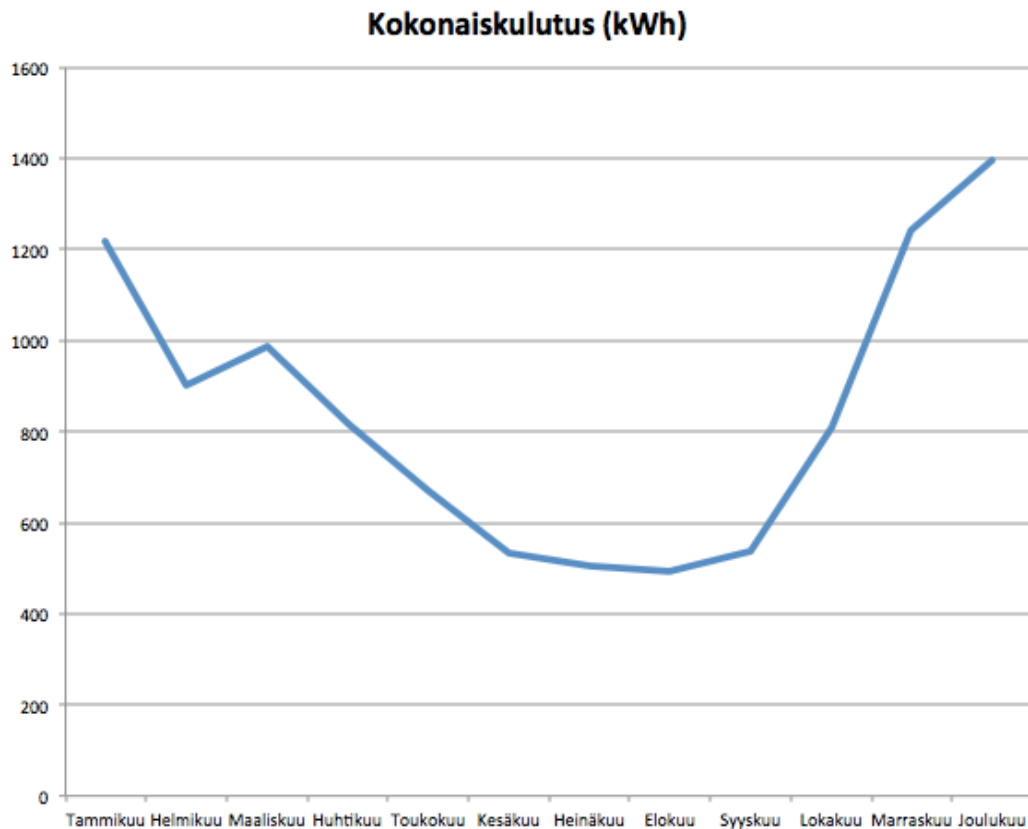
Kryptovaluutan louhinnan aloittamisesta johtuva sähkönkulutuksen kasvu on suoraan nähtävissä alla olevasta kaaviosta. Sähköä on vuoden 2017 lokakuun loppuun mennessä kulunut kokonaisuudessaan jo saman verran kuin vuonna 2016 yhteensä. Oma tietotaitoni ei riitä tarkemmin analysoimaan kryptovaluutan louhinnan kannattavuutta, mutta noin suurella sähkönkulutuksella auringonenergian hyödyntäminen louhinnassa käytettävissä sähkölaitteissa kuulostaa kannattavalta.

Taulukko 3. Sähkön kulutusero kesäkuukausina



Seuraavassa kuvassa vuoden 2016 kuukausittainen kulutus, jolloin kryptovaluutan louhintaa ei ollut vielä aloitettu. Kuvasta on selkeästi nähtävissä kulutusten ero kesä- ja talviaikaan. Talviajan kulutustiedot osoittavat, että myös talon eteläseinälle olisi tulevaisuudessa mahdollisesti järkevää asentaa paneelit aurinkoenergian tuoton ylläpitämiseksi.

Taulukko 4. Projektikohteen sähkönkulutus kuukausittain vuonna 2016.



5.2 Laskenta ja kannattavuus

Ennen yhteydenottoa aurinkosähköjärjestelmiä toimittaviin yrityksiin kannattaa selvittää kohteen sähkönkulutus. Sähkönkulutus on hyvä selvittää jopa tuntitasolla, jos kyseessä on olemassa oleva rakennus. Tuntikulutuksen perusteella voi parhaiten mitoitaa järjestelmä oikean kokoiseksi. Tuntikulutustieto on ilmaiseksi saatavilla kaikilta sähköntoimittajilta. Lisäksi on huomioitava aurinkopaneelien vaatima varjoton tila kohteessa. (Tahkokorpi 2016, 177)

Järjestelmän hankinnan kannattavuus koostuu monesta eri tekijästä. Suurin tekijä kannattavuuden arvioinnissa on tekniikan mitoituksen onnistuminen. Hankkeessa tulee ottaa huomioon valittujen komponenttien hinnat sekä myös asennus, suunnittelu ja ylläpitokustannukset. Onnistuneella mitoituksella viitataan siihen, että tuotettu sähkö saadaan pääosin käytettyä heti tuotantopaikalla eikä ylijäämää kulutukseen nähden juurikaan syntyisi. (Lehto ym. 2017, 60-62)

Seuraavassa taulukossa on esitetty erilaisten aurinkosähköjärjestelmien hintatasoja suuntaa-antavasti. Laitteiston kokonaisteho on suurin tekijä laitteiston hinnassa. Tehon kasvaessa järjestelmän hinta suhteessa kokonaistehoon kuitenkin laskee. (Lehto ym. 2017, 60)

Taulukko 5. Vuonna 2016 toteutettujen aurinkosähköjärjestelmien hinnat eri kokoluokissa. ST-käsikirja 40 (Lehto ym. 2017, 60)

Järjestelmän kokonaishinta (ALV 0 %)	
Pienet mökkijärjestelmät alle 10 kW (akustolliset)	3000–5000 € / kW
Pienet järjestelmät alle 10 kW (pakettiratkaisut)	1300–2000 € / kW
Keskisuuret järjestelmät 10 kW – 250 kW	1000–1300 € / kW
Suuret järjestelmät 250 kW – ...	900–1300 € / kW

Taulukko 6. Aurinkosähköjärjestelmän hankintarakenne karkeasti
ST-käsikirja 40 (Lehto ym. 2017, 61)

	Osuus kus- tannuksista	Varattava aika		
		Pienet	Keski	Suuret
1. HANKESUUNNITTELU	3–5 %	1–3 pv	2–4 pv	3–7 pv
– kohteen ja tarpeen selvitys				
– kustannuslaskenta				
2. ESISELVITYS MENETTELYTAVOISTA	1–3 %	1–2 pv		
– energiayhtiön käytännöt ja luvat				
3. TOTEUTUSSUUNNITTELU	5–10 %	1 pv	2 pv – 1 vko	4 pv – 2 vko
– tekninen suunnittelu ⁽¹⁾				
– hakemukset ⁽²⁾		0,5 pv		
4. HYVÄKSYNNÄT HAKEMUKSILLE	1–5 %	1 pv – 1 kk		
– teknisten hakemusten hyväksynnät				
– investointitukihakemuksen hyväksyntä ⁽³⁾		1–6 kk		
5. TILAUKSET (KOKO JÄRJESTELMÄ OHEISTARPEINEEN)	45–75 %	0,5 pv	1 pv	2 pv
– tilausten teko				
– tavaran toimitus		1–4 vko		6–8 vko
6. TOTEUTUS	10–25 %	0,5–1 henkilöpäivää per alkava kWp		
– asennussuunnitelma				
– nostot ja rakennustelineet				
– rakenteet ja paneelien telineet				
– sähköasennukset				
7. KÄYTTÖÖNOTTO	1–5 %	2–4 tuntia	1–2 pv	2 pv – 1 vko
– käyttöönottotarkastus				
– käyttäjän opastus laitteiston käyttöön				
– dokumentointi				
8. YLLÄPITO JA HUOLTO	5–15 % ⁽⁴⁾ 30 vuodessa	1–5 pv 30 vuodessa		
– invertterin vaihto 15–30 vuoden kuluessa				
– akuston ylläpito ja muut pienet huoltotyöt				
1) Sähkö-, teline- ja rakennesuunnittelu				
2) Verkkoyhtiö ja investointihakemukset				
3) Ennen investointitukihakemuksen hyväksyntää toteutus omalla riskillä				
4) Ylläpitokustannukset suhteessa järjestelmän kokonaishintaan				

5.3 Projektikohteen järjestelmän kuvaus ja mitoitus

Laskin tämän kohteen aurinkosähkön kannattavuuden ja vuosituoton Finsolarin las-
kurilla. Oleellisimpina tekijöinä laskelmissa ovat kohteen sähkönkulutus vuositaso-
lla, aurinkosähkijärjestelmän kokonaisteho sekä sähkön ostohinta. Myös mahdollinen
investointituki tai kotitalousvähennys asennuksesta tulee huomioida, koska se vaikut-
taa suuresti laitteiston kannattavuuteen.

Omissa laskelmissani oli kokonaisuudessaan käytössä vuoden 2016 kuukausittaiset
sähkönkulutustiedot, joten suoritin laskennat niitä käyttäen. Laskin järjestelmän säh-
köntuoton ja takaisinmaksuajan kolmella erikokoisella järjestelmällä; 3,12 kWp, 5,2
kWp ja 6,8 kWp. Käytetty sähkön ostohinta siirtoineen ja veroineen oli 10,0
snt/kWh, kohteen vuosikulutus noin 10 400 kWh ja energiatuki hankkeelle 25 %.
(www.tem.fi) Hankkeen kustannusmääränä olen käyttänyt internetissä mainostavia
yrityksiä, jotka toteuttavat järjestelmien asennuksia avaimet käteen -palveluna.
(n.1600€/kWp)

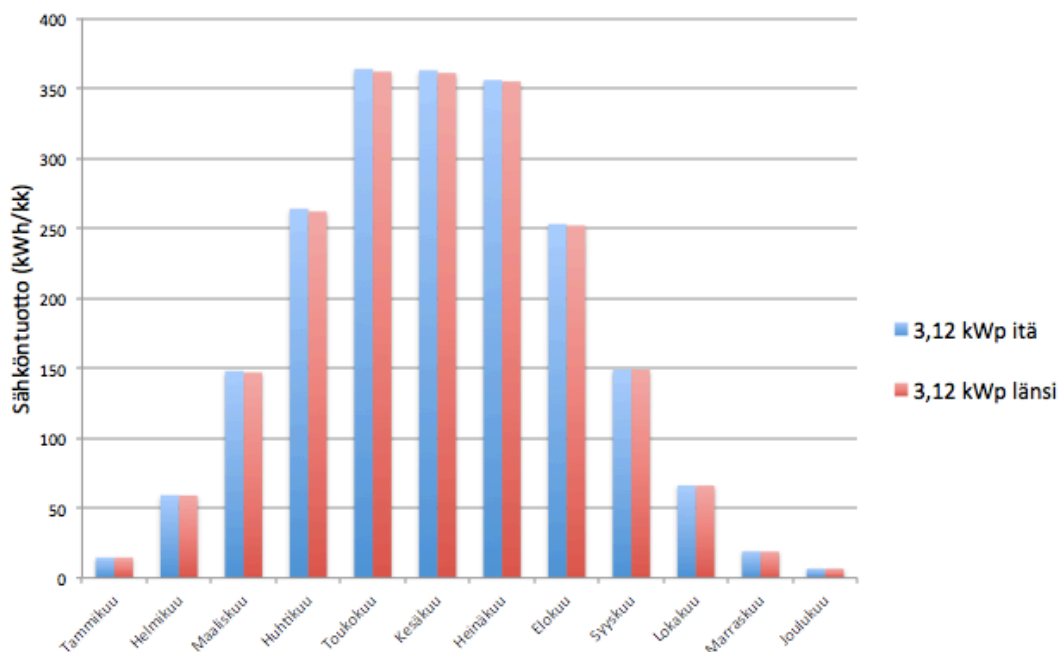
Taulukko 7. Projektikohteen kulutustiedoilla lasketut aurinkoenergian kuukausikoh-
taiset tuottomäärät sekä takaisinmaksuaika.

	Kiinteistön kuukausikohtainen kulutus kWh/kk	Sähkön tuotto 3,12 kWp järjestelmällä kWh/kk	Sähkön tuotto 5,2 kWp järjestelmällä kWh/kk	Sähkön tuotto 6,8 kWp järjestelmällä kWh/kk
Tammikuu	1255,9	27	45	58
Helmikuu	936,7	93	155	202
Maaliskuu	1022,8	221	369	482
Huhtikuu	851,6	399	665	870
Toukokuu	688,9	570	950	1243
Kesäkuu	540,5	580	967	1264
Heinäkuu	529	578	963	1260
Elokuu	508	407	678	887
Syyskuu	554,8	235	391	512
Lokakuu	836,6	106	177	232
Marraskuu	1284,5	35	58	75
Joulukuu	1394,8	13	22	29
YHTEENSÄ	10404,1	3265	5441	7115
Takaisinmaksu		26 vuotta	30 vuotta	30 vuotta

Laskelmiin on merkattu punaisella kuukaudet, joiden osalta paneelin tuotto olisi kulutusta suurempaa ja verkkoon takaisinsyöttöä tulisi paljon. Tämä osoittaa sen, että järjestelmän ylivoimaisuus laskee hankinnan kannattavuutta ja kasvattaa takaisinmaksuaikaa. Pienellä kulutuksella yhtenäisen paneeliston pinta-alan kasvattaminen liian suureksi ja tämän takia liian tehokkaaksi on turhaa. Tuorsniemen talossa halutaan korvata aurinkoenergialla mahdollisimman paljon ostettavaa sähköä ja pyrkiä kuluttamaan tuotosta valtaosa itse. Tämän takia projektikiinteistössä, jossa halutaan paljon aurinkosähköntuottokapasiteettia, täytyy suunnitella katon harjan molemmille puolille omat aurinkopaneelikokonaisuudet.

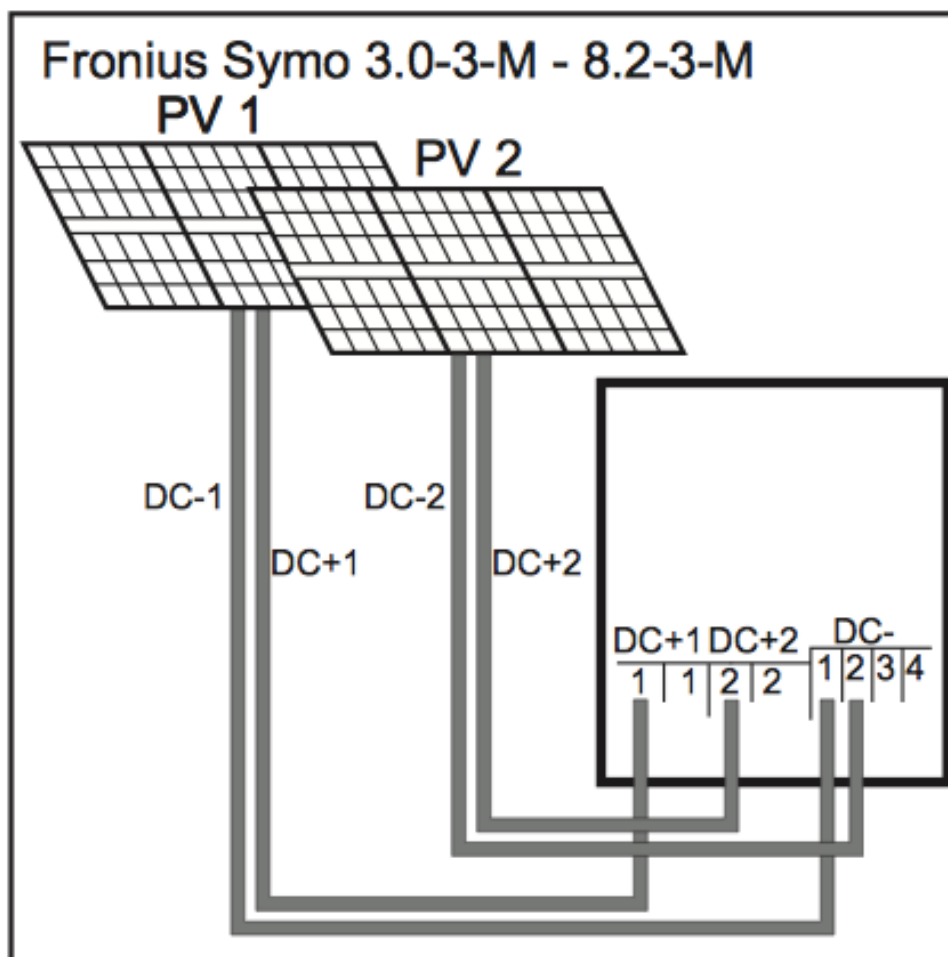
Tässä kohteessa ja tuolla nykyään noin 12 000 kWh vuosikulutuksella, 3,12 kWp:n järjestelmät katon molemmille lappeille olisi riittävät. 6,2 kWp:n kokonaistehon omaavan järjestelmän sähköntuoton omakäyttöosuus on hyvä. Etenkin jos suurimmat sähkönkulutusajanjaksot pyritään keskittämään päiväaikaan, jolloin järjestelmä tuottaa sähköä parhaiten.

Taulukko 8. Itä- ja länsilapteen paneelien sähköntuotto eri vuodenaikoina.



Järjestelmän osiin jakaminen ja paneelien ryhmittely tehdään siksi, ettei mikään osa heikennä koko järjestelmän tuottoa esimerkiksi varjostuksen takia. Kun katon itäläpällä aamulla ja aamupäivällä tuottavat paneelit alkavat iltapäivällä varjostua, se ei vaikuta länteen suunnattujen paneelien sähköntuotantoon alentavasti, vaan molemmat osat toimivat itsenäisesti.

Itä- ja länsiläpöiden aurinkopaneeliksi valitsin Satmatic Oy:n mallistosta löytyvät Amerisolar 260 Wp monikidepaneelit (yht. 24 kpl). Paneelit asennetaan katon suuntaisesti eli niiden kaltevuus on noin 30 astetta. Katon ja paneelin välille voi halutessa jättää 150 mm tuuletusvälin, tämä parantaa paneelin suorituskykyä hieman. Molemmat paneelistot pitää kaapeloida samalla kaapelipoikkipinta-alalla ja kaapelointien tulisi olla samanpituiset.



Kuva 11. Erillisten paneelistojen DC-kaapelointien kytkentä verkkoinvertteriin. Toimitetaan tällä tavalla Tuorsniemen kohteessa. (www.kauko.com)

Molempien paneelistojen kytkennät tapahtuvat DC-kaapelointiin tarkoitettulla 6 mm² paneelikaapeleilla. Kaapelin valinnassa tulee olla tarkka, koska katolla ympäri vuoden oleva kaapeli on kovan rasituksen alla. Kaapelityypin valinnan lisäksi paneelien kaapelointien oikea mitoitus on tärkeää: liian pieni kaapelin poikkipinta-ala aiheuttaa tehohäviöitä johtimessa ja laskee koko järjestelmän tehokkuutta. Laskin käytettävän kaapelivahvuuden Adita Oy:n laskurilla. Järjestelmien molempien osien paneelit kytketään sarjaan, joten laskennassa käytettävä jännite muodostuu jokaisen kahden toista paneelin nimellisjännitteiden summasta. Tämän lisäksi käytetään järjestelmän osan kokonaistehoa, arviota tarvittavasta kaapelivahvuudesta sekä kaapeloinnin kokonaispituutta. Tässä järjestelmässä kaapelipituudet on noin 40 metriä järjestelmän molemmissa osissa. Tehohäviön valitussa johdinkoossa tulisi olla alle 10 %.

Taulukko 9. (www.adita.fi)

Syötä arvot	Tulokset
Laitteen käyttöjännite (V)	Jännitehäviö johtimissa
<input type="text" value="368"/>	0,96 v
Laitteen nimellisteho (W)	Tehohäviö johtimissa
<input type="text" value="3120"/>	8,10 w
Johtimen paksuus (mm ²)	Laitteen todellinen teho
<input type="text" value="6"/>	3103,77 w
Johtimen pituus (m)	Johtimien kuumeneminen
<input type="text" value="40"/>	0,20 w/m
<input type="button" value="Laske"/>	Jännitehäviö
	0,26 %

Kaapelikoon voi selvittää myös perinteisiä sähkötekniikan kaavoja käyttäen. Tiedossa tulee olla jännite (U), kaapelin ominaisresistanssi (ρ), kaapelin poikkipinta-ala (A) ja kaapelin kokonaispituus (l). Näiden avulla saadaan selville kaapelin vastus (R). (Kaava 1.)

$$R = \frac{\rho * l}{A} \quad (1.)$$

Resistanssiarvo (R) tarvitaan matkalla syntyvän tehohäviön selvittämiseksi.

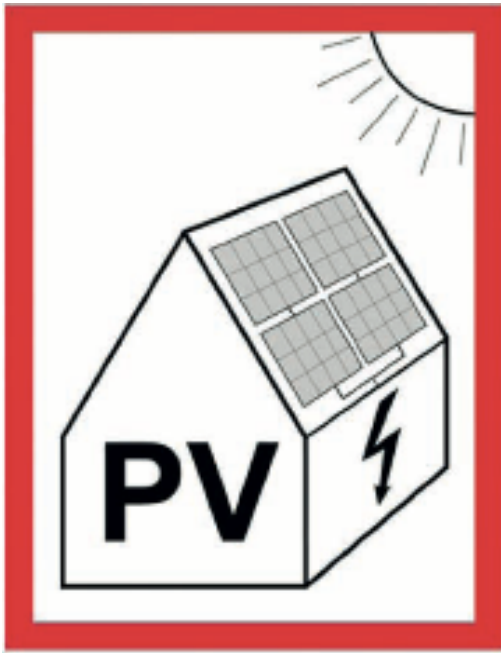
(Kaava 2.)

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (2.)$$

Liittiminä paneelien kytkennöissä käytetään aurinkosähköjärjestelmissä yleisimmin käytettyjä MC4 pikaliittimiä.

Järjestelmään on mahdollista asentaa jo valmiiksi niin iso verkkoinvertteri, että järjestelmän kokonaisteho on halutessa mahdollistaa kasvattaa entisestään myöhemminkin. Tällainen tilanne voisi tässä kohteessa olla esimerkiksi sellainen, että talvikauden aurinkosähkön tuotantoa haluttaisiin tehostaa asentamalla talon eteläseinälle siihen mahtuvat paneelit. Näin invertteriä ei tarvitse myöhemmin vaihtaa suuremmaksi. Toki tässä vaiheessa isompi invertteri tuo hankintaan lisää hankintakustannuksia.

Valitsin järjestelmässä käytettäväksi invertteriksi Fronius Symo 8,2 kW 3-vaihe vaihtosuuntaajan. Tämän kokoinen invertteri jättää järjestelmään noin kahden kilowatin laajennusvalmiuden. Verkkoinvertterin ja kiinteistön sähkökeskuksen väliin täytyy vaatimusten mukaan asentaa turvakytkin, jonka avulla järjestelmä voidaan erottaa verkosta huoltotöiden yms. ajaksi. Turvakytkimen tulee sijaita näkyvällä paikalla ja helposti käytettävissä. Sähkökeskukseen, johon aurinkopaneelit kytketään, on kiinnitettävä alla olevan kuvan mukainen tarra, joka varoittaa huoltotöitä tekevää henkilöä takajännitteen vaarasta.



Kuva 12.

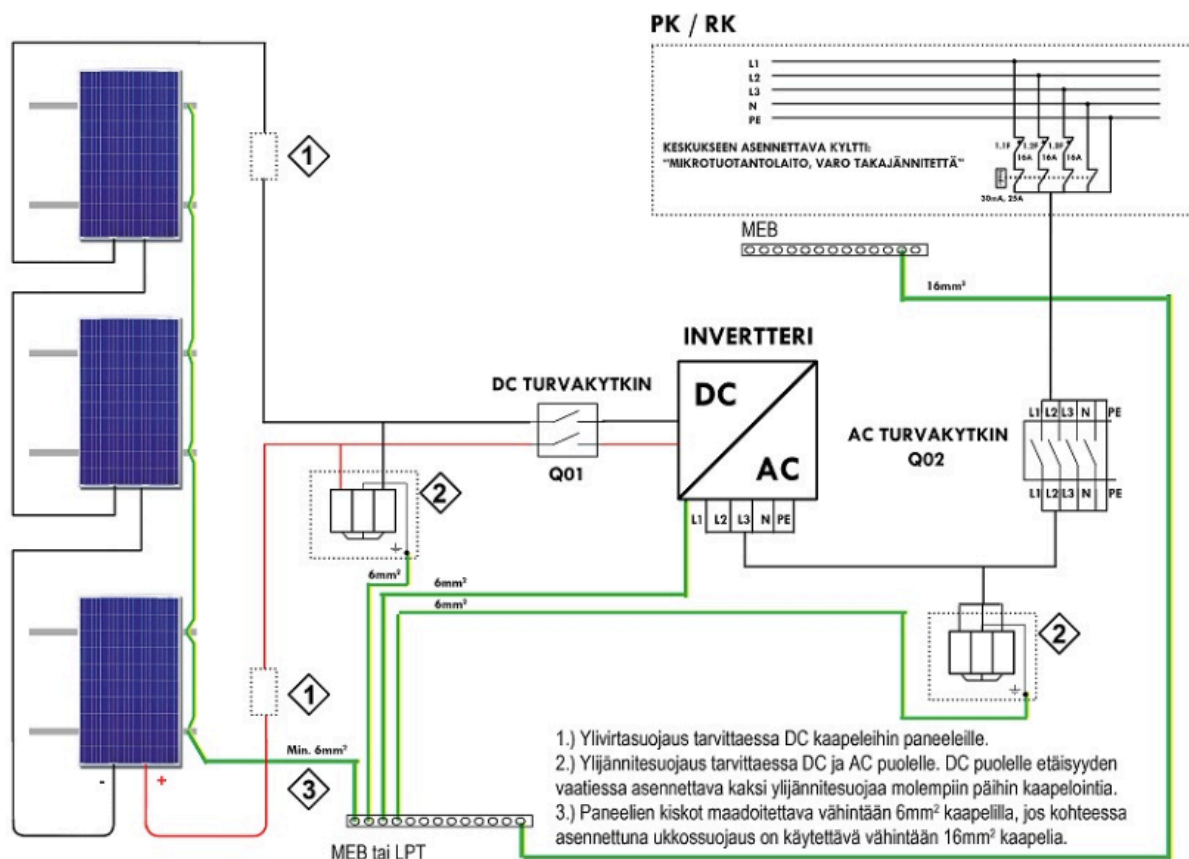


Kuva 13.

(Kuva 12.) Aurinkosähköjärjestelmästä ilmoittava merkki.

(ST-käsikirja 40. Lehto ym. 2017, 92)

(Kuva 13.) Turvakytkimet asennettuna verkkoinvertterin vaihto- ja tasajännitepuolille. (www.avitor.fi)



Kuva 14. On-grid-järjestelmän kytkentäkaavio (www.avitor.fi)

Yllä olevassa kuvassa Tuorsniemen kohteen aurinkojärjestelmän kytkentätapa. Tuorsniemessä tosin invertterin DC-puolelle liitetään siis kaksi erillistä paneeliryhmää, paneelistot ovat keskenään symmetrisiä. Kuvassa myös järjestelmän maadoituskäytännöt. Laitteisto liitetään kiinteistön päämaadoituskiskoon 6 mm² maadoitusjohtimella. Myös muihin järjestelmän osiin riittää 6 mm² kuparinen maadoitusjohtin. Jos kiinteistössä on ukkossuojus, tulee tällöin paneelien maadoitus tehdä vähintään 16 mm² johtimella.

Järjestelmän paneelistoille on suositeltavaa asentaa myös ylijännite- ja ylivirtasuojaukset. Paneelit itsessään eivät tuota suurta vikavirtaa, mutta esimerkiksi salama voi aiheuttaa järjestelmään suurenkin vikavirran. Asianmukaisella suojauksella saadaan suojattua järjestelmän komponentteja. Jos DC-puolen kaapelin virrankestoisuus on vähintään 1,25-kertainen paneelien oikosulkuvirtaan nähden, voidaan ylivirtasuojus tasajännitepuolella jättää pois. Tässä kohteessa aurinkopaneelien oikosulkuvirta on 8,9 A ja paneelikaapeleiden jatkuva virrankestoisuus 6 mm² kaapelil-

la on 43 A (D1-2012, taulukko 52.2). Ylivirtasuojaus on mahdollista jättää Tuorsniemessä tasajännitepuolella pois.

Vaihtojännitepuolella ylivirtasuoja on järkevää sijoittaa kiinteistön sähkökeskukseen. Johdonsuoja-automaatin mitoitus tapahtuu vaihtojännitepuolen virran mukaan jakamalla invertterin nimellisteho paneelien kokonaisjännitteellä;
 $I = P / U$. Opinnäytetyökohteeni järjestelmän molemmat paneelistot suojataan 25 A johdonsuoja-automaatilla.

$$8200 \text{ W} / 368,4 \text{ V} = 22,26 \text{ A} \Rightarrow \text{valitaan } 25 \text{ A ylivirtasuojat}$$

5.3.1 Aurinkoenergian arviolaskelma

Aurinkoenergian kannattavuuden laskemiseksi on kehitetty useita energialaskureita, joita asiasta mitään tietämättömänkin on helppo hyödyntää aurinkovoimalan rakentamista suunniteltaessa. Yleensä hankinnan kannattavuus riippuu laitteiston koosta mitoitettuna suhteessa kiinteistön sähkön tai lämmönkulutukseen. (Finsolar 2017)

Seuraavassa esimerkkilaskelmassa on hyödynnetty Sun Energia Oy:n laskuria. Tämä suomalainen yritys käyttää palvelussaan Maanmittauslaitoksen, Tilastokeskuksen ja Ilmatieteenlaitoksen tietoja. Maanmittauslaitoksen tiedot selvittävät kohteen sijainnin niinkin tarkasti, että rakennusten kattojen korkeus ja kaltevuus ovat käytettävissä. Lisäksi tietoja löytyy jopa pihojen puista eli aiheutuuko niistä varjostuksia kiinteistön mahdollisille aurinkopaneeleille. Vallitsevista sääolosuhteista ja niiden vaihtelusta yritys saa tietonsa Ilmatieteenlaitokselta. Näiden tietojen avulla yritys arvioi ennakoita mahdollisen energiantuotannon rakennuksen katolla, jos asiakas päätyy aurinkovoimalan hankintaan. (Perälä 2017, 25)

Laskurit ovat vapaasti käytettävissä Creative Commons-lisenssin mukaisesti (www.finsolar.net).

Taulukko 10. Internetin arviolaskelma tutkielmani projektikohteen sijainnilla. (<http://map.sunenergia.com/start>)

Olemme kartoittaneet rakennuksesi! [? Lue lisätietoja](#)

Kattosi pinta-ala on **119 m²**, josta aurinkoenergian tuotantoon soveltuvaa alaa on **100 m²**. Tällä alalla tuottamasi aurinkosähkön vuotuinen kokonaismäärä olisi **15869 kWh**

Tuottamallasi vuosittaisella aurinkoenergialla

Ajaisit sähköautolla	74680 km
Lämmittäisit saunan	5 kertaa päivässä
Matkustaisit lentokoneella	17282 km
Vähennät CO ₂ päästöjäsi	3491 kgCO ₂

Yllä olevan laskelman tiedot antaa karkean arvion Tuorsniemen kohteen mahdollisesta aurinkoenergian tuotosta vuositasona jos koko kattopinta-ala päällystettäisiin aurinkopaneeleilla. Todellisuudessa kuitenkin tämänlaisia asennuksia ei tehdä, vaan paneelien asennuksessa hyödynnetään pienempää aluetta. Arvio 15 869 kWh ylittää projektikohteen tämänhetkisen vuosikulutuksen lähes neljällä tuhannella kilowattitunnilla, joten miltei koko kattopinta-alan peittäväillä aurinkopaneeleilla verkkoon takaisinsyöttöä kertyisi kohtuuttoman paljon. Etenkin otettaessa huomioon, että suurin tuotto on mahdollista tehdä kesäpäivien aikaan, jolloin sähkönkulutus on kiinteistössä pientä. Ohjelma antaa kuitenkin hyvän arvion potentiaalisesta tuotosta, ja varsinkin ohjelman käytettävissä olevat tiedot mahdollisista varjostuksista ovat huomioon ottamisen arvoisia.

5.3.2 Osajärjestelmä

Aurinkopaneelit: 24 kpl Amerisolar 260 Wp AS-6P30-260

168 €/kpl (sis. ALV 24 %) Yht. 4032 €

Taulukko 11. Kohteessa käytettävien paneelien tiedot.

Aurinkopaneeli	Amerisolar AS-6P30-260
Teho	260 Wp
Avoimen virtapiirin jännite, (Voc)	38,2 V
Oikosulkuvirta I _{sc}	8,90 A
Max. tehollinen jännite (V _m)	30,7 V
Max. tehollinen virta (I _m)	8,47 A
Hyötysuhde	15,98 %
Paino	19,5 kg
Mitat	1650x991x40 (mm)

Verkkoinvertteri: Fronius Symo 8.2-3-M (8.2 kW)

Yht. 2663,89 € (sis. ALV 24 %)



Kuva 14. (www.mg-solar-shop.de)

DC-kaapeli: Aurinkopaneelikaapeli 2x6mm² (n. 80m) + aurinkopaneelien MC4-liittimet (IP67)



Kuva 15. Paneelikaapeli ja MC4-liittimet (ST-käsikirja 40. Lehto ym. 2017, 57)

Turvakytkin: Katko KEM340U DC Y/R (2 kpl) + AC-turvakytkin (2 kpl)



Kuva 16. (www.katko.fi)

Johdonsuoja-automaatti: 1-napainen, 6 kA, C 25 A (2 kpl)



Kuva 17. (www.ensto.com)

5.4 Arvio säästöistä vuositasolla

Kiinteistön sähkölaitteiden kulutus pyritään jakamaan aina tasaisesti jokaisen sähköverkon vaiheen välille (L1,L2,L3). Tuorsniemessä molemmat aurinkopaneelistot voisivat korvata esimerkiksi L1 ja L2 vaiheiden kulutuslaitteiden ottamaa sähköä. Jos paneelit kytketään kiinteistön sähkökeskukseen tällä tavalla, voi molemmilla lappeilla tuottavat paneelit parhaimmillaan kerryttää taloudessa lähes 300 euron säästön vuositasolla. Keskikesän parhaimpiin tuotantoaikoihin jäisi vielä mahdollisuus kuluttaa sähköä enemmänkin kuin näiden laskelmien kulutustiedoissa, ja silti vaiheen kulutus voitaisiin korvata aurinkosähköllä jopa kokonaan. Talossa tällä hetkellä käytössä olevat sähköiset lattialämmitykset esimerkiksi olisivat edullisia käyttää, kun niitä syöttäviin vaiheisiin olisi liitetty myös aurinkopaneelit. Myös talossa olevan 1-vaiheisen ilmalämpöpumpun käyttö olisi edullista aivan kylmintä keskitalvea lukuun ottamatta. Järjestelmä tekisi talon sähköisen lämmittämisen kannattavammaksi, ja lämmittämisessä käytetty öljyn määrä vähenisi. Alla olevassa taulukossa esitetty teoreettinen säästömahdollisuus kiinteistön ensimmäiseen ja toiseen vaiheeseen liitetyillä aurinkopaneeleilla.

Taulukko 12. Rahallinen säästö kiinteistön sähköjakelun vaiheilla L1 ja L2.

	Kokonais- kulutus	L1 - kulutus (kWh / kk)	L1 - tuotto (kWh / kk)	L1 säästö (€ / kk)	L2 - kulutus (kWh / kk)	L2 - tuotto (kWh / kk)	L2 säästö (€ / kk)
Tammikuu	1255,9	418,6	14,6	1,50	418,6	14,6	1,5
Helmikuu	936,7	312,2	59,2	5,9	312,2	59	5,9
Maaliskuu	1022,8	340,9	148	14,8	340,9	147	14,7
Huhtikuu	851,6	283,9	264	26,4	283,9	262	26,2
Toukokuu	688,9	229,6	364	23	229,6	362	23
Kesäkuu	540,5	180,2	363	18	180,2	361	18
Heinäkuu	529	176,3	356	17,6	176,3	355	17,6
Elokuu	508	169,3	253	16,9	169,3	252	16,9
Syyskuu	554,8	184,9	149	14,9	184,9	149	14,9
Lokakuu	836,6	278,9	66,1	6,6	278,9	66	6,6
Marraskuu	1284,5	428,2	19	1,9	428,2	18,9	1,9
Joulukuu	1394,8	464,9	6,63	0,7	464,9	6,62	0,7
YHTEENSÄ	10404,1	3467,9	2060	148,2	3467,9	2050	147,9

TEOREETTINEN SÄÄSTÖ 296,10 € / vuosi

6 PÄÄTELMÄT JA TULOKSET

Nykypäivänä auringon hyödyntäminen energianlähteenä on suosittua ympäri maailmaa. Aurinkoenergian käyttöön löytyy lukuisia toiminta- ja toteutustapoja eri käyttötarkoituksiin. Se sopii mainiosti niin pieni- kuin isokulutteiseenkin kohteeseen. Aurinkoenergiaa voi yhtä hyvin käyttää niin yritykset kuin yksityisetkin henkilöt. Omiensa tarpeiden kartoitus on ensisijaisen tärkeää aurinkosähkön tuotannon suunnittelussa. Ilman asiantuntijan laatimaa suunnitelmaa aurinkosähköjärjestelmä tuskin saavuttaa parasta tuottokapasiteettiaan.

Uusiutuvana energianlähteenä aurinko on vaivaton käyttää ja mielestäni sijoituksena taloudellinen ja ekologinen. Nykymaailmassa uusiutuvan energian käyttö on tärkeää ja on hienoa, että aurinkosähköjärjestelmän hankintaan on mahdollista saada tukea valtiolta. Tämä kannustaa yksityishenkilöitä siirtämään edes osan sähkönkulutuksestaan auringon varaan. Järjestelmien kysyntä tulee kasvamaan tulevaisuudessa ja todennäköisesti alan tarjonta laajenee kysynnän mukaan.

Aurinkosähkö sopi tämän projektin kiinteistöön hyvin, sillä kohteessa on tarkoitus hyödyntää aurinkoenergiaa monipuolisesti. Näin ollen aurinko on mainio tehonlähde kiinteistössä käytettäviin sähkölaitteisiin. Suunnittelemani osajärjestelmän kokonaiskustannus on noin 8000 euroa, jossa ei ole huomioitu asennuskustannuksia ja kotitalousvähennystä. Tällä laitteistolla kiinteistön sähkönkulutuksesta on mahdollista korvata lähes 3000 kWh/vuosi. Tämä tarkoittaa noin 300 euron säästöä vuosittain.

Verkkoon liitetyissä järjestelmissä sähkönkulutuspiikit tulisi pyrkiä sijoittamaan keskipäivien valoisimpiin aikoihin maksimoiden järjestelmän kannattavuus. Tässäkin kohteessa auringon energian hyödyn optimoimiseksi akusto olisi kannattava lisä käytettäväksi. Kuitenkaan On-grid-järjestelmiä ei ole vielä muutamaa poikkeustapausta lukuun ottamatta rakennettu akustoon liitettynä, joten sen hyödyntämiseen ei tässä järjestelmäsuunnittelussa lähdetty. Akusto tuo järjestelmään lisää komponentteja ja sitä kautta hankintakustannuksia. Lisäksi akkujen pitäminen parhaassa toimintakunnossa vaatii paljon huoltoa ja niiden kunnan tarkastelua. Samalla on otettava huomioon akkujen vaatima tekninen tila.

Järjestelmän suunnittelu kohteeseen oli mielenkiintoista ja opettavaista. Työn edessä käsitykseni aurinkosähköstä ja sen kannattavuudesta on laajentunut ja syventynyt. Suunnitellessani kohteen aurinkosähköjärjestelmää huomasin, kuinka oleellista on kokonaissähkökulutuksen tarkastelun lisäksi ymmärtää, mistä tekijöistä kokonaissähkökulutus muodostuu. Näin tuotevalinnoilla on mahdollista vaikuttaa järjestelmän kannattavuuteen.

Kuluttajien kannalta aurinkoenergia on vielä tuore ilmiö. Tästä syystä kirjallisuus aiheeseen liittyen on vielä perustietotasoista ja toistavat toinen toisiaan. Siksi hyödynsin opinnäytetyössäni runsaasti verkkolähteitä saadakseni kattavampaa ja syvempää tietoa aurinkoenergiasta. Verkkolähteiden käytössä on muistettava lähdekritiikki, sillä materiaalia aiheesta löytyy paljon. Jatkossa olisi mielenkiintoista vertailla lisää eri järjestelmätyyppien eroavaisuuksia ja kannattavuutta. Järjestelmien kehittyessä entisestään lisätehonlähteiden käyttömahdollisuudet tulevat varmasti monipuolistumaan.

LÄHTEET

adita.fi. 2017. Viitattu 27.10.2017. <https://www.adita.fi/alasivut/kaapelilaskuri/>

aurinkoenergiaa.fi. 2016. Viitattu 29.9.2017.
<http://www.aurinkoenergiaa.fi/aurinkoenergiaa.html>

aurinkovirta.fi. Viitattu 18.10.2017.
<http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/verkkoinvertteri/>

avitor.fi. 2016. Viitattu 26.10.2017. <http://www.avitor.fi/aurinkosahko.html>

ensto.com. Viitattu 28.10.2017.
<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkokeskukset/komponentit/johdonsuojakatkaisijat-ruuviliittimilla/eec61.25>

Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C., Peippo, K., Peltola, S. & Suokivi, H. 2008. Aurinko-opas: aurinkoenergiaa rakennuksiin. Aurinkotekniikan Yhdistys ry.

finsolar.net. 2017. Viitattu 8.10.2017. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>

www.mg-solar-shop.de. Viitattu 28.10.2017.
<https://www.mg-solar-shop.de/solar-inverter/Fronius-solar-inverter/Fronius-Symo-8-2-3-M-inverter.html>

Isosaari, K. 2012. Mistä energia taloon? Omakotiasujanenergia-ja ympäristöopas. Helsinki: Otavamedia Oy.

jn-solar.fi. Viitattu 15.10.2017. <https://www.jn-solar.fi/fi/verkkoinvertterit/431-sma-sunny-tripower-5000-tl-20-verkkoinvertteri.html>

katko.fi. Viitattu 26.10.2017.
http://www.katko.fi/fi/tuotteet?product_group=92&product=1843

kauko.com. Viitattu 26.10.2017.
<https://www.kauko.com/hubfs/pdf/category/energy/aurinkosähkö/Fronius%20ohje.pdf>

lämpötekniikka.fi. Viitattu 3.10.2017. <http://www.lämpötekniikka.fi/aurinkosahko-ja-lammitys/>

Lehto, I., Liuksiala, L., Lähde, P., Olenius, M., Orrberg, M. & Ylinen, M. 2017. ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähköinfo Oy.
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/6682?search=aurinkosahko#>

map.sunenergia.com. Viitattu 8.10.2017. <http://map.sunenergia.com/start>

motiva.fi. 2016. Viitattu 18.10.2017.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_perusteet/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen

Perälä, R. 2017. Aurinkosähköä. Tallinna: Alfamer/Karisto Oy.

Pori Energian verkkosivut. 2017. Viitattu 14.10.2017.

https://www.porienergia.fi/Global/PESV%20dokumentit/ohje_tuotannon_liittamisesta_jakeluverkkoon_paivitetty_20160427.pdf

solargis.com. 2016. Viitattu 17.9.2017. <http://www.solargis.com>

solen.fi. Viitattu 7.10.2017. <https://solen.fi/miksi-aurinkosahko/>

Tahkokorpi, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into kustannus

yle.fi. 2014. Viitattu 2.10.2017. <https://yle.fi/uutiset/3-7525430>

LIITE 1

Energiateollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake

MIKROTUOTANTOLAITTEISTON LIITTAMINEN VERKKOON

Tällä lomakkeella asiakas ilmoittaa verkkoyhtiölle tiedot nimellisteholtaan enintään 100 kVA tuotantolaitteiston sähköverkkoon liittämistä varten. Lomakkeen voi antaa täytettäväksi laitteiston toimittajalle ja/tai laitteiston kytkevalle sähköurakoitsijalle. Sähkötuotannon aloittamiseen tulee tämän lomakkeen lähettämisen lisäksi saada erikseen lupa verkkoyhtiöltä.

1. YHTEYSTIEDOT

Tuotantolaitoksen omistaja	Henkilötunnus tai Y-tunnus	
Sähköposti	Puhelinnumero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Liittymän osoite (tuotantolaitoksen sijaintipaikka)	Postinumero	Postitoimipaikka
Käyttöpaikan numero (löytyy sähkösiirtolaskulta)		
Yhteyshenkilö (jos muu kuin tuotantolaitoksen omistaja)	Sähköposti	
	Puhelinnumero	

2. TUOTANTOLAITTEISTON PERUSTIEDOT

Tuotantomuoto: Aurinko, Tuuli, Biokaasu, Diesel, Vesi Muu, mikä?

Verkkoonliitantalaitteiden (invertteri/vaihtosuuntaaja) valmistaja, määrä ja malli

Tuotantolaitteiston nimellisteho kVA/kW

(suurin mahdollinen laitteistosta sähköverkkoon siirtyvä teho)

Tuotantolaitteiston enimmäisvirkavirta A

(laitoksen suurin mahdollinen virta)

Laitteiston kytkentä Kolmivaiheinen Yksivaiheinen, merkitse vaihe L1 L2 L3

Liittymän **mitattu** oikosulkuvirta A (pääkeskus tms.)

Sähkövaraston kapasiteetti ja teho kWh kW

Käyttöpaikkaan on liitetty sähkövarasto (akku)

3. TUOTANTOLAITTEISTON TEKNISET TIEDOT

3.1. Tuotantolaitteiston suojaus (valitse **YKSI** seuraavista vaihtoehdoista)
Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset, mukaan lukien verkkoonliitantalaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) suojausasettelut ja irtikytketymsijaj

Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438, Suomen asetukset
(sama kuin Energiategollisuus ry:n suositus 2016, tekninen liite 1)

Saksalainen vaatimuskirje VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)

HUOM! VDE V 0126 1-1 ei ole hyväksyttävä

Jokin muu

HUOM! Jos valitset tämän vaihtoehdon, täytä myös lomakkeen kohta 8.

3.2. Tuotantolaitteiston erottaminen

Vakuutan, että tuotantolaitteisto on erotettavissa erillisellä erotuskytkimellä, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy (esim. talon ulkoseinällä, ei lukitussa tilassa)

Erotuskytkimen sijainti (esim. talon ulkoseinällä pääoven vieressä)

Liittymän sähkökeskuksilla on varoituskyttilt takasyöttövaarasta ja opastus laitteiston irtikytkemiselle

4. TUOTETUN SÄHKÖN VERKKOONSYÖTTÄMINEN

5. TUOTANTOLAITTEISTON ASENTAJAN/URAKOITSIJAN TIEDOT

(tuotantolaitteiston sähköverkkoon kytkevä urakoitsija täyttää)

Urakoitsija toimittaa asiakkaalle laitteistoa koskevan käyttöönottotarkastuspöytäkirjan. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on pyydettyä toimitettava verkonhaltijalle.

6. LISÄTIEDOT

Verkkoyhtiöt voivat tämän lomakkeen lisäksi pyytää myös muita tarvitsemiaan tietoja tai lomakkeita laitteistosta ja sen liittamisestä. Lisätietoja saat verkkoyhtiöltäsi.

7. ALLEKIRJOITUS

Lomakkeen voi allekirjoittaa tuotantolaitoksen omistaja tai hänen valtuuttamansa taho, kuten sähköurakoitsija

Verkkoyhtiön sähköverkkoon siirtyvän sähkön ostaja (yhtion nimi)		
Sähkön siirto käyttöpaikalta sähköverkkoon on teknisesti estetty (sähkön ostajaa ei tarvita)		
Sähköurakoitsija	TUKES-numero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti

Lisätietoja

Vakuutan antamani tiedot oikeiksi
Päivämäärä ja paikka Allekirjoitus ja nimenselvennys

8. Tuotantolaitteiston verkkoonliitännälaitteen suojausasettelut ja irtikytkemismisajat

*HUOM! Täytä tämä osa vain, jos valitsit kohdassa 3. vaihtoehdon Jokin muu
HUOM! Verkonhaltijalla on oikeus olla hyväksymättä verkkoonsa tuotantolaitteistoja, joiden suojauksen soveltuvuutta verkkoon ei voida varmistaa.*

Verkkoonliitännälaitteen suojausasettelu noudattaa standardia:					
Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika	Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika
Ylijännitesuojaus 1			Ylitaajuussuojaus 1		
Ylijännitesuojaus 2*			Ylitaajuussuojaus 2*		
Alijännitesuojaus 1			Alitaajuussuojaus 1		
Alijännitesuojaus 2*			Alitaajuussuojaus 2*		
* jos on					
Tuotantolaitteiston automaattinen tahdistumisaika verkkojännitteen palaututtua s					
Saarekekäytönestosuojauksen (Loss of Mains) toteutustapa ja toiminta-aika					
Tuotantolaitteisto on CE-merkitty					