



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# AURINKOENERGIAN NYKYTILANNE SUOMESSA SEKÄ HYBRIDIKERÄIMIEN MITOITUS MODUULEIKSI

Kirjallinen selvitys Suomen Ekoenergia Oy:lle

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Energia  
Opinnäytetyö  
Syksy 2014  
Akseli Jäävuori

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikka

JÄÄVUORI, AKSELI:

Aurinkoenergian nykytilanne Suomessa  
sekä hybridikeräimien mitoitus  
moduuleiksi  
Kirjallinen selvitys Suomen Ekoenergia  
Oy:lle

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 44 sivua, 4 liitesivua

Syyskuu 2014

TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö on suunnittelu- ja kehittämistyö Suomen Ekoenergia Oy:lle. Työ koostuu kirjallisesta katsauksesta sekä mitoitusosuudesta.

Tavoitteena oli luoda yleiskatsaus aurinkoenergian käytöstä Suomessa sekä tutkia sen kehitystä. Lisäksi tavoitteena oli mitoittaa hybridikeräimiä erikokoisiksi moduuleiksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kirjallisuusselvitys, jota voitaisiin käyttää Suomen Ekoenergia Oy:n tarpeisiin esimerkiksi asiakkaille jaettavana infopakettina. Mitoitusosuudessa oli tarkoitus mitoittaa hybridikeräimiä erikokoisiksi moduuleiksi ja määrittää, minkä kokoisiin kohteisiin kyseiset moduulit sopivat.

Kirjallisuusselvityksessä tutkittiin aurinkoenergian käyttöä Suomessa. Selvityksessä tutkittiin Suomessa käytettäviä tekniikoita, mainittiin merkittäviä aurinkoenergiakohteita Suomessa ja tutkittiin maantieteellisiä etuja ja haittoja. Lisäksi katsastettiin aurinkoenergian käyttöön liittyviä ongelmia sekä tulevaisuuden hankkeita ja mahdollisuuksia.

Mitoitusosuudessa hybridikeräimistä koostettiin kaksi erikokoista moduulia. Mitoituksissa laskettiin vuosittaiset ja kuukausikohtaiset sähkön- ja lämmöntuotannot, nestevirtaamat sekä kuukausikohtaiset lämpimän käyttöveden tuotantoluvut. Lisäksi määritettiin sopivat kohteiden koot lämpimän käyttöveden tuotannon mukaan. Pääpaino laskelmissa oli lämmöntuotannossa, koska sähköntuotanto jää hybridikeräimillä suhteessa vähäisemmäksi.

Asiasanat: aurinkoenergia, aurinkopaneeli, aurinkokeräin, hybridikeräin, PV, PV-T

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

JÄÄVUORI, AKSELI:

The current status of solar energy utilization in Finland and dimensioning of solar hybrid collectors to modules  
A literary study for Suomen Ekoenergia Oy

Bachelor's Thesis in environmental engineering, 44 pages, 4 pages of appendices

Autumn 2014

ABSTRACT

---

This Bachelor's thesis is a planning and development study for Suomen Ekoenergia Oy. The study consists of a literature survey and a dimensioning study.

The objective of the study was to create an overview of solar energy utilization in Finland and to examine its development. Another objective was to dimension hybrid pv-t-collectors (photovoltaic-thermal) to different sizes of modules.

The aim of the literature survey was that it could be utilized in Suomen Ekoenergia's needs, for example for informative material that could be handed over to customers. The aim of the dimensioning study was to match solar hybrid panels to different sizes of modules and to determine what would be a suitable target site for these modules.

For the literary study the utilization of solar energy in Finland was studied. The solar technologies currently used in Finland were presented, some significant solar sites were mentioned and some geographical pros and cons were reviewed. In addition to that, some problems of solar power utilization and future possibilities were reviewed.

In the dimensioning part of the study, the hybrid collectors were compiled into different sizes of modules. The annual and monthly electricity and heat production values, flowing capacities and monthly warm water generation values of the modules were calculated. Appropriate sizes of sites were then determined for the modules with these values. The heat production values were the main point in the calculations, because with hybrid collectors the electricity generation values are smaller in relation to heat production values.

Key words: solar energy, solar panel, solar collector, solar hybrid collector, PV, PV-T

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	AURINKOENERGIAN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET SUOMESSA	2
3	AURINKOSÄHKÖTEKNIIKAT	4
3.1	Kennotekniikat	5
3.1.1	1. sukupolven aurinkokenno	5
3.1.2	2. sukupolven aurinkokenno	5
3.1.3	3. sukupolven aurinkokenno	6
4	AURINKOLÄMPÖTEKNIIKAT	7
4.1	Keräintekniikat	7
4.1.1	Tasokeräin	8
4.1.2	Tyhjiöputkikeräin	9
4.1.3	Itserakennetut keräimet	10
4.1.4	Ilma-aurinkovaraaja	11
5	HYBRIDIKERÄIN (PV-T)	12
6	TUTKIMUSTULOKSIA SUOMESTA	15
6.1	Tuotantolukemia Suomesta	15
7	AURINKOENERGIAKOHTEITA SUOMESSA	20
7.1	Astrum-liikekeskus, Salo	20
7.2	ABB Oy, Helsinki	20
7.3	Harjulan settlementti, Lahti	21
8	MERKITTÄVIÄ TULEVAISUUDEN HANKKEITA SUOMESSA	23
8.1	Helsingin Energia, Helsinki	23
8.2	Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta	23
9	NYKYTILANTEEN ONGELMIA	24
9.1	Varastointi	24
9.1.1	Aurinkosähkön varastointi	24
9.1.2	Aurinkolämmön varastointi	24
9.2	Käytännön ongelmat	25
9.3	Lainsäädännölliset ongelmat	25
10	TULEVAISUUS, NYKYTILANTEEN PARANTAMINEN	26

10.1	Älykäs sähköverkko	27
11	MITOITUS	29
12	VOLTHER-HYBRIDIKERÄIMET	30
12.1	PowerVolt	30
12.2	PowerTherm	30
13	YHDEN JÄTTIKERÄIMEN MODUULI	31
13.1	Yhden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, lämpö	31
13.2	Yhden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, sähkö	34
13.3	Mitoituksellisesti sopivia kohteita	35
14	VIIDEN JÄTTIKERÄIMEN MODUULI	36
14.1	Viiden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, lämpö	36
14.2	Viiden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, sähkö	36
14.3	Mitoituksellisesti sopivia kohteita	37
15	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	44

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tiivis yleiskatsaus aurinkoenergian käytöstä Suomessa sekä mitoittaa hybridikeräimiä erikokoisiin kohteisiin sopiviksi moduuleiksi. Mitoitusosuuden tarkoituksena oli määrittää hybridikeräimien tuotantolukemia Suomeen rakennettavissa kohteissa. Saatuja lukemia voidaan jatkossa käyttää rakennettavien kohteiden kannattavuuslaskelmien pohjana. Tämä opinnäytetyö koostuu kirjallisesta katsauksesta sekä mitoitusosuudesta.

Kirjallisessa katsauksessa esitellään aurinkoenergian käyttömahdollisuuksia Suomessa ja käsitellään aurinkoenergiatekniikat tiivistetysti. Lisäksi esitellään tutkimustuloksia Suomesta sekä merkittäviä nykyisiä- ja tulevaisuuden aurinkoenergiakohteita. Lopuksi luodaan yleiskatsaus nykytilanteen ongelmiin ja niiden ratkaisuun. Mitoitusosuudessa hybridikeräimistä koostetaan sopivan kokoisia moduuleja ja määritetään minkä kokoisiin kohteisiin ne sopivat parhaiten. Keräimistä koostettiin kaksi erikokoista moduulia, joiden lämmön- ja sähköntuotantolukemat, lämpimän käyttöveden tuotantolukemat ja virtaamat määritettiin laskemalla.

Mitoitus tehtiin, koska hybridikeräimien käyttö on tällä hetkellä hyvin vähäistä ja hybridikeräimiin liittyvä pohjatyö oli tarpeellista Suomen Ekoenergia Oy:lle. Kirjallista katsausta yritys tarvitsi markkinointitarkoituksiin. Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Suomen Ekoenergia Oy.

## 2 AURINKOENERGIAN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET SUOMESSA

Aurinkoenergian hyödyntämistä on mahdollista lisätä Suomessa huomattavasti sekä lämmön että sähkön tuotannossa. Erityisesti hajautetussa uusiutuvan energian tuotannossa on merkittäviä uusia liiketoimintamahdollisuuksia.

Ainoastaan keskitalvi, joului-tammikuu, on aikaa, jolloin auringon säteilyä ei juuri saada talteen (Motiva 2014a).

Suomessa aurinkosähkön ja -lämmön tuotanto on vielä vähäistä. Vuonna 2010 aurinkoenergialla tuotettiin noin 5 GWh sähköä ja noin 11 GWh lämpöä. Sähkön pientuotanto on painottunut sähköverkon ulkopuolisiin kohteisiin, kuten vapaa-ajan asuntoihin ja tukiasemiin, sekä suurempiin yksiköihin, kuten erilaisiin demonstraatiolaitteistoihin. Aurinkolämmön ja –sähkön jakautuminen on esitetty tarkemmin kuvion Motivan julkaisemassa tilastossa (kuvio 1).



KUVIO 1. Aurinkolämmön ja -sähkön tuotannon kehitys Suomessa (Motiva 2014a)

Aurinkoenergiaa on mahdollista hyödyntää sekä aktiivisesti että passiivisesti. Aktiivisessa hyödyntämisessä auringon säteily muunnetaan joko sähköksi aurinkopaneeleilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä. Passiivinen aurinkoenergian käyttö tarkoittaa auringon lämmön tai valon hyödyntämistä ilman erillistä laitetta.

Tämä tarkoittaa esimerkiksi valon ja lämmön hyväksikäyttöä kattoikkunan kautta.  
(Motiva 2014a.)

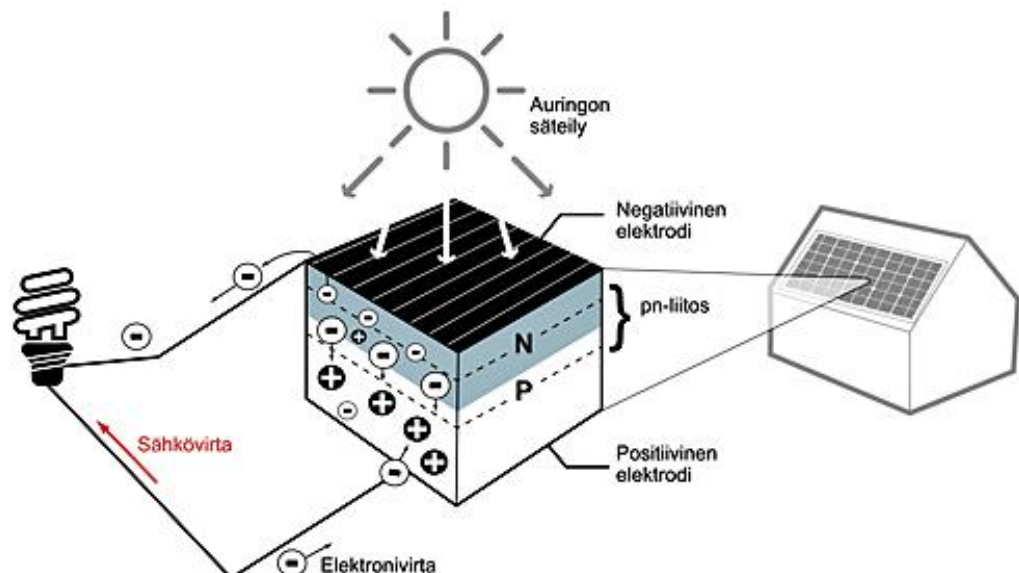
Tässä työssä keskitytään tekniikan kuvauksissa lähinnä aurinkoenergian aktiivisen hyödyntämisen tarkasteluun.



### 3 AURINKOSÄHKÖTEKNIKAT

Suomessa aurinkosähköjärjestelmiä on tähän viime vuosiin asti käytetty lähinnä kohteissa, joissa verkkosähköä ei ole saatavilla. Verkkoon kytketyt järjestelmät yleistyvät kuitenkin koko ajan, sillä aurinkosähköjärjestelmä on periaatteessa helppo yhdistää yleiseen sähköverkkoon kytketyn järjestelmän kanssa. Aurinkosähköllä voidaan tuottaa merkittävä osa kotitalouden sähköstä. (Motiva 2014a.)

Aurinkosähköä tuotetaan aurinkopaneeleilla, jotka koostuvat aurinkokennoista, joissa auringonsäteiden energia aiheuttaa jännitteen. Auringonsäteily koostuu fotoneista, jotka vapauttavat puolijohdemateriaaliin osuessaan sen elektroneja. Säteilyn kykyä irrottaa elektroneja kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi. Tämän hetken eniten käytetyt kaupalliset aurinkokennot eli kiteiset piikennot ja ohutkalvokennot on muodostettu kahdesta erityyppisestä puolijohdemateriaalista (p-tyyppi ja n-tyyppi). (Motiva 2014a.) Kuviossa 2 on esitetty pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate. Nykyisillä yleisesti käytetyillä aurinkopaneeleilla säteilyn määrästä noin 15 prosenttia saadaan muutettua sähköksi (Epia 2014).



KUVIO 2. Pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate (Motiva 2014a)

### 3.1 Kennotekniikat

Aurinkosähköjärjestelmissä käytettävät tekniikat ovat kiteinen piikkenno, ohutkalvotekniikka, väriainekennot ja orgaaniset aurinkokennot. Piikkenno, eli niin sanottu ensimmäisen sukupolven kenno, on yleisin. Yksikiteisen piikennon osuus järjestelmistä on noin 85–90 %. Loput 10–15 % ovat ohutkalvotekniikkaa (niin sanotun toisen sukupolven kenno), ja orgaanisten aurinkokennojen osuus on noin yksi prosentti. (Villico 2012.)

#### 3.1.1 1. sukupolven aurinkokenno

Yksi- ja monikiteisiä piikkennoja kutsutaan 1. sukupolven aurinkokennoiksi. Kiteisen (toisin sanottuna amorfisen) piikennon hyötysuhde on yli 20 prosenttia. Pii on helposti saatavilla oleva aine, mutta sen muuttaminen kiteiseksi piiksi on todella energiaintensiivinen prosessi ja vaatii puhdistusta, jotta sitä voidaan käyttää aurinkokennosovelluksiin. Piillä on suhteellisen hyvä valon absorptiokyky, tekniikka on luotettavaa kehittyntä. (Villico 2012.)

Auringon valon heijastushäviöt on pystytty poistamaan uudella tekniikalla, jossa kennojen pintaan on lisätty pieniä, nanomittakaavan rakeita. Samalla piikennon hyötysuhde on parantunut. (Suomen Akatemia 2013.)

#### 3.1.2 2. sukupolven aurinkokenno

Ohutkalvotekniikassa on pyritty ohentamaan kennoa ylläpitäen samaa tehoa, jotta perinteisten piipohjaisten kennojen materiaalikustannuksia pystyttäisiin laskemaan. Ohutkalvokennomateriaalien parhaat hyötysuhteet ovat tähän mennessä olleet kymmenen prosentin tienoilla. Ohutkalvokenno kestää piikennoa paremmin varjoa, mutta hyötysuhde on heikompi. Näin ollen ohutkalvokennolla tuotettu sähkö on suhteessa kalliimpaa ja monet toimittajat ovatkin luopuneet tekniikasta. (Villico 2012.)

### 3.1.3 3. sukupolven aurinkokenno

Kolmannen sukupolven aurinkokennot ovat niin sanottuja väriainekenoja, jotka jäljittelevät kasvien yhteyttämistä. Tässä suhteessa 3. sukupolven kennot eroavat 1. ja 2. sukupolven kennoista, jotka perustuvat valosähköiseen ilmiöön ja puolijohteiden aikaansaamaan sähkökenttään. 3. sukupolven kennoissa elektronien liikkeet perustuvat kemiallisiin ilmiöihin. Kennojen etuna on, että niissä käytettävät perusmateriaalit ovat helposti saatavilla ja kennot ovat yksinkertaisia rakentaa. Hyötysuhde on saatu parhaimmillaan yli kymmeneen prosenttiin. Lisäksi tutkitaan esimerkiksi foliolle tai muoville työstettäviä taipuisia kennoja. Taipuisien kennojen hyötysuhde jää noin kuuteen prosenttiin. Väriainekenoja povataan piikennojen ainoaksi kilpailijaksi. (Tekniikka & Talous 2013.)

## 4 AURINKOLÄMPÖTEKNIIKAT

Aurinkokeräimillä tuotetaan aurinkolämpöä. Yleensä aurinkokeräimiä käytetään käyttöveden lämmittämiseen, mutta ne toimivat myös huoneiden lämmityksessä. Tekniikan yksinkertaisuuden vuoksi aurinkolämpöjärjestelmää hankittaessa on kaupallisten ratkaisujen vaihtoehtona laitteiston rakentaminen itse. (Motiva 2014b.)

Tehokkailla aurinkokeräimillä ja hyvällä aurinkolämpöjärjestelmällä pystyy Suomessa vuodessa tuottamaan noin 300–500 kWh/keräineliö. 5–10 m<sup>2</sup>:n keräinala pystyy siten tuottamaan auringosta vuodessa puhdasta lämpöenergiaa noin 1 500–5 000 kWh:a (Alternative Solutions Finland 2013).

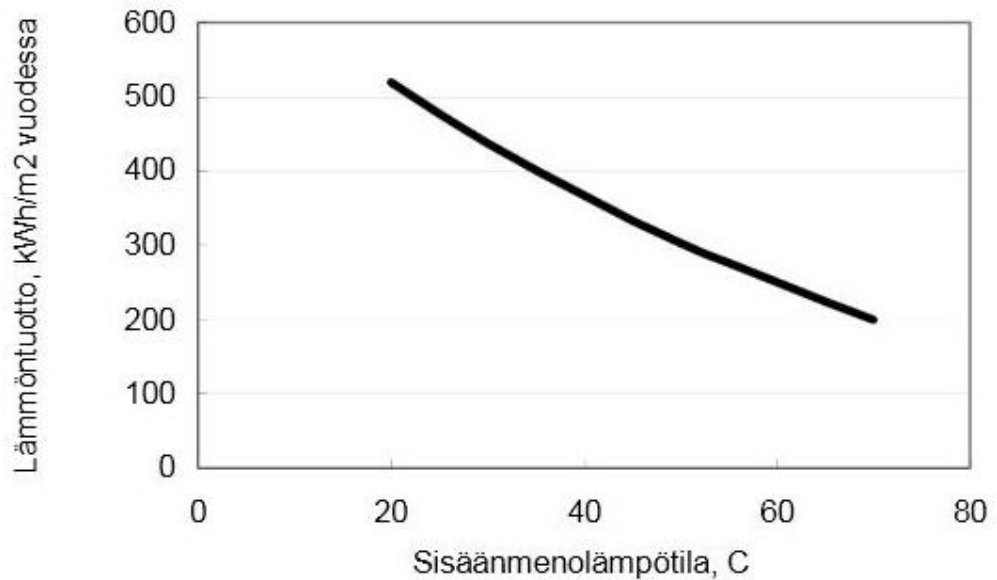
Estifin arvion mukaan Suomeen on asennettu noin 40 000 m<sup>2</sup> aurinkokeräinpinta-alaa, tämän määrän teho olisi noin 28 MW. Vertailun vuoksi Ruotsin vastaava luku on noin 240 MW. (Estif 2014.)

### 4.1 Keräintekniikat

Lämmitysjärjestelmään, jossa on vesivaraaja, aurinkolämpö sopii erittäin hyvin. Aurinkolämpö soveltuu myös lämpöpumppujärjestelmän rinnalle. Suomen olosuhteissa lämpöpumppujärjestelmään kytketty aurinkolämpöjärjestelmä on optimaalinen ratkaisu, sillä kesällä lämpöä tulee usein merkittävästi yli tarpeen, näin liiallinen lämpö voidaan johtaa maalämpökaivoihin. Öljy- ja aurinkolämmön voi yhdistää tarkoitukseen kehitetyllä öljykattilalla. Sähkölämmitteisessä talossa aurinkolämpö voidaan kytkeä suoraan lämminvesivaraajaan.

Aurinkolämpöjärjestelmä tuottaa enemmän energiaa taloissa, joissa on lattialämmitysjärjestelmä, kuin niissä joissa on patterilämmitysjärjestelmä. Tämä johtuu siitä, että kiertävän nesteen lämpötila on matalampi lattialämmityksessä. (Motiva 2014b.)

Aurinkokeräimen hyötysuhde on sitä parempi, mitä matalammassa lämpötilassa sitä käyttää (kuvio 3). Kun lämpötila kasvaa, niin lämpöhäviötkin kasvavat. (Solpros 2006.)



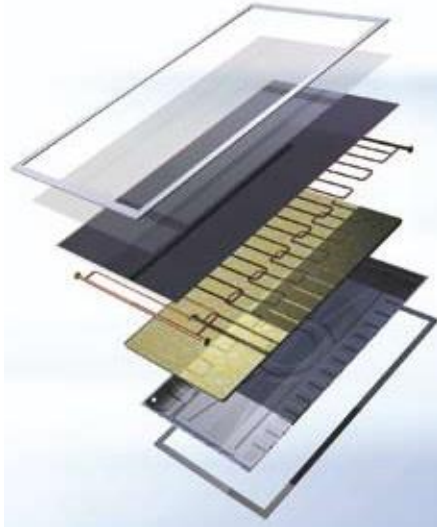
KUVIO 3. Lämpötilan vaikutus selektiivisen aurinkokeräimen toimintaan (Solpros 2006)

#### 4.1.1 Tasokeräin

Yleisin käytetty keräintyyppi on nestekiertoinen tasokeräin (kuviot 4 ja 5), jossa vesi-glykoliseos kiertää kiertopumpun avulla. Lämmennyt neste kulkee kokoomaputkien kautta lämmönvaraajaan, josta lämpö siirtyy lämmönvaihtimen kautta lämpimään käyttöveteen tai talon lämmitysjärjestelmään. (Groundenergy 2014.)



KUVIO 4. Tasokeräin (Jtv-energia 2014)



KUVIO 5. Tasokeräimen periaatekuva (Stratoco 2014)

#### 4.1.2 Tyhjiöputkikeräin

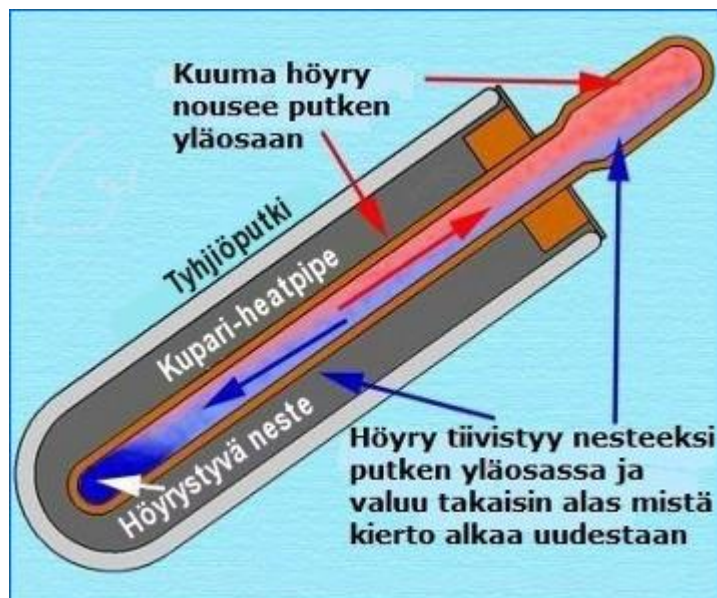
Tyhjiöputkikeräin on putki, jonka sisällä on tyhjiö, joka toimii eristeenä (kuviot 6 ja 7). Tyhjiöputkikeräin ei ole riippuvainen säteilyn tulosuunnasta. Suomen olosuhteissa tyhjiöputkikeräin onkin tehokkaampi kuin tasokeräin, koska se ei tarvitse suoraa auringonpaistetta vaan kerää myös hajasäteilyn. Tekniikan ongelmina ovat lähinnä kallis hinta ja vikaherkkyys. (Yle 2012.)

Varsinkin kevättalvella ja syksyllä tyhjiöputkitekniikasta on hyötyä, koska aurinko paistaa tuolloin vähemmän mutta energiaa tarvitaan enemmän. Tyhjiöputkikeräin voi tuottaa neliometriä kohden noin 30 prosenttia enemmän energiaa kuin tasokeräin. Suomen oloissa oleellisessa lumiolosuhteissa toimimisessa tyhjiöputkien toiminnasta on toistaiseksi melko vähän kokemusta. Suomen oloissa myös kesällä energiaa saadaan useimmiten merkittävästi yli

tarpeen, joten putket voidaan asentaa enemmän pystyasentoon kuin tasokeräimet, jopa täysin pystyasentoon. Tällöin saadaan enemmän tehoa auringon paistaessa matalalta. Samalla kesän ajan teho pienenee, mutta riittää useimmiten silti kattamaan kulutuksen. (Motiva 2014b.)



KUVIO 6. Tyhjiöputkikeräin (Profil 2014)



KUVIO 7. Tyhjiökeräimen toimintaperiaate (Aurinkopuisto 2014)

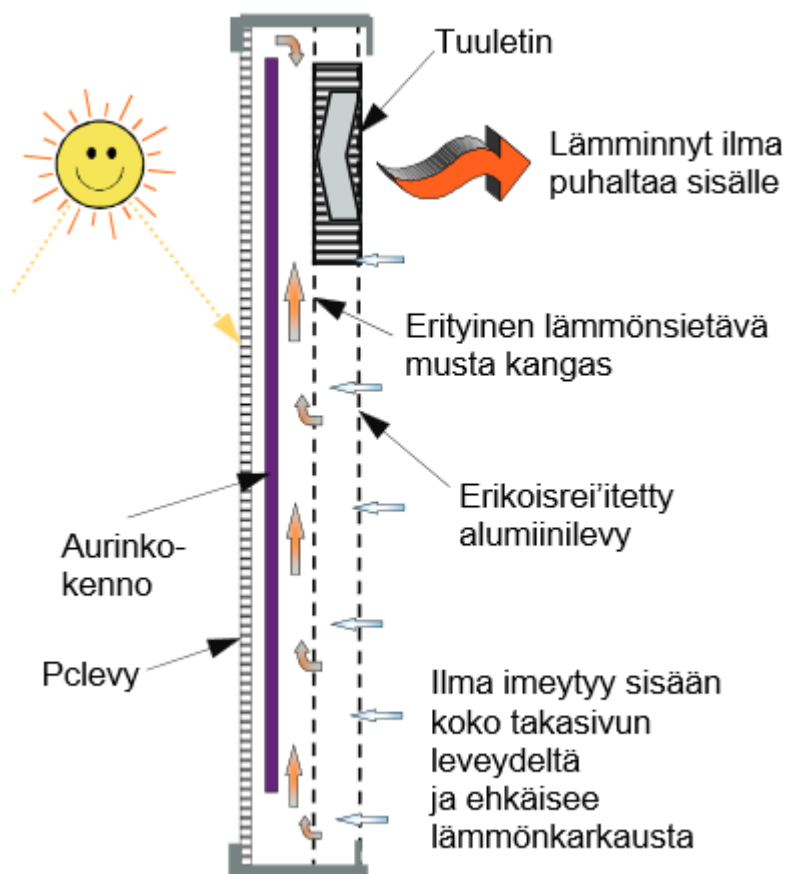
#### 4.1.3 Itserakennetut keräimet

Itse rakennettu aurinkokeräin voi olla teknisesti ja ulkonäöllisesti yhtä hyvä kuin kaupallinenkin. Omatoimirakentaja säästää kustannuksissa, mutta työtunteja

luonnollisesti kuluu. Ammattilaista tarvitaan mahdollisesti liitettäessä aurinkolämmitysjärjestelmä vesijohtoihin ja peruslämmitysjärjestelmään sekä etenkin sähköttöissä. (Motiva 2014c.)

#### 4.1.4 Ilma-aurinkovaraaja

Ilma-aurinkovaraaja tai toiselta nimeltään ilma-aurinkopaneeli (kuvio 8) tuottaa lämmintä ja suodatettua ilmaa kokonaan ilman ulkoista virransyöttöä. Ilma-aurinkovaraajalla voidaan esimerkiksi korvata sähkökäyttöiset, kosteutta poistavat laitteet ja tämän lisäksi se toimii lämmönlähteenä. (Solarventi 2014)



KUVIO 8. Ilma-aurinkovaraajan toimintaperiaate (Solarventi 2014)

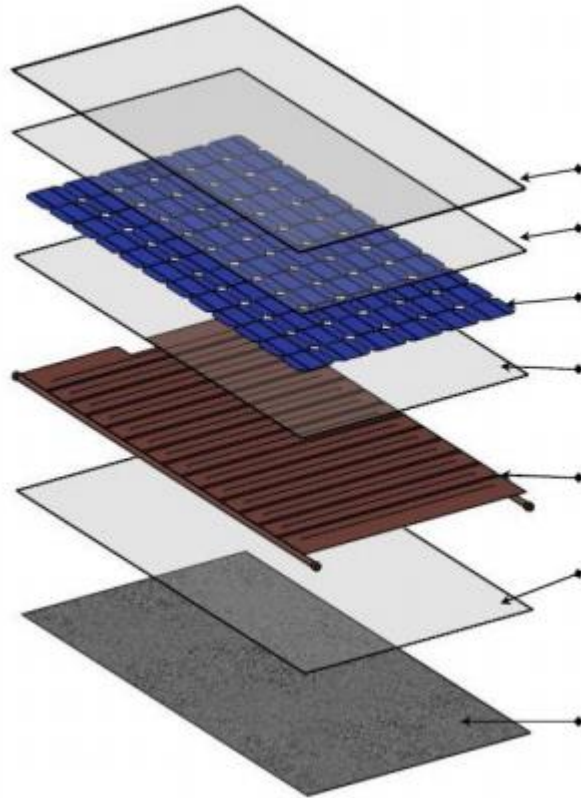


## 5 HYBRIDIKERÄIN (PV-T)

Hybridikeräin nimensä mukaisesti yhdistää aurinkosähköpaneelin ja aurinkokeräimen (kuviot 9 ja 10). Hybridipaneelin keräinosa kerää aurinkosähköpaneelin hukkalämmön ja samalla jäähdyttää aurinkosähköpaneelia. Tämä parantaa hyötysuhdetta, sillä aurinkosähköpaneeli on puolijohde, eli sen hyötysuhde kärsii mitä enemmän paneeli kuumenee. Hyötysuhde laskee 0,5 % jokaista lämpöastetta kohden. Esimerkiksi kuumana päivänä aurinkopaneeli voi kuumeta 110-asteiseksi, tämä laskee hyötysuhdetta 43 %. (Solimpeks 2014.)

Mitä kylmempää keruuneste on, sitä parempi hyötysuhde saavutetaan sähkön tuotannossa. Kumminkin jos keruuneste on liian kylmää, kärsii lämmöntuotannon hyötysuhde. Ratkaisuna on kehitetty kahdentyypiset hybridikeräimet: toisessa mallissa on painotettu sähköntuotantoa ja toisessa lämmöntuotantoa. (Solimpeks 2010.)

Hybridikeräintekniikka on vielä ainakin Suomen oloissa melko uutta tekniikkaa, eikä ainakaan kokemusta laitteiden toimimisesta Suomen olosuhteissa ole. Tekniikka on myös melko kallista. Hybridikeräimet sopivat parhaiten lähinnä kohteisiin, jossa on rajoitettu kattopinta-ala tai muuten puutetta tilasta. (Metsävuori 2014b.)



KUVIO 9. Hybridikeräimen periaatekuva. Rakenteessa alhaalta lukien pohjamateriaali, lasi, aurinkokeräinosa, eristelasia, aurinkosähköosa ja päällimmäisenä pinnoitteet (Solimpeks 2010)



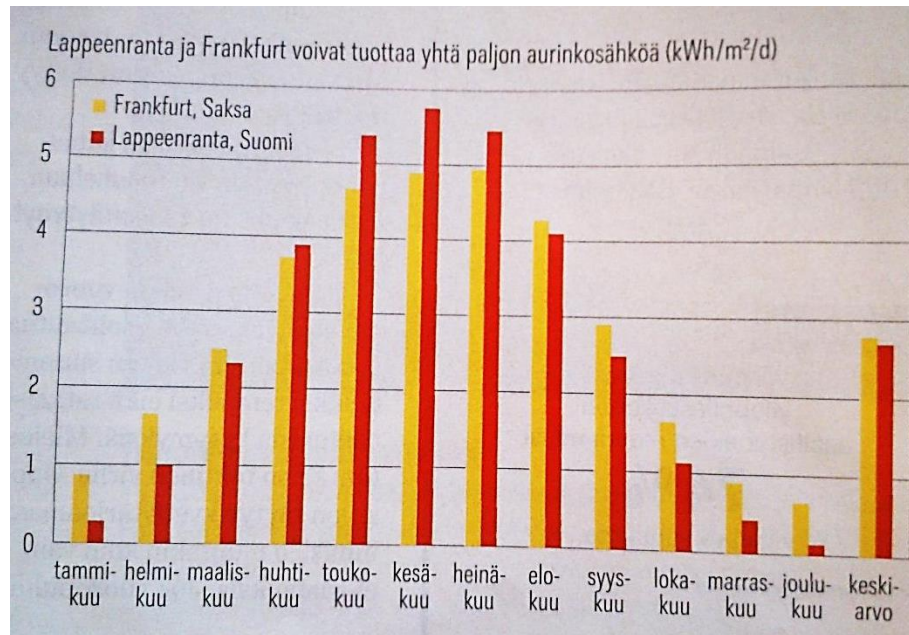
KUVIO 10. Hybridikeräin (Solimpeks 2010)

## 6 TUTKIMUSTULOKSIA SUOMESTA

Yleisten harhaluulojen vastaisesti aurinkopaneelit toimivat hyvin myös Suomen ilmastossa. Paneelit kestävät lumikuormaa, ja itseasiassa Suomen matalat lämpötilat ovat etu, koska aurinkopaneelit toimivat sitä paremmin, mitä kylmempi ilma on. Kylmä ilma parantaa paneelin hyötysuhdetta. Lisäksi Suomessa olisi jo nykyteknologian aurinkopaneeleilla jopa enemmän tuotantopotentiaalia kuin bioenergiassa, kuten puussa. On arvioitu, että yksi hehtaari aurinkopaneeleita vastaa noin 330:tä hehtaaria metsää sähköntuotantopotentiaaliltaan. Näin siis teoriassa koko Suomen sähköt voitaisiin kattaa yhdellä 900 neliökilometrin, eli 30\*30 kilometrin kokoisella aurinkopaneelilla. (LUT 2014.)

### 6.1 Tuotantolukemia Suomesta

Suomen viileästä ilmastosta huolimatta aurinkoenergian tuotannolliset erot verrattuna esimerkiksi Saksaan, yhteen Euroopan aurinkoenergian johtavista maista, ovat pienet. Suomen kuvalehden taulukon, joka esitetään kuviossa 11, mukaan Saksan Frankfurtissa ja Lappeenrannassa voidaan tuottaa lähes yhtä paljon aurinkosähköä ( $\text{kWh/m}^2/\text{d}$ ). Frankfurtissa vuoden keskimääräinen tuotanto päivässä on  $2,8 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$ , Lappeenrannassa  $2,75 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$ . Ero on näin ollen noin 1,8 %.



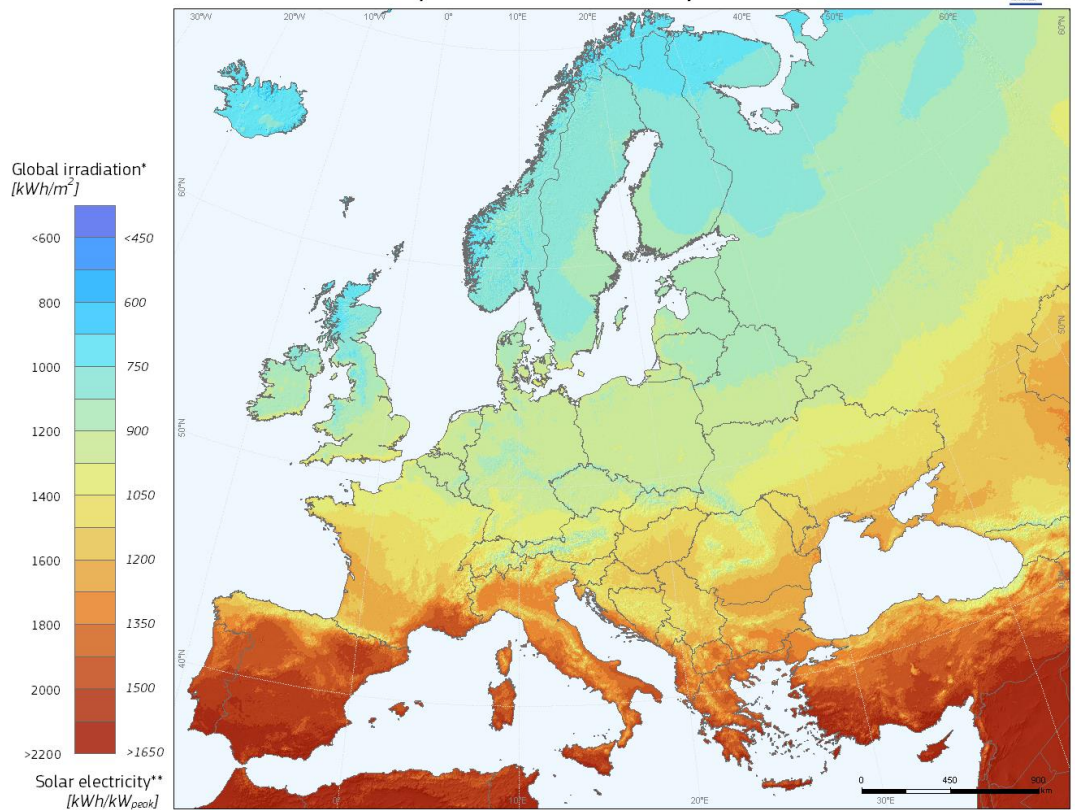
KUVIO 11. Aurinkosähkön tuotantovertailu (kWh/m<sup>2</sup>/d) Frankfurtin ja Lappeenrannan välillä (Suomen Kuvalehti 2013, 14.)

Suurimmat erot tulevat talvikuukausina: marras-, joului- ja tammikuussa. Erityisesti maaliskuusta syyskuuhun erot ovat pieniä, ja huhtikuusta heinäkuuhun Lappeenrannassa voidaan tuottaa sähköä selkeästi enemmän Frankfurtiin verrattuna. Esimerkiksi kesäkuussa Lappeenrannassa voidaan tuottaa 5,8 kWh/m<sup>2</sup>/d, ja Frankfurtissa 4,9 kWh/m<sup>2</sup>/d.

Tuloksissa on merkittävä ero, vaikka Frankfurt sijaitsee yli 1 000 km etelämpänä kuin Lappeenranta. Kaikenkaikkiaan Etelä-Suomessa jokainen neliometri vastaanottaa vuoden aikana vaakatasossa laskettuna noin 1 000 kilowattituntia auringonsäteilyä (Alternative Solutions Finland 2013).

Kuviosta 12 näkyy, että Etelä-suomeen säteilee suurinpiirtein saman verran säteilyä kuin esimerkiksi Ruotsin kaakkoisosaan, sekä Viroon, Latviaan ja Liettuaan sekä myös Tanskaan ja Brittein saarillekin. Kuvioissa 13 ja 14 on esitetty horisontaaliseen ja optimikulmaan asennettuihin paneeleihin vuosittain saapuva säteily (kWh/m<sup>2</sup>) sekä optimikulmaan asennetun yhden kilowatin laitteiston vuosituotanto (kWh/kW<sub>peak</sub>).

## Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

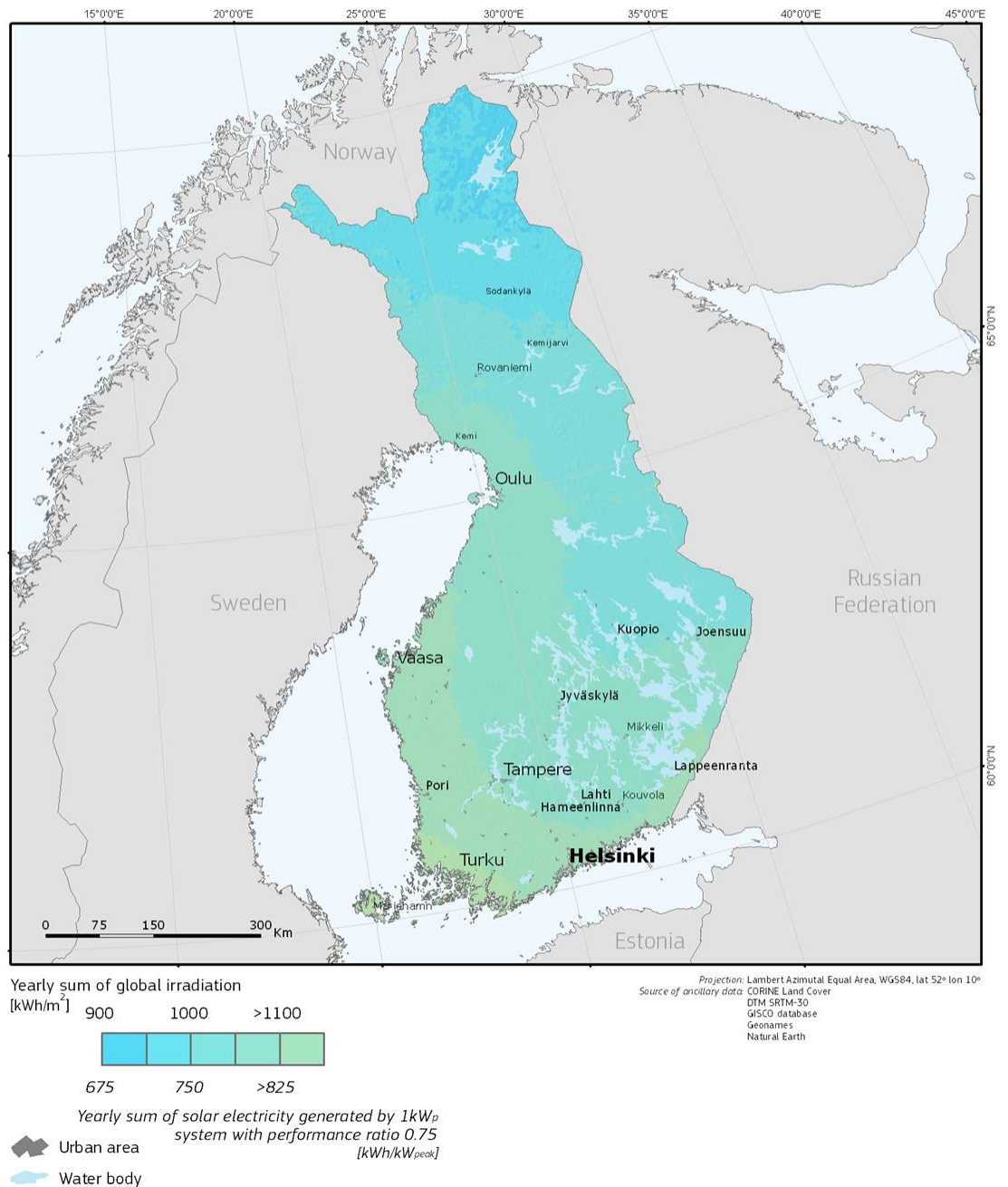


KUVIO 12. Auringon säteilymäärät (kWh/m<sup>2</sup>) Euroopassa sekä optimikulmaan asennetun yhden kilowatin laitteiston vuosituotanto (kWh/kW<sub>peak</sub>) (PVGIS 2012)



## Global irradiation and solar electricity potential Optimally-inclined photovoltaic modules

### FINLAND / SUOMI

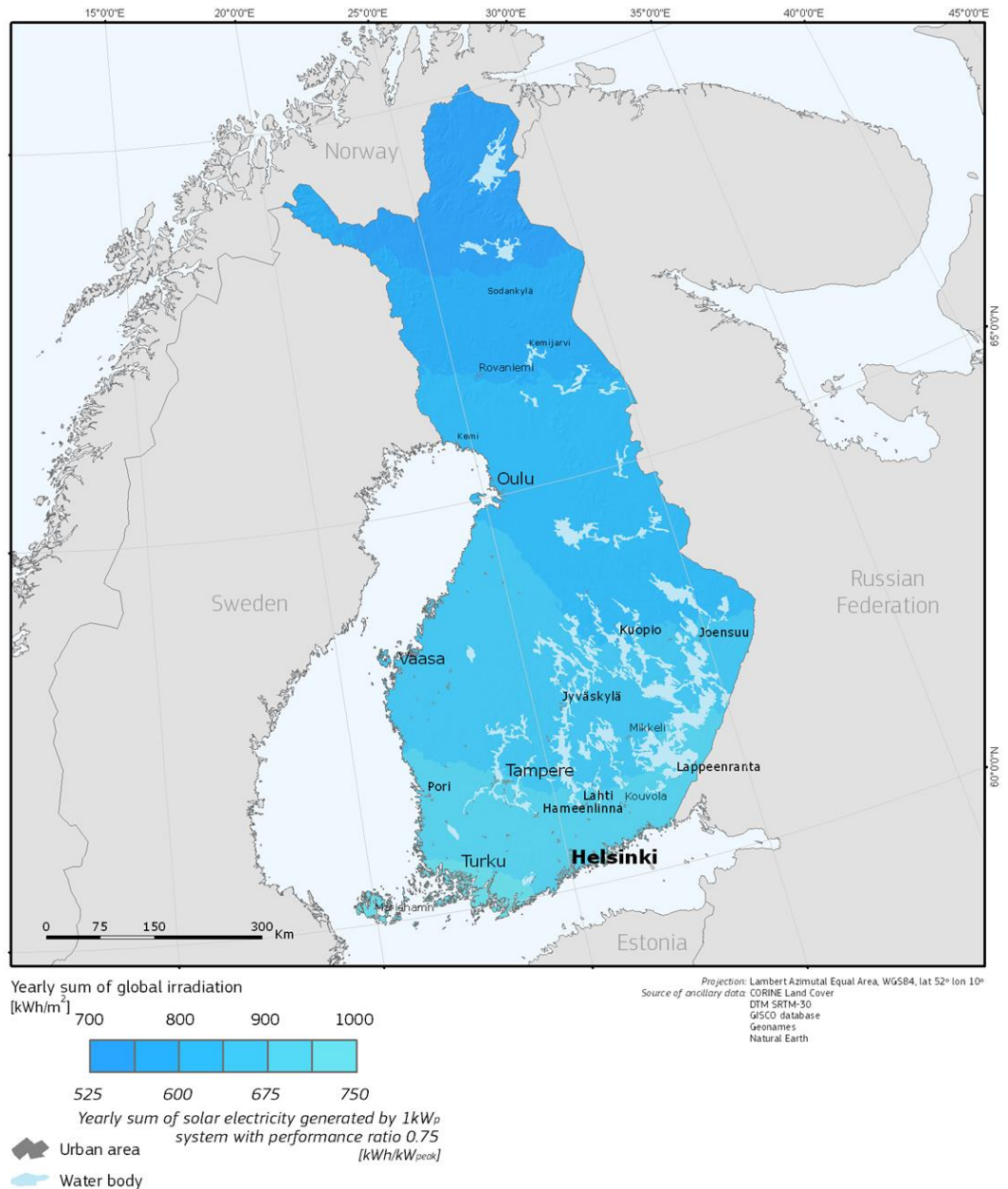


KUVIO 13. Optimikulmaan asennettuun aurinkosähköpaneeliin vuosittain saapuva säteily (kWh/m<sup>2</sup>) sekä optimikulmaan asennetun yhden kilowatin laitteiston vuosituotanto (kWh/kW<sub>peak</sub>) (PVGIS 2012)



## Global irradiation and solar electricity potential Horizontally mounted photovoltaic modules

### FINLAND / SUOMI



KUVIO 14. Horisontaaliseen kulmaan asennettuun aurinkosähköpaneeliin vuosittain saapuva säteily (kWh/m<sup>2</sup>) sekä horisontaaliseen kulmaan asennetun yhden kilowatin laitteiston vuosituotanto (kWh/kW<sub>peak</sub>) (PVGIS 2012)



## 7 AURINKOENERGIAKOhteITA SUOMESSA

### 7.1 Astrum-liikekeskus, Salo

Tällä hetkellä Suomen suurin aurinkosähkövoimalaitos sijaitsee Salossa Astrum-liikekeskuksessa (kuvio 15). Voimalan maksimiteho on 322 Kw.

Aurinkopaneeleja kohteessa on yli 1000. Voimalan tuottama ylijäämä sähkö johdetaan kunnan sähköverkkoon. (YLE 2014c.)



KUVIO 15. Aurinkopaneeleja Astrum-liikekeskuksen katolla (YLE 2014c)

### 7.2 ABB Oy, Helsinki

Tällä hetkellä Suomen toiseksi suurin aurinkosähkövoimala sijaitsee sähkövoima- ja automaatioteknologiayritys ABB:n tehtaalla Helsingin Pitäjämäellä (kuvio 16). Voimalan maksimiteho on 181 kilowattia. Tuotettu sähkö käytetään tehtaalla muun muassa trukkien lataamiseen ja kulutushuippujen tasaamiseen. Järjestelmä sisältää 870 aurinkokennoa. (ABB 2014.)



KUVIO 16. ABB:n tehdas Helsingin Pitäjämäellä (ABB 2014)

### 7.3 Harjulan settlementti, Lahti

Tällä hetkellä todennäköisesti Suomen suurin aurinkolämpövoimala sijaitsee Lahdessa Harjulan settlementissä (kuvio 17). Lämpövoimalan maksimiteho on 120 kilowattia, aurinkokeräimiä on 118 kpl ja arvioitu vuosituotto on 130 megawattituntia. Aurinkolämmöllä lämmitetään 230 asunnon käyttövedet sekä lattialämmitykset. Kohteessa on myös aurinkosähköä, maksimiteholtaan 7 kilowattia. (Metsävuori 2014a.)



KUVIO 17. Harjulan settlementti Lahdessa (Arha 2014)

## 8 MERKITTÄVIÄ TULEVAISUUDEN HANKKEITA SUOMESSA

### 8.1 Helsingin Energia, Helsinki

Helsingin energia rakentaa Helsingin Suvilahteen syksyllä 2014 maksimitoltaan 300 kilowatin aurinkosähkövoimalaitoksen (kuvio 18). Valmistuessaan keväällä 2015 laitos on Suomen toiseksi suurin. Kysynnän kasvaessa laitoksen kokoa aiotaan lisätä. (YLE 2014b.)

Uutena konseptina Suomessa Helsingin Energia tarjoaa asiakkailleen aurinkovoiman ostomahdollisuutta nimikkopaneelin muodossa. Kuukausihinnalla asiakas saa itselleen oman aurinkopaneelin voimalasta sekä sen tuotannon omaan käyttöönsä. (YLE 2014b)



KUVIO 18. Havainnekuva Helsingin Energian aurinkosähkövoimalaitoksesta (Helsingin energia 2014)

### 8.2 Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta

LUT:n kampukselle rakennetaan vuosien 2013–2014 aikana 220 kilowatin tehoinen aurinkosähkövoimala. Uutena teknologiana Suomessa osaan paneelistosta asennetaan kääntölaite, joka suuntaa automaattisesti paneelit kohti aurinkoa. Tämän ansiosta talteen saatava energiamäärä kasvaa kesäaikaan jopa 20–40 %. (LUT 2014.)

## 9 NYKYTILANTEEN ONGELMIA

Suomessa ongelmat eivät tule auringonpaisteen puutteesta. Esimerkiksi vielä vähemmän aurinkoa saava Belgia on aurinkoenergian käytössä Suomea edellä. Yksi ongelmista on energiajärjestelmä, joka ei kannusta kuluttajaa tuottamaan aurinkoenergiaa oman talon katolla. Lisäksi osaltaan myös informaation puute aurinkoenergiasta ei edistä markkinoita. (Yle 2014a.)

### 9.1 Varastointi

Niin Suomessa kuin muualla maailmassakin aurinkosähkötuotannon yksi perusongelmia on tuotetun sähkön varastointi. Yksinkertaista, hyötysuhteeltaan hyvää ja yleispätevää varastointimenetelmää ei käytännössä ole olemassa.

#### 9.1.1 Aurinkosähkön varastointi

Suomen kohteissa tuotettu sähkö joko käytetään paikanpäällä, syötetään valtakunnalliseen sähköverkkoon tai varastoidaan akustoihin. Akun oikea tyyppi ja hyvä laatu ovat tärkeässä asemassa tehokkaassa ja toimivassa järjestelmässä. Akkuun varastoitua sähköä voidaan käyttää silloin kun aurinko ei paista, eli yöllä tai pilvisellä säällä. Aurinkopaneelia voi tietysti käyttää myös ilman akkua, mutta tällöin energia on käytettävä suoraan. (Motiva 2014.)

#### 9.1.2 Aurinkolämmön varastointi

Aurinkolämmön varastointi onnistuu pienemmässä mittakaavassa esimerkiksi maalämpökaivoihin, suuremmassa mittakaavassa paras ratkaisu olisi aurinkolämmön yhdistäminen kaukolämpöverkkoon. Suomessa on laaja (joskin paikkakunta-kohtainen) kaukolämpöverkosto, joten sen hyödyntäminen aurinkolämmön varastoinnissa ja toimittamisessa tuottajilta kuluttajille olisi paras vaihtoehto. Ongelmina tässä ratkaisussa ovat lähinnä tekniset seikat. Kaukolämmön tuotanto ja jakelu on aina laskettu ja optimoitu paikallisen oletetun kulutuksen mukaan, sillä kaukolämmöllä ei ole sähköverkon tapaan valtakunnallista verkkoa. Tämä ei ole tekninen este uuden tuotannon liittämiseksi

kaukolämpöverkkoon, mutta kulutuksen, tuotannon ja siirron yhteensovittaminen on huomioitava aurinkolämpöä verkkoon liitettäessä. (TEM 2014.)

## 9.2 Käytännön ongelmat

Käytännön ongelmina voidaan pitää esimerkiksi lumikuormaa, sitä, miten lumi poistetaan keväällä, pölynpoistoa tarvittaessa sekä rakennusteknisiä ongelmia, kuten vesikaton lävistyksiä, automaation toimintavarmuutta ja tuulikuormaa jne. Samaten mitoitettaessa erityisesti aurinkolämpöä esimerkiksi vanhaan omakotitaloon voi vastaan tulla tilaongelmia esimerkiksi varaajan ja nestekiertoputkien ja sähköjohtojen reitityksille. (TA.fi.)

## 9.3 Lainsäädännölliset ongelmat

Sähköverovelvollisuus on yksi ongelma nimellisteholtaan 50 – 2 000 kVA:n kokoisissa laitoksissa. Kyseisen kokoisen laitoksen on rekisteröidyttävä sähköverovelvolliseksi, jos sen on mahdollista edes teoriassa mahdollista syöttää energiaa sähköverkkoon. Jos sähköntuottaja kuluttaa kaiken tuottamansa sähkönsä itse, tuottaja ei joudu maksamaan sähköveroa lainkaan ja palauttaa sen osalta aina 0-veroilmoituksen. Jos tuottaja sen sijaan syöttää edes vähän sähköä verkkoon, sen on maksettava sähkövero kaikesta kyseisen kuukauden aikana itse kuluttamastaan sähköstä. Saman sähköliittymän piirissä olevien useamman alle 50 kVA:n laitosten tehot lasketaan yhteen kokonaistehoksi. Tämä järjestely poikkeaa muista energiamuodoista (esimerkiksi pienoishiilivoimala) siten, että laitoksen tehoa ei lasketa verkkoon syötetystä vaihtosähkötehosta vaan paneelien nimellistehosta. Näin ollen esimerkkinä 400 Mwh vuodessa sähköä tuottava pienoishiilivoimala voisi tuottaa sähkönsä verottomana, mutta 45 Mwh vuodessa sähköä tuottava aurinkosähkölaitoksen tuottama sähkö on verollista, vaikka sähkö käytettäisiin paikan päällä. (Soleras 2014.)

## 10 TULEVAISUUS, NYKYTILANTEEN PARANTAMINEN

Aurinkoenergian käytön kasvuennusteet Suomessa vaihtelevat hyvin paljon lähteestä riippuen. Esimerkkinä kuviossa 19 on esitetty työ- ja elinkeinoministeriön arvio aurinkoenergian kasvusta vuodesta 2005 vuoteen 2020. Tämän arvion mukaan kasvua ei tule tapahtumaan ollenkaan, eikä aurinkoenergialla ole omaa kategoriaa.

Uusiutuvat energianlähteet Primäärienergiana	2005 (TWh)	2020 (TWh)	Muutos (TWh/%-yksikkö) 2005 => 2020
Jäteliemet	37	38	1,1
Teollisuuden tähdepuu	20	19	-1,8
Vesivoima (normalisoitu)	13,6	14	0,6
Tuulivoima	0	6	5,8
Metsähake	6	25	18,9
Puun pienkäyttö	13	12	-0,5
Lämpöpumput	2	8	6,1
Liikenteen biopolttoaine	0	7	6,5
Biokaasu	0	1	0,7
Pelletit	0	2	1,6
Kierrätyspolttoaineet, RES-osuus	2	2	0,0
Muu uusiutuva, mm. aurinkosähkö jne.	0,4	0,4	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>94</b>	<b>134</b>	<b>39,2</b>
Uusiutuvien osuus loppukulutuksesta, toteutunut /arvio	28,5 %	38 %	9,5 %

KUVIO 19. Uusiutuvat energialähteet primäärienergiana ja vuoden 2020 arvio (Morris 2012, 14)

## 10.1 Älykäs sähköverkko

Niin Suomen kuin muunkin maailman olosuhteissa tarvitaan niin kutsuttua älykäästä sähköverkkoa kaiken hyödyn saamiseksi hajautetusta sähkön pientuotannosta uusiutuvalla energialla. Älykäs sähköverkko on laaja käsite, esimerkkinä yhdestä ratkaisusta on Helsingin Kalasatamaan suunniteltu älykäs sähköverkko. Kuviosta 20 näkyy tiivistettynä älykkään sähköverkon eri osa-alueita. Periaatteessa yksinkertaisimmillaan pientuottajat (esimerkiksi yksityisasukkaat) ovat yhteydessä jakeluverkon hallintayksikköön, joka jakaa sähköä jakeluverkkoon tarpeen mukaan, esimerkiksi tasaamaan kulutushuippuja. Näin voidaan myös osaltaan ratkaista esimerkiksi aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön varastointiongelma. Sähköä ei siis tarvitse varastoida esimerkiksi tuottajan omiin akustoihin, vaan sähkö voidaan jakaa suoraan eteenpäin jakeluverkkoon.



KUVIO 20. Älykkään sähköverkon mallialue Helsingin Kalasatamassa (Teknologiateollisuus 2014)

Esimerkiksi Lahti Energian näkemyksen mukaan älykkääseen sähköverkkoon liittyvä hajautettu pientuotanto syö sen osaa sähkömarkkinoista. Rautiainen (Rautiainen 2014) LE-Sähköverkko Oy:stä totesi, että jos hajautetun



pientuotannon määrä kasvaa ja verkossa liikkuu sähköä eri tavalla kuin nykyisin, niin se kasvattaa vain siirtomaksuja ja korvaa menetetyn tuoton tällä tavalla.

Hajautetulla sähkön pientuotannolla yhdistettynä älykkääseen sähköverkkoon olisi Suomen oloissa paljon potentiaalia, erityisesti sähkön käytön ja varastoinnin suhteen. Kulutuspiikkejä voitaisiin pienentää huomattavasti ja sitä kautta myös vaikuttaa sähkön hintaan sekä parantaa Suomen ja yksittäisten kansalaisten omavaraisuutta sähköntuotannon suhteen.

## 11 MITOITUS

Määritetään yhden ja viiden jättikeräimen tuotantolukemia lämmön ja sähkön osalta sekä määritetään niille sopivia kohteita. Yksi jättikeräin koostuu kahdeksasta Volther PowerTherm-hybridikeräimestä.

Tuotantolukemissa painotetaan lämmöntuotantoa. Sähköntuotanto jää hybridikeräimillä selkeästi vähäisemmäksi.

## 12 VOLTHER-HYBRIDIKERÄIMET

Hybridikeräimien yhden ongelman (mitä kylmempi paneeli, sitä suurempi sähköntuotanto, mutta tämä tarkoittaa myös sitä, että keruuneste on samalla liian kylmää optimaaliseen tuotantoon) ratkaisuksi hybridikeräinvalmistaja Volther on kehittänyt kaksi keräintyyppiä: PowerVoltin ja PowerThermin (Solimpeks 2010).

### 12.1 PowerVolt

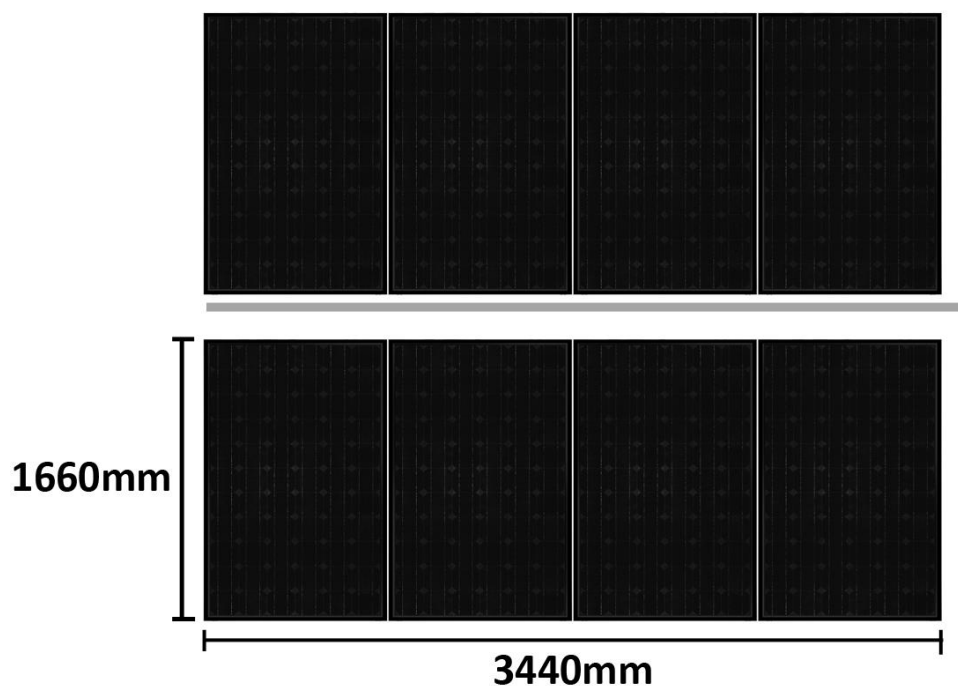
PowerVolt-hybridikeräin painottuu sähköntuotannon maksimoimiseen. Keräin tuottaa 190 watin maksimitehon sähkön suhteen ja 460 watin maksimitehon lämmön suhteen. Parantuneen hyötysuhteen takia 16 m<sup>2</sup> hybridikeräinpinta-alaa tuottaa saman verran sähköä kuin 21 m<sup>2</sup>:n keräinpinta-ala tavallisia pv-paneeleja ja saman verran lämpöä kuin 4 m<sup>2</sup>:n keräinpinta-ala tavallisia aurinkokeräimiä. Parhaimmillaan PowerVolt voi tuottaa jopa 50 % enemmän sähköä kuin tavallinen aurinkosähköpaneeli. (Solimpeks 2014.)

### 12.2 PowerTherm

PowerTherm-hybridikeräin painottuu lämmöntuotannon maksimoimiseen. Rakenteellisesti PowerVoltiin verrattuna PowerTherm sisältää yhden lisäkerroksen lasia paremman lämmöneristyskyvyn aikaansaamiseksi. Paneeli tuottaa noin 80 % lämpöä verrattuna tavalliseen aurinkolämpötasokeräimeen. Keräin tuottaa 170 watin maksimitehon sähkön suhteen ja 610 watin maksimitehon lämmön suhteen. (Solimpeks 2014.)

### 13 YHDEN JÄTTIKERÄIMEN MODUULI

Yhden jättikeräimen moduuli koostuu kahdeksasta Volther PowerTherm hybridikeräimestä (kuvio 21). Yhden jättikeräimen laskennallinen huipputeho lämmöntuotannon osalta on  $610 \text{ Wp} * 8 \text{ kpl}$  eli  $4880 \text{ Wp}$ . Sähköntuotannon osalta laskennallinen huipputeho on  $170 \text{ Wp} * 8 \text{ kpl}$  eli  $1360 \text{ Wp}$ . Moduulin mitat ovat asennustavasta riippuen, tässä tapauksessa pystysuuntaan asennettuna noin  $3,5 \text{ m} * 3,3 \text{ m}$ . Keräinpinta-alaa tulee siis noin  $11,3 \text{ m}^2$ .



KUVIO 21. Yksi moduulin asennustapa. Tarvittavat putkistot kulkevat paneelien keskellä (ei kuvassa)

#### 13.1 Yhden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, lämpö

Taulukossa 1 ja liitteessä 1 on laskettuna kuukausittainen tuotantoarvio läpi vuoden, saatu  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ja  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  käyttövesi,  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  käyttövesi henkilöä kohden vuorokaudessa sekä virtaamat tunnissa ja minuutissa. Taulukossa on ensin laskettu kuukausittainen osuus aurinkoarvojen ( $\text{kWh/m}^2/\text{d}$ ) perusteella (rivi 3). Näin saaduista prosentuaalisista osuuksista on laskettu kuukausittainen tuotanto,

kun tiedetään laskennallinen vuosituotanto (=4880 kWh). Vuosituotanto on laskettu 1000:n käyttötunnin perusteella, eli laskennallinen huipputeho  $4880 \text{ W} * 1000 \text{ h} = 4880 \text{ kWh}$ . Eli esimerkiksi kesäkuun tuotanto on  $0,149 * 4880 \text{ kWh} = 727,12 \text{ kWh}$ .

Seuraavaksi on laskettu saatu  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  käyttövesi kuukautta kohden litroissa.

Laskennassa on käytetty nyrkkisääntönä sitä, että lämmitettäessä 300 litraa  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  vettä  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ :ksi kuluu energiaa 22 kWh. Näin ollen kuukausikohtainen saatu  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  käyttövesi on laskettu taulukossa funktiolla (kuukausittainen tuotanto / 22) \* 300.

Päiväkohtainen veden määrä litroissa saadaan jakamalla tulos vielä 30:lla.

Nyrkkisääntö on johdettu kaavasta 1.

KAAVA 1. Tarvittavan lämmitysenergian kaava

$$Q = \frac{\rho \times c_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3600}$$

Kaavan selitteet:

Q	Lämmitykseen kuluva energia (kWh)
$\rho$	Veden tiheys ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )
$c_p$	Veden ominaislämpökapasiteetti ( $4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ )
V	Vesimäärä ( $\text{m}^3$ )
$t_2$	Lämmitetyn veden lämpötila, tässä tapauksessa $60 \text{ }^\circ\text{C}$
$t_1$	Lämmitettävän veden lämpötila, tässä tapauksessa $4 \text{ }^\circ\text{C}$
3600	Yksikkömuunnoskerroin ( $\text{kJ} \rightarrow \text{kWh}$ )

Kaavasta 1 laskettuna lämmitettäessä 300 litraa vettä 4-asteisesta 60-asteiseksi kuluu lämmitysenergiaa:

$$Q = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 0,3 \text{ m}^3 \times (60^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})}{3600}$$

$$Q \approx 20 \text{ kWh}$$

Tähän lisätään vielä arvio hävikeistä, 2 kWh jolloin saadaan 22 kWh.

Saatu 60 °C käyttövesi henkilöä kohden on laskettu kaavalla 2, jossa 64 on yhden henkilön vuorokaudessa litroina kuluttama 60 °C käyttövesi ja 30 on vuorokausien määrä kuukaudessa.

KAAVA 2. Saatu 60 °C käyttövesi/hlö

$$\text{Saatu } 60^\circ\text{C käyttövesi/hlö} = \frac{\frac{\text{saatu } 60^\circ\text{C käyttövesi}}{64}}{30}$$

Yhden henkilön vuorokaudessa litroina kuluttama 60 °C käyttövesi on laskettu Motivan laskukaavalla:

*”Jos lämpimän käyttöveden määrää Vlkv ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % veden kokonaiskulutuksesta ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta” (Motiva 2014d).*

Yhden henkilön vedenkulutus vuorokaudessa asuinrakennuksessa on keskimäärin 160 litraa (HSY 2014).

Riveillä 11 ja 12 on laskettu virtaamia, eli keräimen läpi virtaavia nestemääriä. Kaikki virtaamat on laskettu olettamuksella  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ .  $\Delta T$  tarkoittaa tässä tapauksessa nesteen lämpötilanmuutosta sen virratessa kerran keräimen läpi, eli neste lämpenee tässä tapauksessa 20 astetta. Virtaamien laskussa on myös oletettu, että tuotantotunteja vuorokaudessa on noin 8. Tämä pitää paikkansa enimmäkseen keväällä, kesällä ja aikaisin syksyllä, talvella tuotantotunteja ei kerry kahdeksaa. Tästä syystä talven (marraskuusta helmikuuhun) tuotantomäärät ovat hieman epätarkkoja, millä ei kumminkaan ole samanlaista käytännön

merkitystä kuin kesän tuotantomäärillä, sillä talven tuotettu lämmin vesi tulee käytettyä kokonaisuudessaan, kesällä taas tulee välttää ylituotantoa. Tästä syystä kesäkuukausien tuotanto on mitoituksissa pääosassa.

Rivillä 11 on laskettuna moduulin tuntikohtainen virtaama, joka on laskettu kaavalla  $(60 \text{ }^{\circ}\text{C käyttövesi/vrk/l}) / 8$ . Rivillä 12 on laskettu moduulin virtaama minuutissa, joka on laskettu kaavalla  $(\text{virtaama} / \text{h}) / 60$ .


### TAULUKKO 1. Yhden jättikeräimen moduulin lämpötuotantolukemia ja virtaamia

Aurinkolämpö, 8 keräintä (=1 jättikeräin)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yhteensä/a
Kuukausi													
Kuukauden osuus koko vuodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	1
Aurinkoarvot (kWh/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	102,48	190,32	356,24	546,56	683,20	727,12	727,12	614,88	463,60	258,64	122,00	82,96	4880
Saatu 60°C käyttövesi/kk, (litraa)	1397,5	2595,3	4857,8	7453,1	9316,4	9915,3	9915,3	8384,7	6321,8	3526,9	1663,6	1131,3	66478,9
Saatu 30°C käyttövesi/kk, (m <sup>3</sup> )	2794,9	5190,5	9715,6	14906,2	18632,7	19830,5	19830,5	16769,5	12643,6	7053,8	3327,3	2262,5	132957,8
60°C käyttövesi/vrk, henkilöille	0,7	1,4	2,5	3,9	4,9	5,2	5,2	4,4	3,3	1,8	0,9	0,6	
60°C käyttövesi/vrk/l	46,6	86,5	161,9	248,4	310,5	330,5	330,5	279,5	210,7	117,6	55,5	37,7	
$\Delta T=20^{\circ}\text{C}$													
Virtaama/h, litraa	5,8	10,8	20,2	31,1	38,8	41,3	41,3	34,9	26,3	14,7	6,9	4,7	
Virtaama/min, litraa	0,10	0,18	0,34	0,52	0,65	0,69	0,69	0,58	0,44	0,24	0,12	0,08	

### 13.2 Yhden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, sähkö

Taulukossa 2 ja liitteessä 3 on laskettu yhden jättikeräimen moduulin kuukausittaisia sähköntuotantolukemia. Yhden jättikeräimen moduulin sähköntuotanto on kesäkuukausinakin melko pieni, joten kaikki sähkö tulee todennäköisesti käytettyä eikä ylituotannon vaaraa ole.

Yhden jättikeräimen moduulin laskennallinen maksimiteho sähköntuotannossa on 1,36 kWh. Vuosittainen tuotantolukema 1229,60 kWh on laskettu Sunny Design Web -mitoitusohjelmalla Helsingin korkeudelle (kuvio 22). Ohjelmaan ei ollut saatavilla hybridikeräimiä, joten laskelmat on tehty vastaavantehoisella tavallisella aurinkosähköpaneelilla. Näin ollen tuotantoarvio ei ole aivan tarkka, koska hybridikeräimen aurinkosähkön tuotto toimii paremmalla hyötysuhteella kuin vastaavantehoisen tavallisen aurinkosähköpaneelin. Näin ollen realistisen vuosittaisen tuotannon määrittäminen on vaikeaa. Oikea tuotanto asettunee laskennallisen vuosittaisen maksimituotannon 1700 kWh ja ohjelmiston arvion 1229,60 kWh välille. Ohjelmisto laskee tuotantoarvot matemaattisesti ottaen huomioon hävikit. Huomioon ei oteta esimerkiksi paneelikohtaista tuotantovaihtelua ja paneelien likaantumisen aiheuttavaa tehonlaskua.

System overview			
<b>8 x ACI ecoPower GmbH EcoSol 48MC-S-170 (UL) (10/2013) (PV array 1)</b>			
Azimuth angle: 0 °, Inclination: 40 °, Mounting type: Roof, PV peak power: 1.36 kWp			
 <b>1 x SB 1300TL-10 (06/13 - )</b>			
Technical data			
Total number of PV modules:	8	Annual energy yield (approx.):*	1,229.60 kWh
PV peak power:	1.36 kWp	Energy usability factor:	100 %
Number of inverters:	1	Performance ratio (approx.):*	80.1 %
Nominal AC power:	1.30 kW	Spec. energy yield (approx.):*	904 kWh/kWp
AC active power:	1.30 kW	Line losses (in % of PV energy):	0.19 %
Active power ratio:	95.6 %	Unbalanced load:	1.30 kVA

## KUVIO 22. Laskentaohjelman arvio vuosittaisesta tuotosta

### TAULUKKO 2. Yhden jättikeräimen aurinkosähkön tuotto kuukausittain. Lukemat on laskettu mitoitusohjelman vuosituotantoarvion mukaan.

Aurinkosähkö, 8 keräintä (=1 jättikeräin)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yhteensä/a
Kuukausi													
Kuukauden osuus koko vuodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	
Aurinkoavot (kWh/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	25,83	47,97	89,79	137,76	172,20	183,27	183,27	154,98	116,85	65,19	30,75	20,91	1230

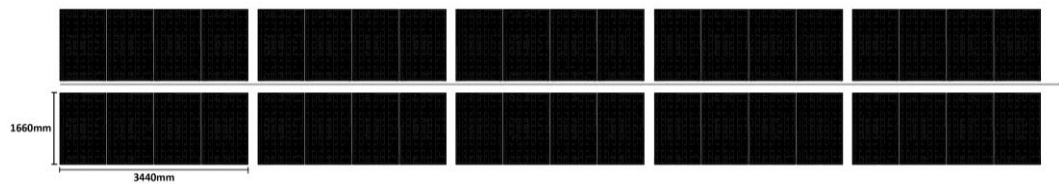
### 13.3 Mitoituksellisesti sopivia kohteita

Yksi moduuli (keräinpinta-alaa n. 11 m<sup>2</sup>) riittää kattamaan kesä- ja heinäkuussa arviolta yhden viiden hengen perheen vedenkulutuksen. Muina kuukausina kaikki tuotettu käyttövesi tulee käytettyä. Kesäkuukausina tulee ottaa huomioon paikallaolevien ihmisten määrä. Kesä- tai heinäkuussa perheestä osa ja/tai koko perhe voi olla muutaman päivän lomalla, mikä tuottaa ongelmia lämmön ylituotannon suhteen. Tämän takia yhden moduulin yksikkö voisi sopia parhaiten esimerkiksi kahden viiden hengen perheen asuttamaan paritaloon. Näin on todennäköisempää, että kesällä on aina muutama henkilö käyttämässä tuotettua lämmintä käyttövettä. Sähköntuotannon suhteen ylituotannon vaaraa ei käytännössä ole, koska tuotettu määrä on niin paljon pienempi lämmöntuotantoon verrattuna.



## 14 VIIDEN JÄTTIKERÄIMEN MODUULI

Viiden jättikeräimen moduuli koostuu 40 Volther Powertherm –hybridikeräimestä (kuvio 23). Jättikeräimen laskennallinen huipputeho lämmöntuotannon osalta on  $610 \text{ Wp} * 40$  eli  $24,4 \text{ kWp}$ . Sähköntuotannon osalta laskennallinen huipputeho on  $170 \text{ W} * 40$  eli  $6,8 \text{ kWp}$ . Keräinpinta-alaa tulee kokonaisuudessaan noin  $56 \text{ m}^2$ .



KUVIO 23. Viiden jättikeräimen moduuli

### 14.1 Viiden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, lämpö

Taulukossa 3 ja liitteessä 2 on esitetty viiden jättikeräimen kuukausikohtaisia tuotantolukemia ja virtaamia samalla tavalla laskettuna kuin yhden jättikeräimen tuotantolukemia-luvussa.


TAULUKKO 3. Viiden jättikeräimen moduulin lämpötuotantolukemia ja virtaamia

Aurinkolämpö, 40 keräintä (=5 jättikeräintä)													
Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 Yhteensä/a	
Kuukauden osuus koko vuodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	1
Aurinkoarvot (kW/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	512,40	951,60	1781,20	2732,80	3416,00	3635,60	3635,60	3074,40	2318,00	1293,20	610,00	414,80	24400
Saatu 60°C käyttövesi/kk, (litraa)	6987,3	12976,4	24289,1	37265,5	46581,8	49576,4	49576,4	41923,6	31609,1	17634,5	8318,2	5656,4	332394,5
Saatu 30°C käyttövesi/kk, (m <sup>3</sup> )	13974,5	25952,7	48578,2	74530,9	93163,6	99152,7	99152,7	83847,3	63218,2	35269,1	16636,4	11312,7	664789,1
60°C käyttövesi/vrk, henkilöille	3,6	6,8	12,7	19,4	24,3	25,8	25,8	21,8	16,5	9,2	4,3	2,9	
60°C käyttövesi/vrk/l	232,9	432,5	809,6	1242,2	1552,7	1652,5	1652,5	1397,5	1053,6	587,8	277,3	188,5	
<b>ΔT=20°C</b>													
Virtaama/h, litraa	29,1	54,1	101,2	155,3	194,1	206,6	206,6	174,7	131,7	73,5	34,7	23,6	
Virtaama/min, litraa	0,49	0,90	1,69	2,59	3,23	3,44	3,44	2,91	2,20	1,22	0,58	0,39	

### 14.2 Viiden jättikeräimen moduulin tuotantolukemia, sähkö

Taulukossa 4 ja liitteessä 4 on laskettu viiden jättikeräimen moduulin kuukausittaisia sähköntuotantolukemia. Viiden jättikeräimen moduulin sähköntuotanto on kohteen kokoon nähden kesäkuukausinakin melko pieni, joten kaikki sähkö tulee todennäköisesti käytettyä eikä ylituotannon vaaraa ole.

Viiden jättikeräimen moduulin maksimiteho sähköntuotannossa on 6,15 kWh. Kuvion 24 vuosittainen tuotantolukema on laskettu samaan tapaan kuin yhden jättikeräimen moduulin tapauksessa, ja laskennassa pätevät samat säännöt. Laskennallinen vuosittainen tuotto on 6800 kWh. Tässäkin tapauksessa vuosittainen tuotanto asettunee laskennallisen vuosituotannon 6800 kWh ja ohjelmiston arvion 6512,20 kWh välille.

System overview			
<b>40 x ACI ecoPower GmbH EcoSol 48MC-S-170 (UL) (10/2013) (PV array 1)</b>			
Azimuth angle: 0 °, Inclination: 40 °, Mounting type: Roof, PV peak power: 6.80 kWp			
 <b>1 x STP 7000TL-20</b>			
Technical data			
Total number of PV modules:	40	Annual energy yield (approx.):*	6,512.20 kWh
PV peak power:	6.80 kWp	Energy usability factor:	100 %
Number of inverters:	1	Performance ratio (approx.):*	84.9 %
Nominal AC power:	7.00 kW	Spec. energy yield (approx.):*	958 kWh/kWp
AC active power:	7.00 kW	Line losses (in % of PV energy):	0.12 %
Active power ratio:	102.9 %	Unbalanced load:	0.00 VA

KUVIO 24. Laskentaohjelman arvio vuosittaisesta tuotannosta

#### TAULUKKO 4. Viiden jättikeräimen moduulin sähköntuotantolukuja

Aurinkosähkö, 40 keräintä (5 jättikeräintä)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yhteensä/a
Kuukausi													
Kuukauden osuus koko vuodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	
Aurinkoaivot (kWh/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	136,50	253,50	474,50	728,00	910,00	968,50	968,50	819,00	617,50	344,50	162,50	110,50	6500

### 14.3 Mitoituksellisesti sopivia kohteita

Viiden jättikeräimen moduuli (keräinpinta-alaa noin 55 m<sup>2</sup>) riittää kattamaan kesä- ja heinäkuussa laskennallisesti arviolta 25 hengen eli esimerkiksi viiden viiden hengen perheen vedenkulutuksen rivitaloasunnossa. Ylituotanto kesäkuukausina on taas otettava huomioon, joten järjestelmä voisi myös sopia esimerkiksi pieneen kerrostaloonkin. Tässä tapauksessa on myös otettava huomioon mahdollisen taloyhtiön motivaatiot järjestelmän hankkimiseen, onko esimerkiksi tarkoitus vähentää riippuvuutta kaukolämmöstä tai omasta öljylämmityksestä, ja sitä myötä tavoitella rahallista säästöä. Motivaatio voi tietysti olla myös ekologinen, eli esimerkiksi halutaan vähentää taloyhtiön hiilidioksidipäästöjä, parantaa talon energialuokitusta tai luoda talosta pilottikohde taloyhtiölle. Selkeästi ylimitoitettaessa, eli esimerkiksi asentamalla kyseinen moduuli pieneen kerrostaloon lämmön ylituotannon vaaraa ei käytännössä ole,

mutta samalla myös mahdollisesti tavoiteltavat rahalliset säästöt jäävät myös suhteessa pienemmiksi. Samalla myös investoinnin takaisinmaksuaika pitenee.

## 15 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli luoda yleiskatsaus aurinkoenergian käytöstä Suomessa sekä määrittää hybridikeräimien tuotantolukemia Suomen Ekoenergian tarpeisiin. Yleiskatsaus toimii markkinointimateriaalina ja infopakettina asiakkaille, mitoitussuosus on taustatutkimusta yritykselle.

Kirjallisen selvityksen perusteella suurin ongelma aurinkoenergian hyödyntämiseen Suomessa on tällä hetkellä lainsäädäntö. Erityisesti yli 50kVA laitosten säädäntö sähköverovelvollisuudesta on suuri ongelma.

Lainsäädännölliset ongelmat tekevät isommista investoinneista melko kannattamattomia.

Mitoitussuosuudessa lämpimän veden tuotantolukemat, virtaamat ja sopivan kokoiset kohteet oli melko helppo määrittää. Tästä eteenpäin vaikeampaa tulee olemaan kohteiden kustannusarviot. Tosin tästä selvityksestä voidaan jo määrittää jonkinlaisia kannattavuusarvioita.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä ilmeni haasteita lähinnä kirjalliseen selvitykseen liittyen. Esimerkiksi ajankohtaista tilastotietoa koko maan tuotantolukemista oli melko niukasti saatavilla. Eri tahojen arviot myös erosivat toisistaan paljon.

Hybridikeräimistä ei löytynyt kovinkaan paljoa informaatiota suomalaisista lähteistä. Tekniikka on melko uutta Suomessa. Sen takia myös niihin liittyvät laskelmat toimivat hyvänä taustaselvityksenä.

Koen kumminkin työn onnistuneen melko hyvin, aiheen rajaus ja tiivistäminen yleiskatsauksessa onnistui kohtuullisesti. Lisäksi mitoitussuosus oli onnistunutta taustaselvitystä.

## LÄHTEET

ABB. 2014. ABB alkaa hyödyntää aurinkosähköä 3000 työpaikan tehdasalueellaan Helsingin Pitäjänmäellä [viitattu 21.7.2014]. ABB Oy.

Saatavissa:

<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/7574a46a60db78a5c1257743003f82d5.aspx>

Alternative Solutions Finland. 2013. Aurinkoenergia - viisas valinta [viitattu 20.7.2014]. Alternative Solutions Finland Oy. Saatavissa:

<http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>

Aurinkopuisto. 2014. Aurinkokeräimen toiminta [viitattu 20.7.2014].

Aurinkopuisto.com. Saatavissa:

<http://aurinkopuisto.com/images/Aurinkoker%C3%A4imentoiminta.gif>

Epia. 2014. About photovoltaics [viitattu 14.7.2014]. Epia. Saatavissa:

<http://www.epia.org/about-us/about-photovoltaics/solar-photovoltaic-technology/>

Estif. 2014. Solar thermal markets in Europe [viitattu 14.7.2014]. European solar thermal industry federation. Saatavissa:

[http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market\\_data/downloads/solar\\_thermal\\_markets2013\\_v01.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market_data/downloads/solar_thermal_markets2013_v01.pdf)

Groundenergy. 2014. Anna auringon lämmittää [viitattu 26.7.2014].

Groundenergy Oy. Saatavissa: <http://www.groundenergy.fi/aurinkoenergia2/>

Helsingin Energia. 2014. Aurinkovoimalaitos – havainnekuva 1 [viitattu 13.8.2014]. Saatavissa:

[http://helen.mediabank.fi/fi/collection/view\\_share\\_link/9b968b1b32d27ff68b66502d2cf5a610](http://helen.mediabank.fi/fi/collection/view_share_link/9b968b1b32d27ff68b66502d2cf5a610)

HSY. 2014. Kuinka paljon kulutat vettä? [viitattu 13.8.2014]. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Saatavissa:

<http://www.hsy.fi/vesi/kodinvesiasiat/Vedenkulutus/Sivut/default.aspx>

Jtv-energia. 2014. Tasokeräin [viitattu 20.7.2014]. Jtv-energia. Saatavissa:

<http://www.jtv-energia.fi/kuvat/tasokerain.jpg>

LUT. 2014. Aurinkovoimala [viitattu 21.7.2014]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://www.lut.fi/green-campus/green-campus/alykas-sahkoverkko-smart-grid/aurinkovoimala>

Metsävuori, M. 2014a. Toimitusjohtaja. Suomen Ekoenergia Oy. Haastattelu 15.3.2014.

Metsävuori, M. 2014b. Toimitusjohtaja. Suomen Ekoenergia Oy. Haastattelu 30.7.2014.

Morris, N. 2012. Energiapaketti, 26. Helsinki: Perhemediat.

Motiva. 2014a. Aurinkoenergia [viitattu 26.7.2014]. Motiva. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia)

Motiva. 2014b. Aurinkolämpö [viitattu 27.7.2014]. Motiva. Saatavissa; [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo)

Motiva. 2014c. Itserakennetut keräimet [viitattu 27.7.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/itserakennetut\\_keraimet](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/itserakennetut_keraimet)

Motiva. 2014d. Laskukaavat: lämmin käyttövesi [viitattu 8.8.2014]. Motiva. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energian kayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi)

Profil. 2014. Soheat 58 [viitattu 20.7.2014]. Profil.fi. Saatavissa: [http://www.profil.fi/solimpeks/soheat\\_58\\_1800-20.jpg](http://www.profil.fi/solimpeks/soheat_58_1800-20.jpg)

PVGIS. 2012. Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe [viitattu 27.7.2014]. European commission Institute for energy and transport. Saatavissa: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>

Rautiainen, A. 2014. Verkkopäällikkö. LE-sähköverkko Oy. Haastattelu 22.1.2014.

Solarcell. 2014. Solar cell [viitattu 27.7.2014]. Solarcell.net. Saatavissa:  
[http://www.solarcell.net.in/wp-content/uploads/2011/09/solar\\_cell.gif](http://www.solarcell.net.in/wp-content/uploads/2011/09/solar_cell.gif)

Solarventi. 2014. Ilma-aurinkokeräimet [viitattu 8.8.2014]. Solarventi. Saatavissa:  
<http://www.solarventi.fi/tuotteet.html>

Soleras. 2014. Nimellisteholtaan 50 kVA – 2000 kVA laitosten verotus [viitattu 27.7.2014]. Soleras. Saatavissa: <http://www.soleras.fi/>

Solimpeks. 2010. Volther hybrid PV/T-panels [viitattu 8.8.2014]. Solimpeks solar energy corp. Saatavissa: [http://www.solimpeks.com/wp-content/uploads/2012/06/pvt\\_presentation\\_en.pdf](http://www.solimpeks.com/wp-content/uploads/2012/06/pvt_presentation_en.pdf)

Solimpeks. 2014. Pv-T hybrid collectors [viitattu 27.7.2014]. Solimpeks solar energy corp. Saatavissa: <http://www.solimpeks.com/pv-t-hybrid-collectors/>

Solpros. 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö, 5-6 [viitattu 25.7.2014]. Solpros Ay. Saatavissa:  
<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>

Stratoco. 2014. Keräimen rakenne [viitattu 20.7.2014]. Stratoco. Saatavissa:  
<http://www.stratoco.fi/images/keraimen%20rakenne.jpg>

Suomen Akatemia. 2013. Nanorakenteilla tehoa aurinkokennoihin [viitattu 27.7.2014]. Suomen Akatemia. Saatavissa: <http://www.aka.fi/fi/A/Suomen-Akatemia/Mediapalvelut/Tiedotteet1/Nanorakenteilla-tehoa-aurinkokennoihin1/>

Suomen Kuvalehti. 2013. Lappeenranta ja Frankfurt voivat tuottaa yhtä paljon aurinkosähköä. Suomen Kuvalehti 4/2013, 14.

TA.fi. 2013. Aurinkoenergiaa uudiskohteisiin. Presentaatio. TA-yhtymä.

Tekniikka & Talous. 2013. Suomen Akatemia uskoo uusiutuvaan energiaan – kunhan tuotanto ylimitoitetaan riittävästi [viitattu 26.7.2014]. Tekniikka & Talous. Saatavissa:

<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/suomen+akatemia+uskoo+uusiutuvaan+energiaan+ndash+kunhan+tuotanto+ylimitoitetaan+riittavasti/a897507>

Teknologiaateollisuus. 2014. Älykkäät sähköverkot [viitattu 1.8.2014]. Saatavissa:  
<http://www.teknologiaateollisuus.fi/fi/palvelut/alykkaat-sahkoverkot.html>

TEM. 2014. Aurinkolämmön liiketoimintamahdollisuudet kaukolämmön yhteydessä Suomessa [viitattu 31.7.2014]. Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavissa:  
[https://www.tem.fi/files/38022/Aurinkokaukolampo\\_Loppuraportti\\_7.6.2013.pdf](https://www.tem.fi/files/38022/Aurinkokaukolampo_Loppuraportti_7.6.2013.pdf)

Villeco. 2012. Energiaomavarainen talo – Selvitys energiaomavaraisen talon lämmön- ja sähköntuottojärjestelmästä [viitattu 14.7.2014]. Villeco. Saatavissa:  
[http://issuu.com/pikes/docs/energiaomavarainen\\_talo](http://issuu.com/pikes/docs/energiaomavarainen_talo)

Yle. 2012. Tyhjiöputkikeräin ottaa aurinkoenergian talteen [viitattu 14.7.2014]. Yleisradio. Saatavissa:  
[http://yle.fi/uutiset/tyhjioputkikerain\\_ottaa\\_aurinkoenergian\\_talteen/5287508](http://yle.fi/uutiset/tyhjioputkikerain_ottaa_aurinkoenergian_talteen/5287508)

Yle. 2014a. Aurinkoenergia nousussa – hiili häviämässä hintavertailun Australiassa [viitattu 6.8.2014]. Yleisradio. Saatavissa:  
[http://yle.fi/uutiset/aurinkoenergia\\_nousussa\\_hiili\\_haviamassa\\_hintavertailun\\_australiassa/7346550](http://yle.fi/uutiset/aurinkoenergia_nousussa_hiili_haviamassa_hintavertailun_australiassa/7346550)

Yle. 2014b. Helsingin hiilikasan viereen nousee tuhansien paneelien aurinkovoimala [viitattu 21.7.2014]. Yleisradio. Saatavissa:  
[http://yle.fi/uutiset/helsingin\\_hiilikasan\\_viereen\\_nousee\\_tuhansien\\_paneelien\\_aurinkovoimala/7336267?ref=leiki-uu](http://yle.fi/uutiset/helsingin_hiilikasan_viereen_nousee_tuhansien_paneelien_aurinkovoimala/7336267?ref=leiki-uu)

Yle. 2014c. Suomen suurin aurinkovoimala sähköistäisi melkoisen mökkikylän [viitattu 21.7.2014]. Yleisradio. Saatavissa:  
[http://yle.fi/uutiset/suomen\\_suurin\\_aurinkovoimala\\_sahkoistaisi\\_melkoisen\\_mokkikylan/6982639](http://yle.fi/uutiset/suomen_suurin_aurinkovoimala_sahkoistaisi_melkoisen_mokkikylan/6982639)



## LIITTEET

LIITE 1. Yhden jättikeräimen moduulin lämpötuotantolukemia ja virtaamia

LIITE 2. Viiden jättikeräimen moduulin lämpötuotantolukemia ja virtaamia

LIITE 3. Yhden jättikeräimen aurinkosähköntuotto kuukausittain

LIITE 4. Viiden jättikeräimen aurinkosähköntuotto kuukausittain

LIITE 1. Yhden jättikeräimen moduulin lämpötuotantolukemia ja virtaamia

Aurinkolämpö, 8 keräintä (=1 jättikeräin)													
Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 Yhteensä/a	
Kuukauden osuus koko wodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	1
Aurinkoainot (kWh/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	102,48	190,32	356,24	546,56	683,20	727,12	727,12	614,88	463,60	258,64	122,00	82,96	4880
Saatu 60°C käyttövesi/kk, (litraa)	1397,5	2595,3	4857,8	7453,1	9316,4	9915,3	9915,3	8384,7	6321,8	3526,9	1663,6	1131,3	66478,9
Saatu 30°C käyttövesi/kk, (m <sup>3</sup> )	2794,9	5190,5	9715,6	14906,2	18632,7	19830,5	19830,5	16769,5	12643,6	7053,8	3327,3	2262,5	132957,8
60°C käyttövesi/vrk, henkilöille	0,7	1,4	2,5	3,9	4,9	5,2	5,2	4,4	3,3	1,8	0,9	0,6	
60°C käyttövesi/vrk/l	46,6	86,5	161,9	248,4	310,5	330,5	330,5	279,5	210,7	117,6	55,5	37,7	
<b>ΔT=20°C</b>													
Virtaama/h, litraa	5,8	10,8	20,2	31,1	38,8	41,3	41,3	34,9	26,3	14,7	6,9	4,7	
Virtaama/min, litraa	0,10	0,18	0,34	0,52	0,65	0,69	0,69	0,58	0,44	0,24	0,12	0,08	

LIITE 2. Viiden jättikeräimen moduulin lämpötuotantolukemia ja virtaamia

Aurinkolämpö, 40 keräintä (=5 jättikeräintä)													
Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yhteensä/a
Kuukauden osuus koko wuodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	1
Aurinkoainot (kWh/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	512,40	951,60	1781,20	2732,80	3416,00	3635,60	3635,60	3074,40	2318,00	1293,20	610,00	414,80	24400
Saatu 60°C käyttövsesi/kk, (litraa)	6987,3	12976,4	24289,1	37265,5	46581,8	49576,4	49576,4	41923,6	31609,1	17634,5	8318,2	5656,4	332394,5
Saatu 30°C käyttövsesi/kk, (m <sup>3</sup> )	13974,5	25952,7	48578,2	74530,9	93163,6	99152,7	99152,7	83847,3	63218,2	35269,1	16636,4	11312,7	664789,1
60°C käyttövsesi/vrk, henkilöille	3,6	6,8	12,7	19,4	24,3	25,8	25,8	21,8	16,5	9,2	4,3	2,9	
60°C käyttövsesi/vrk/l	232,9	432,5	809,6	1242,2	1552,7	1652,5	1652,5	1397,5	1053,6	587,8	277,3	188,5	
<b>ΔT=20°C</b>													
Virtaama/h, litraa	29,1	54,1	101,2	155,3	194,1	206,6	206,6	174,7	131,7	73,5	34,7	23,6	
Virtaama/min, litraa	0,49	0,90	1,69	2,59	3,23	3,44	3,44	2,91	2,20	1,22	0,58	0,39	

LIITE 3. Yhden jättikeräimen aurinkosähköntuotto kuukausittain

Aurinkosähkö, 8 keräintä (=1 jättikeräin)													
Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yhteensä/a
Kuukauden osuus koko vuodesta	0,021	0,039	0,073	0,112	0,14	0,149	0,149	0,126	0,095	0,053	0,025	0,017	
Aurinkoenergiat (kWh/m <sup>2</sup> /d)	75	140	260	400	500	530	530	450	340	190	90	60	3565
Tuotanto kuukausittain (kWh)	25,83	47,97	89,79	137,76	172,20	183,27	183,27	154,98	116,85	65,19	30,75	20,91	1230

