



# **Aurinkoenergiajärjestelmien kustannusselvityksiä**

Thomas Bagge

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Distribuerade energisystem
Tunnistenumero:	5614
Tekijä:	Thomas Bagge
Työn nimi:	Aurinkoenergiajärjestelmien kustannusselvityksiä
Työn ohjaaja (Arcada):	DI Kim Rancken
Toimeksiantaja:	Granlund Oy
Erikoisohjaaja:	DI Tuomo Niemelä
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmien kokonaiskustannuksia toteutuneista kohteista. Kokonaiskustannuksiin sisältyy laitteiston, asennuksen ja suunnittelun kustannukset. Työssä tarkasteltiin neljä aurinkosähköjärjestelmää vuosilta 2014–2015 ja kolme aurinkolämpöjärjestelmää vuosilta 2013–2014. Tässä työssä tutkittiin myös aurinkoenergiajärjestelmien tavallisimpia mitoituseriaatteita: pohjakulutukseen perustuva, käytettävissä olevan varjostamattoman pinta-alaan perustuva, ja käytettävissä olevaan budjettiin perustuva mitoitus. Aineistona on käytetty kirjallisuutta, ja aurinkoenergiajärjestelmien hankkijoita ja asiantuntijoita on haastateltu. Työ on rajattu isompiin järjestelmiin, kuten isompi asuinkerrostalo tai toimistorakennus. Huipputehon ylärajana pidettiin aurinkosähköjärjestelmille 150 kWp, ja aurinkolämpöjärjestelmille 300 keräineliötä. Aurinkosähköjärjestelmät ovat myös rajattu verkkoon kytkettyihin järjestelmiin. Työn alussa tutkittiin aurinkoenergiaa ja järjestelmiä teoreettisella tasolla. Aurinkoenergiajärjestelmien tilanne maailmassa ja Suomessa selvitettiin myös. Tulokseksi saatiin, että toteutuneiden aurinkosähköjärjestelmien keskihinnaksi saatiin 1,47 €/Wp (alv 0 %) ja 227,32 €/ paneelineliö (alv 0 %). Aurinkolämpöjärjestelmien keskihinnaksi saatiin keskihinnaksi 1,06 €/ W<sub>th</sub> ja 814,67 €/keräineliö.</p>	
Avainsanat:	Aurinkoenergiajärjestelmät, kokonaiskustannus, mitoitusmenetelmiä
Sivumäärä:	36
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	5614
Författare:	Thomas Bagge
Arbetets namn:	Aurinkoenergiajärjestelmien kustannusselvityksiä
Handledare (Arcada):	DI Kim Rancken
Uppdragsgivare:	Granlund Oy
Experthandledare:	DI Tuomo Niemelä
<p>Sammandrag:</p> <p>Syftet med detta examensarbete var att ta reda på helhetskostnader för solel- och solvärmesystem. Till helhetskostnaderna hör apparaturens, installeringens och planeringens kostnader. I arbetet undersöktes fyra solelsystem från åren 2014-2015 och tre solvärmesystem från åren 2013-2014. I arbetet utreds också de vanligaste dimensioneringsprinciperna: dimensionering enligt grundbehov, tillgänglig oskuggad yta och tillgänglig budget. Som material har det använts litteratur, och experter och ägare av solenergisystem har intervjuats. Arbetet är avgränsat till större system, såsom system för höghus eller kontorsbyggnader. Toppeffekten för solelsystem är begränsad till 150 kWp, och 300 m<sup>2</sup> solfångare för solvärmesystem. Solelsystemen är dessutom begränsade till system som är kopplade till elnätet. I början av arbetet undersöktes solenergi och system på en teoretisk nivå. Solenergisystemens situation i världen och Finland utreddes också. Som resultat fick man att solelsystemens medelpris var 1,47 €/Wp och 227,32 €/ m<sup>2</sup> solpanel (moms 0 %). Solvärmesystemens medelpris var 1,06 €/ Wth och 814,67 €/m<sup>2</sup> solfångare (utan moms).</p>	
Nyckelord:	Solenergisystem, helhetskostnad, dimensioneringsprinciper
Sidantal:	36
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerade energisystem
Identification number:	5614
Author:	Thomas Bagge
Title:	Aurinkoenergiajärjestelmien kustannusselvityksiä
Supervisor (Arcada):	DI Kim Rancken
Commissioned by:	Granlund Oy
Expert supervisor:	M.Sc. Tuomo Niemelä
Abstract:	
<p>The purpose of this thesis was to find out the total cost of solar power and solar heating systems. The total cost include the costs of the apparatus, installation and planning. The work examined four solar power systems from the years 2014-2015 and three solar systems from the years 2013-2014. The most common dimensioning principles were also examined: dimensioning on the basis of basic consumption, available unshaded area and available budget. Literature, and interviews from experts and owners of solar energy systems was used as material. The maximum size for solar power systems was limited to 150 kWp, and the maximum size for solar heating systems was limited to 300 m<sup>2</sup> of solar collectors. The solar power systems were also limited to on-grid systems. Solar energy and solar energy systems are also examined on a theoretical level. The average cost of solar power systems was found to be 1,47 €/Wp and 227,32 €/ m<sup>2</sup> solar panel (vat 0 %). The average cost of solar heating systems was found to be 1,06 €/Wth and 814,67 €/m<sup>2</sup> solar collector (vat 0 %).</p>	
Keywords:	Solar energy systems, total cost, dimensioning principles
Number of pages:	36
Language:	Finnish
Date of acceptance:	

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>AURINKOENERGIA .....</b>	<b>9</b>
	2.1 Aurinkoenergia Suomessa .....	11
	2.2 Aurinkosähköjärjestelmä .....	12
	2.3 Aurinkolämpöjärjestelmä .....	14
<b>3</b>	<b>AURINKOENERGIAJÄRJESTELMIEN MITOITUSPERIAATTEITA.....</b>	<b>17</b>
	3.1 Aurinkosähköjärjestelmät .....	17
	3.2 Aurinkolämpöjärjestelmät .....	18
<b>4</b>	<b>AURINKOENERGIAJÄRJESTELMIEN KOKONAISKUSTANNUKSET .....</b>	<b>19</b>
	4.1 Aurinkosähköjärjestelmät .....	20
	4.1.1 <i>Koy Aurinkopaja</i> .....	20
	4.1.2 <i>Vuores-talo</i> .....	21
	4.1.3 <i>Kouvolan Autosalpa</i> .....	22
	4.1.4 <i>Kanteleen Vanhameijeri</i> .....	23
	4.2 Aurinkolämpöjärjestelmät .....	25
	4.2.1 <i>Alanurmon koulu</i> .....	25
	4.2.2 <i>Palvelukeskus Onnelanpolku</i> .....	27
	4.2.3 <i>Rivitalo Erämiehentie</i> .....	28
<b>5</b>	<b>TULOKSET .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>32</b>

## MERKINNÄT JA LYHENTEET

**Concerto:** Concerto on koko Euroopan käsittävä projekti joka pyrkii kiinnittämään huomiota Euroopan kestävä kehityksen tiellä oleviin haasteisiin ja energiatarpeisiin.

**ESTIF:** ESTIF, tai European Solar Thermal Industry Federation, on voittoa tavoittelematon organisaatio jonka tavoite on edistää aurinkolämpöä.

**FinZEB:** FinZEB on hanke joka määrittelee lähes nollaenergiarakennuksen käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla.

**Koy:** Koy on lyhenne sanasta kiinteistöosakeyhtiö, joka on yhtiö joka omistaa ja hallitsee jonkun kiinteistön, ja kiinteistön rakennukset ja tilat.

**kW<sub>th</sub>:** kW<sub>th</sub> on lämpövoimalan huipputehon yksikkö.

**kW<sub>p</sub>:** kW<sub>p</sub> on sähkövoimalan huipputehon yksikkö.

**kVa:** Näennäistehon, tai tehollisen jännitteen ja tehollisen sähkövirran tulo, yksikkö sähkötekniikassa.

**Suurkeräin:** Useista tasokeräimistä kootaan yksi suurempi keräin, asennuksen helpottamiseksi ja telineiden määrän vähentämiseksi. Suurkeräimet kootaan tavallisesti jo tehtaalla.

**Valosähköinen ilmiö:** Valosähköisessä ilmiössä sähkömagneettinen säteily irrottaa metallin pinnalta elektroneja.

## ESIPUHE

Opinnäytetyöni on kirjoitettu tilaustyönä Granlund Oy:lle. Haluan kiittää Granlundia saamastani mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö yritykselle. Olen oppinut todella paljon aurinkoenergiasta tätä työtä kirjoittaessa.

Haluan kiittää kaikkia Granlundilla jotka ovat auttaneet työn tekemisessä. Erityinen kiitos Tuomo Niemelälle ohjauksesta ja avusta.

Suuri kiitos kuuluu myös ohjaajalleni Arcadassa, DI Kim Ranckenille, joka on tukenut ja avustanut minua koko työn aikana.

Haluan myös kiittää kaikkia alan asiantuntijoita jotka olen saanut haastatella työhön liittyen. Heidän asiantuntemuksensa on ollut erittäin tärkeää työlle.

Thomas Bagge

Porvoo 4.5.2016

# 1 JOHDANTO

Tämän työn tilaaja on Granlund Oy, joka on suunnittelun, konsultoinnin ja ohjelmistojen asiantuntijakonserni. Granlund on perustettu 1960 ja konsernissa on yli 600 työntekijää. Konsernin tyypilliset toimeksiannot liittyvät talotekniikkasuunnitteluun ja energia- ja ympäristöasioiden konsultointiin.

Kaikki uudisrakennukset tulee olla lähes nollaenergiataloja vuoden 2021 alusta lähtien, julkisten uudisrakennusten jo vuonna 2019. Lähes nollaenergiatalossa merkittävä osa sen energiantarpeesta tuotetaan itse rakennuksessa tai sen lähetyvillä, uusiutuvalla energialla. Aurinkoenergialla tulee olemaan iso rooli näiden vaatimusten täyttämiseksi.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vastata kysymyksiin aurinkoenergiajärjestelmien kokonaiskustannuksista, ja antaa suunnittelijalle suunnitteluvaiheessa käytettäviä ohjeita ja järjestelmien kokonaiskustannuksista. Kokonaiskustannuksiin sisältyy laitteiston, asennuksen ja suunnittelun kustannukset. Aurinkoenergiajärjestelmien hinnat ovat laskeutuneet rajusti viime vuosina ja siksi selvitetään tuoreempia kustannustietoja.

Työssä vertaillaan neljää eri aurinkosähköjärjestelmää, jota on asennettu vuosina 2014 tai 2015. Aurinkolämpöjärjestelmiä vertailussa on kolme, jotka ovat asennettu vuosina 2013 tai 2014.

Aurinkoenergiajärjestelmien tavallisimpia mitoitusperiaatteita käydään myös läpi. Nämä ovat pohjakulutukseen perustuva, käytettävissä olevan varjostamattoman pinta-alaan perustuva, ja käytettävissä olevaan budjettiin perustuva mitoitus.



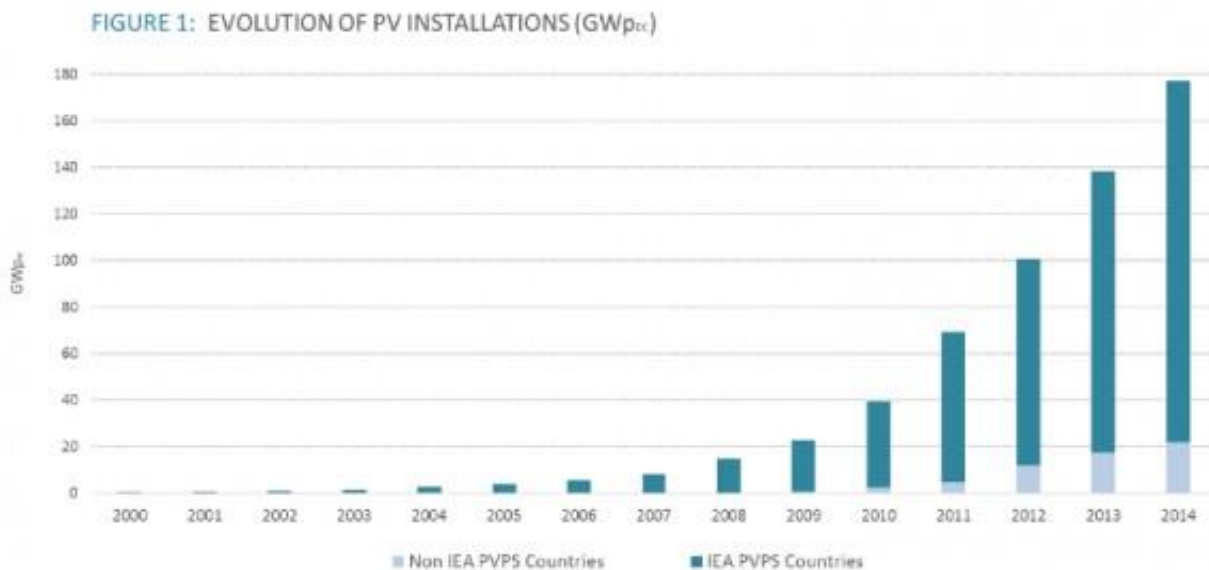
## 2 AURINKOENERGIA

Aurinko on tähti, joka koostuu noin 74 % vedystä, noin 25 % heliumista, ja loput raskaista metalleista. Auringon halkaisija on  $1,39 \times 10^9$  m ja sen pintalämpötila on noin 5500 K. Aurinko tuottaa energiansa fuusioreaktiolla, jossa kaksi vedyn atomiydintä yhtyy yhdeksi heliumin atomiytimeksi. Se tuottaa jatkuvasti energiaa  $3,8 \times 10^{20}$  MW teholla, eli noin  $63 \text{ MW/m}^2$ . Vain pieni osa tästä energiasta tulee maahan säteilynä, noin  $1,7 \times 10^{14}$  kW, valon ja lämmön muodossa. Vaikka tämä onkin erittäin pieni osa, niin maailman yhden vuoden energiantarve (noin 900 EJ) tulee maahan auringonsäteinä 84 minuutissa. Periaatteessa kaikki energia mitä maapallolla on, on peräisin auringosta. Öljy, hiili, maakaasu ja puu ovat alkujaan syntyneet fotosynteesistä, jossa kasvit ovat käyttäneet auringonsäteitä. Myös tuulienergia on peräisin auringosta, koska ilmavirtaukset syntyvät maan alueittaisista lämpötilaeroista. /1/

Aurinkoenergiaa voi käyttää kahdella tapaa: passiivisesti ja aktiivisesti. Passiivisesti aurinkoenergiaa hyödynnetään ilman mitään laitteistoa. Esimerkki aurinkoenergian passiivisesta käytöstä on sisätilojen valaiseminen auringonvalolla ikkunoita käyttäen. Rakennuksissa hyödyn saa lisättyä esimerkiksi suuntaamalla suurimmat ikkunat etelään. /2/

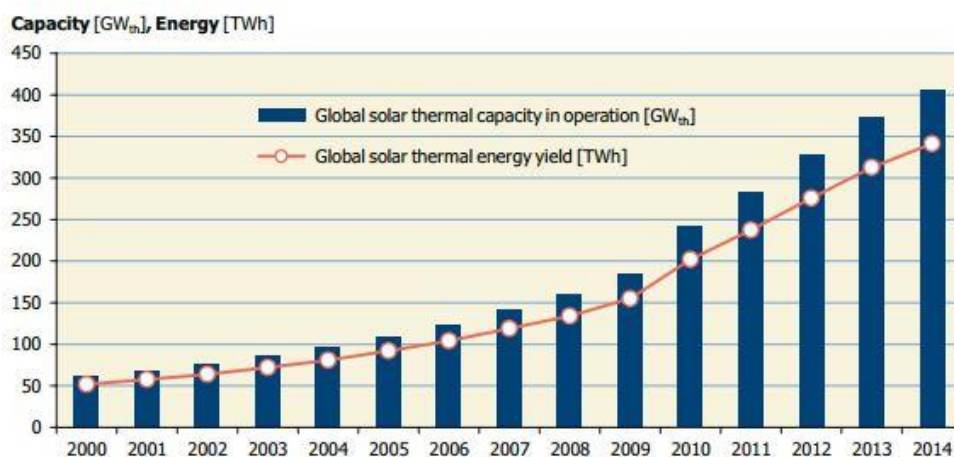
Aurinkoenergian aktiivinen hyödyntäminen voidaan tehdä kahdella eri tavalla: aurinkopaneeleilla jotka muuttavat auringonsäteet sähköksi, tai aurinkokeräimillä joilla otetaan auringonsäteistä lämpöä talteen.

Vuonna 2014 maailmanlaajuisesti asennetun aurinkosähkötehon on arvioitu olevan vähintään 177 GW. Se on vähän verrattuna muihin uusiutuviin energialähteisiin. Esimerkiksi vesivoiman arvioitu asennettu teho on 1168 GW, ja tuulivoiman 368 GW. Aurinkosähkön tuotanto on kuitenkin kovassa nousussa. Määrä on enemmän kuin kymmenkertain vuodesta 2008 (Kuva 1). Vuoden 2013 asennettu kapasiteetti oli n. 40 GW. Sinä vuonna 60 % asennuksista tehtiin Aasiassa, jossa Kiina on johtavassa asemassa. Euroopan osuus oli vain n. 7 GW. Euroopassa Saksalla on eniten asennettua tehoa, 38,2 GW. Tämä riittää kattamaan noin 7 % maan sähkön vuosituotannon tarpeesta. Vuonna 2020 koko maailman asennetun aurinkosähkökapasiteetin arvioidaan olevan noin 403 GW. /3/



Kuva 1. Maailmanlaajuisesti asennetun aurinkosähkökapasiteetin kehitys vuosina 2000–2014. /4/

Vuoden 2014 alussa asennettu aurinkolämpökapasiteetti maailmassa oli n. 406 GW<sub>th</sub>, eli yli kaksi kertaa enemmän kuin aurinkosähkö. Kuten kuvasta 2 näkyy, niin aurinkolämmön kasvu on kuitenkin lineaarisempi kuin aurinkosähkön. Vuoden 2013 asennettu kapasiteetti oli kuitenkin vain n. 55 GW<sub>th</sub>, josta Kiinan osuus oli n. 45 GW<sub>th</sub>. Euroopassa asennettiin ainoastaan n. 3,8 GW<sub>th</sub>, eli melkein puolet vähemmän kuin aurinkosähköä.



Kuva 2. Maailmanlaajuisesti asennetun aurinkolämpötehon ja vuotuisen energiatuoton kehitys vuosina 2000–2014. /5/

## 2.1 Aurinkoenergia Suomessa

Vaikka Suomi sijaitsee pohjoisessa, voi aurinkoenergiaa hyödyntää myös täällä.

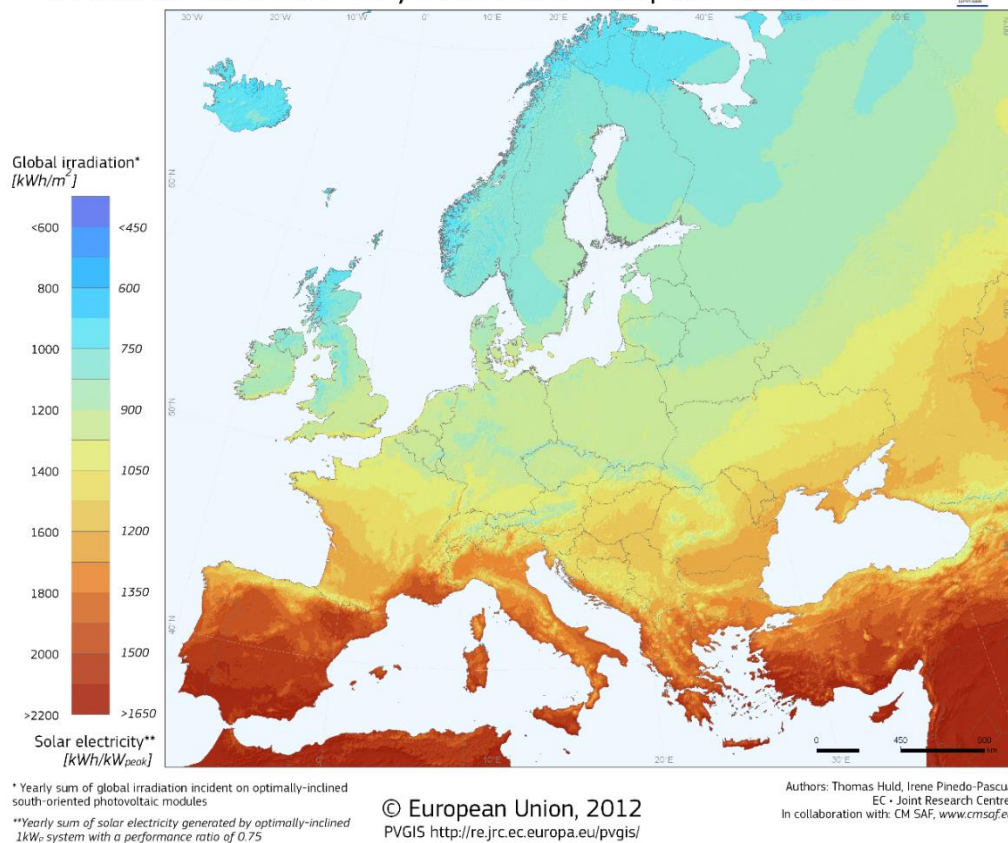
Etelä-Suomessa koko vuoden säteily määrä vaakatasoiselle pinnalle on n. 980 kWh/m<sup>2</sup>.

Keski-Suomessa vastaava luku on n. 890 kWh/m<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa n. 790 kWh/m<sup>2</sup>.

Kuten kuvasta 3 näkee, niin Suomen pohjoisesta sijainnista huolimatta Etelä-Suomen säteily määrä on kutakuinkin sama kuin Pohjois-Saksassa. /6/

Saksassa tuotetaan kuitenkin n. 1500 kertaa enemmän aurinkosähköä asukasta kohti kuin Suomessa /7/.

### Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Kuva 3. Aurinkoenergian vuotuinen säteily määrä Euroopassa. /8/

Suomessa aurinkolämpö on tavallisempi ratkaisu kuin aurinkosähkö. Vuonna 2014 ES-TIF:in arvion mukaan aurinkolämpötehoa oli yhteensä n. 31 MW /9/. Aurinkosähkö kirii

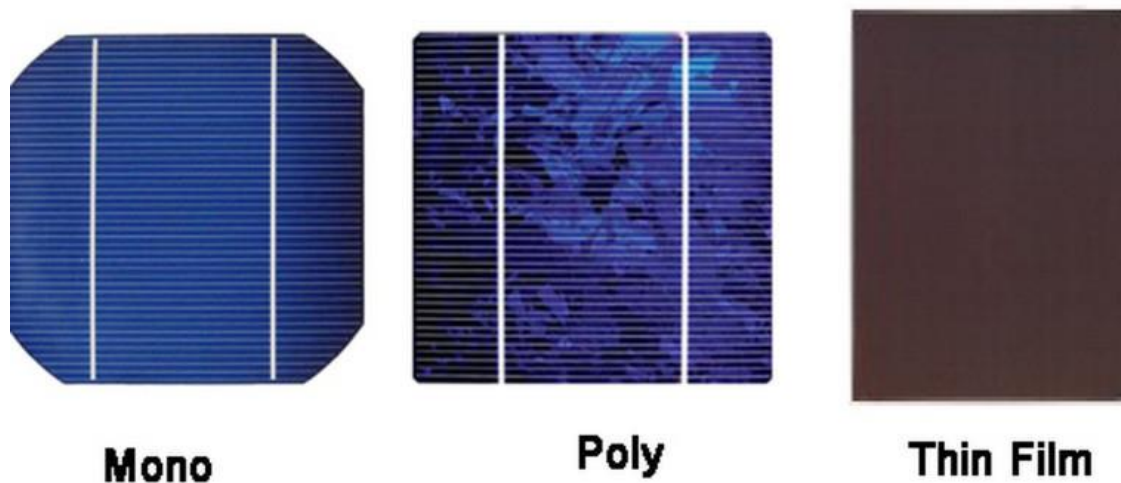
kuitenkin koko ajan kiinni, ja asennettua tehoa Suomessa on arvioitu olevan n. 20 MW /10/. Suurin osa järjestelmistä ovat olleet pieniä mökkijärjestelmiä, mutta 2010-luvulla on alettu rakentamaan myös isompia järjestelmiä. Suurin syy isompien järjestelmien lisääntymiseen on se, että aurinkosähköpaneelien hinta on pudonnut n. 80 % 2010-luvulla /11/. Myös Työ- ja Elinkeinoministeriön myöntämä energiatuki yrityksille (30 % aurinkosähköjärjestelmän kokonaiskustannuksista), on auttanut kasvattamaan aurinkosähköjärjestelmien lukumäärää /12/. Suurimpia aurinkosähköjärjestelmiä Suomessa ovat sanomalehti Kalevan painotalon 422 kW järjestelmä Tampereella, ja Helen Oy:n 340 kW järjestelmä Helsingissä /10/. Molemmat järjestelmät ovat valmistuneet vuonna 2015.

## 2.2 Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkosähköjärjestelmällä tuotetaan sähköä, jota käytetään esim. rakennuksessa.

Aurinkosähköjärjestelmän tärkeimmät komponentit ovat aurinkopaneelit, invertteri ja mahdollinen akusto. Aurinkopaneeli koostuu yhteen kytketyistä aurinkokennoista, jotka muuttavat auringon säteilyn sähköksi valosähköisen ilmiön avulla. Paneelit asennetaan yleensä katolle, tai vastaavanlaiselle paikalle, joka pysyy varjostamattomana koko päivän. Yhden paneelin nimellisteho on yleensä 50-200W. /13/

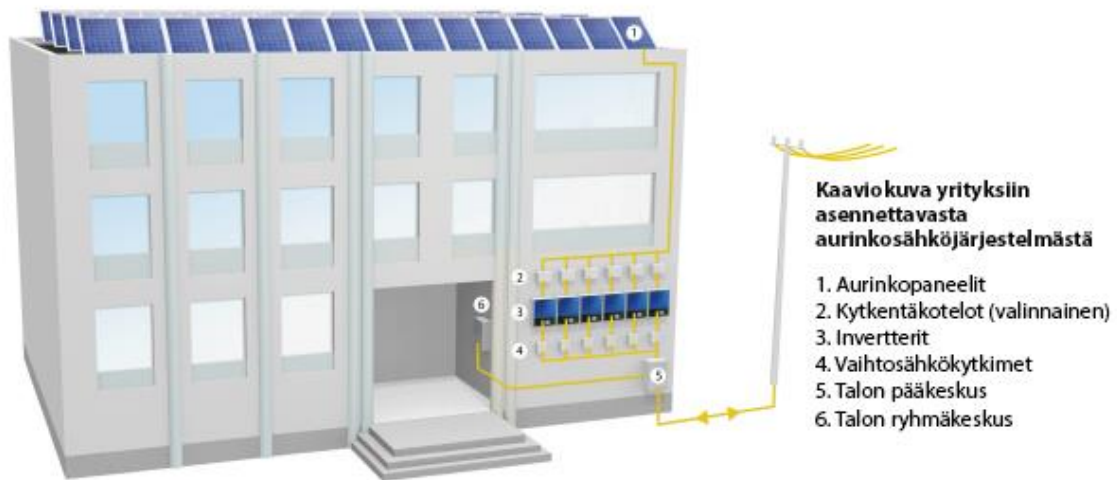
Yleisimmin käytetyt aurinkokennot valmistetaan yksi- tai monikiteisestä piistä (kuva 4). Yksikiteisellä piillä valmistetulla kennolla on korkeampi hyötysuhde kuin monikiteisellä, mutta sen valmistuskustannukset ovat korkeammat. Yksikiteinen piikenno on myös vähemmän herkkä varjostukselle, eikä sen kulma suhteessa aurinkoon ole yhtä tärkeä kuin monikiteisellä kennolla. Molempia käytetään tänä päivänä valmistetuissa aurinkopaneeleissa. Myös kadmium-telluridistä valmistettuja ohutkalvopaneeleja (kuva 4) käytetään jossain määrin, ohuutensa vuoksi. Ne ovat taivuttavia, joten ne sopivat pyöreille pinnoille, kuten esimerkiksi veneisiin. Niiden hyötysuhde on kuitenkin merkittävästi huonompi kuin piikennojen. /14/



Kuva 4. Vasemmalta oikealle: aurinkopaneelien yksikide-, monikide- ja ohutkalvokenno.  
/15/

Koska aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, tarvitaan aurinkosähköjärjestelmässä invertteri. Invertteri muuttaa tasasähkön vaihtosähköksi. Näin voidaan käyttää aurinkopaneelien tuottamaa sähköä kodinkoneissa ja vastaavissa sähkölaitteissa, tai syöttää sitä sähköverkkoon. /13/

Omavaraisella aurinkosähköjärjestelmällä saadaan sähköä rakennukseen joka on sähköverkon ulottumattomissa. Omavaraisessa aurinkosähköjärjestelmässä varastoidaan päivällä tuotettu sähkö akustoon, jotta sitä voi käyttää ympärivuorokauden. Tyypillinen kohde tällaiselle järjestelmälle on kesämökki, ja teho on yleensä alle 1 kW. /16/ Isommat järjestelmät kytketään yleensä sähköverkkoon (kuva 5). Verkkoon kytketyllä järjestelmällä tuotettu sähkö käytetään ensisijaisesti siihen tarkoitettuun kohteeseen. Jos tuotanto ylittää käytön, voi sitä syöttää sähköverkkoon. Tällöin tarvitaan kuitenkin kaksisuuntaista energianmittausta ja ylimääräisiä turvalaitteita.



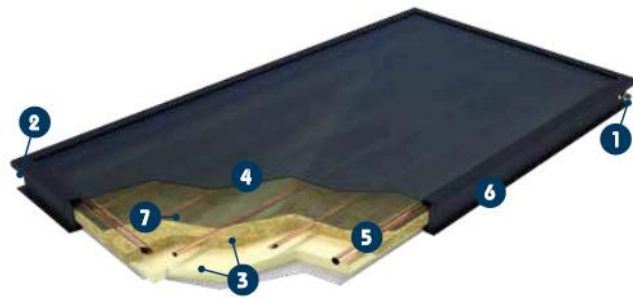
Kuva 5. Tyypillinen verkkoon kytketty järjestelmä. /17/

## 2.3 Aurinkolämpöjärjestelmä

Aurinkolämpöjärjestelmä (kuva 6) voidaan käyttää kahteen eri tarkoitukseen: käyttöveden lämmittämiseen ja/tai vesikiertoisen lämmityksen lämmittämiseen. Yhtä järjestelmää voidaan käyttää vain toiseen näistä, ei molempiin samanaikaisesti. Lämmitysjärjestelmänä aurinkolämpöä ei voida käyttää ensisijaisena lämmitysjärjestelmänä asuinrakennuksissa, koska se ei pysty tuottamaan lämpöä esim. talvella tai öisin. Aurinkolämpöjärjestelmässä käytetään aurinkopaneelien sijasta aurinkokeräimiä. Samoin kuin paneelit ne asennetaan yleensä katolle tai vastaavalle paikalle. /18/

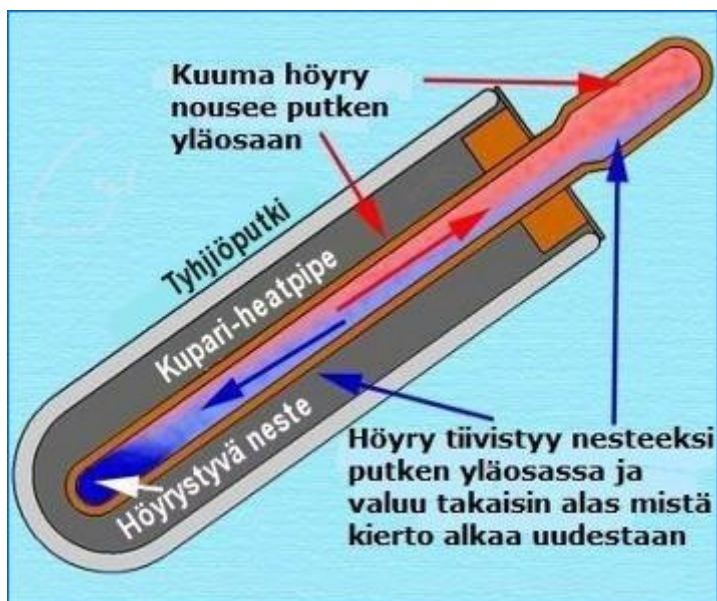
Aurinkokeräin lämmittää nestettä, usein vesi-glykoliseosta, jolla lämpöenergiaa siirretään lämmönsiirtimeen tai varaajaan. Keräintyyppejä on useita, joista yleisimmät ovat tasokeräin ja tyhjiöputkikeräin. Tasokeräimessä (kuva 6) neste kiertää putkessa (yleensä kupari) keräimen läpi, sitoen lämpöenergiaa itseensä ennen kun se kuljettaa sen varaajalle /19/.

1. Lämmönsiirtonesteeseen paluuputki
2. Lämmönsiirtonesteeseen menoputki
3. Eristeet; alapinnalla 20mm uretaania, yläpinnalla kivivillaa
4. Turvalasi 3mm
5. Keräinputkisto
6. Runkorakenne, eloksoitu alumiiniprofili
7. Heijastinpinta (absorptiolevy)



Kuva 6. Tasokeräimen osat. /20/

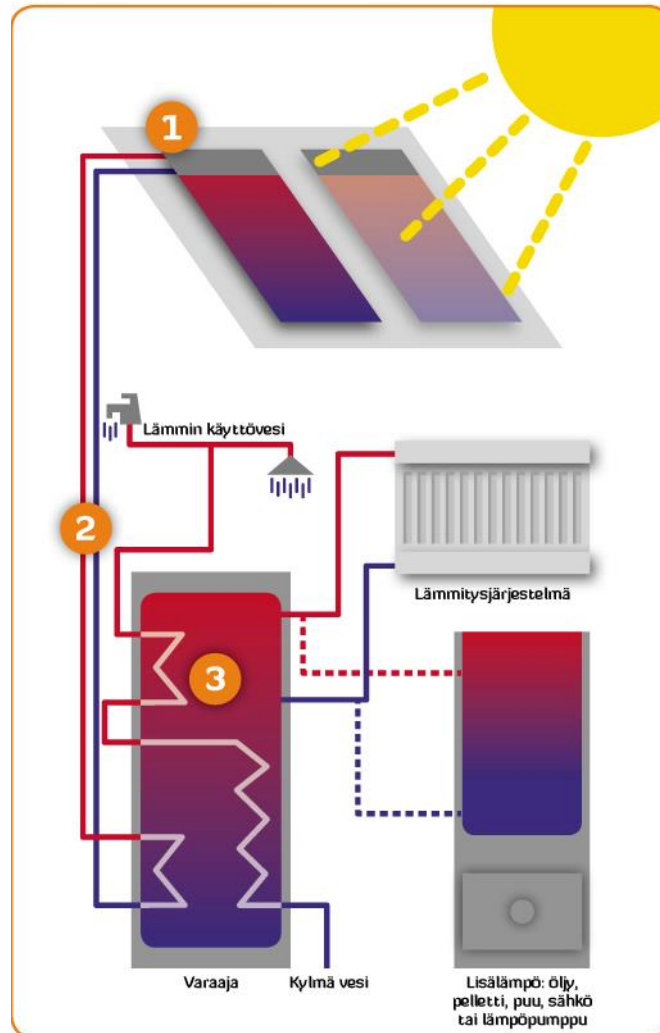
Tyhjiöputkikeräimiä on kahta eri tyyppiä, josta u-putki – tyyppi toimii muutoin samalla tavalla kuin tasokeräimessä, mutta kupariputki kiertää keräimessä tyhjiölasiputken sisällä, josta se sitoo lämpöä. ”Heat pipe”-tyhjiöputkikeräimessä (Kuva 7) on oma nestensä lasiputken sisällä, joka höyrystyy auringonsäteiden lämmöstä. Lämpöenergia siirtyy höyrystä kupariputkessa olevaan vesi-glykoliseokseen. /21/



Kuva 7. Heat-pipe – tyyppisen tyhjiöputken toimintaperiaate. /22/

Aurinkokeräimeltä neste siirtyy lämmönsiirtimeen tai varajaan, jossa se luovuttaa lämpöä esimerkiksi lämpimään käyttöveteen (kuva 8). Jotta vesi-glykoliseos ja lämmin käyttövesi ei sekoittuisi varajaassa, käytetään kierukkaputkea jossa vesi-glykoliseos kiertää. Kierukka sijaitsee yleensä varajaan alaosassa, jossa se esilämmittää käyttövettä. Nesteen kiertoa järjestelmässä hoidetaan pumpulla, jota ohjaa termostaatti. Sekä varajaassa että keräimessä on anturit. Kun keräimessä oleva neste on riittävän paljon lämpimämpi kuin

varaajassa, käynnistyy pumppu. Vastaavasti kun aurinkokeräimessä olevan nesteen lämpötila laskee alle varaajan veden lämpötilan, pumppu pysähtyy.



Kuva 8. Aurinkolämpöjärjestelmä lämpimän käyttöveden ja lämmitysjärjestelmän lämmittämiseen. /23/



### **3 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMIEN MITOITUSPERIAATTEITA**

Tässä luvussa esitetyt mitoitusperiaatteet koskevat isompia aurinkoenergiajärjestelmiä, jotka käytetään esimerkiksi asuin- ja toimistorakennuksissa. Aurinkosähköjärjestelmien osalta mitoitusmenetelmät koskevat ainoastaan verkkoon kytkettyjä järjestelmiä. Esitetyt mitoitusmenetelmät ovat 1) mitoitus pohjakulutuksen, 2) käytettävissä olevan pinta-alan, ja 3) käytettävissä olevan budjetin mukaan.

#### **3.1 Aurinkosähköjärjestelmät**

Kun aurinkosähköjärjestelmälle halutaan lyhin mahdollinen takaisinmaksuaika, se mitoitetaan kiinteistön pohjakulutuksen mukaan. Pohjakulutuksella tarkoitetaan vähimmäisenergiämäärä, jota rakennus kuluttaa sinä vuorokauden aikana kun aurinkosähköä on saatavilla. Yleensä mitoitusenergiämääränä käytetään kesäajan vähimmäisenergiämäärä. Tällöin tarkoituksena on käyttää kaikki tuotettu sähkö kiinteistössä. Ylimoittaminen ei kannata, koska ylimääräinen sähkö joudutaan syöttämään sähköverkkoon ostosähkön hintaa merkittävästi pienempää korvausta vastaan. Ostosähkön korvaaminen aurinkosähköllä on n. 3-5 kertaa tuottoisampaa kuin aurinkosähkön myyminen. /24/ Tavallisesti käytetään kesäajan pohjakulutusta /25/. Suomessa energiankulutusta mitataan lähes kaikkialla, ja jakeluverkkoyhtiöiden verkkopalveluista saa tiedot tuntitasolla. Uudisrakennuksessa tarkinta tietoa pohjakulutuksesta saadaan energiasimulointiohjelmalla.

Usein pohjakulutuksen mukaan mitoitettujen järjestelmien paneelistolle ei löydy tarpeeksi tilaa. Esimerkiksi toimistorakennuksissa suurin sähkökulutus ajoittuu yleensä päiväsaikaan, ja näinollen niihin sopisi monesti isompikin aurinkosähköjärjestelmä. Mutta koska toimistorakennuksissa usein on tasakatto, niihin voi olla mahdotonta saada tarpeeksi suuri paneelisto mahtumaan. Tällöin järjestelmä voidaan mitoittaa paneeleille käytettävissä olevan varjostamattoman pinta-alan mukaan. Yleensä kyseessä on katto, mutta paneeleja

asennetaan joskus myös seinälle tai maahan, jos siihen on mahdollisuus /26/. Seinäasennukset ovat yleensä kalliimpia, joten niitä tehdään lähinnä imago-syistä. Käytettävissä oleva pinta-ala on tietenkin kohdekohtainen, ja riippuu esim. rakennuksen suuntauksesta, ympäristöstä, ja mahdollisista katolla olevista esteistä, kuten ilmastointihormeista, vedenjäähdytyskoneista yms.

1 kW tehoa saadaan n. 7 m<sup>2</sup> aurinkopaneelista, joten esim. 50 kW järjestelmä vaatii n. 350 m<sup>2</sup> paneeleja. Harjakaton lappeelle asennettuna saadaan katon neliöitä tehokkaasti käytettyä (kuva 9). Suomessa optimaalinen asennuskulma paneelille on n. 40–45 astetta. 10–40 asteen kulmassa olevalla lappeella ei kuitenkaan saada sellaista hyötyä paneelin kulman muuttamisella, että se kannattaisi. Tasakattoasennuksessa käytetään telineitä paneelien kulman määrittämiseksi /27/. Paneeleista muodostuu varjo, jos paneelirivejä on useampi, täytyy niillä olla etäisyyttä toisistaan. Koko paneeliston tilantarve riippuu telineistä ja asennustavasta, mutta ohjearvona voidaan pitää n. 250 - 350 m<sup>2</sup> per 10 kW /28/.

Jos pinta-ala mukaan mitoitettu järjestelmä tulee liian kalliiksi, voidaan mitoittaa käytettävissä olevan budjetin mukaan. Tarkka hinta on mahdotonta arvioida, koska asennukseen vaikuttavia tekijöitä on monta, kuten rakennuksen korkeus, muoto, asennustapa yms. Fin-solar-hankkeen yhteydessä tehdyn laajan tutkimuksen mukaan vuonna 2014–2015 hankitut pienemmät 3-20 kW järjestelmät maksoivat 1,35-2 €/Wp (alv 0 %). Isommat 40–400 kWp järjestelmät maksoivat 1-1,6 €/Wp. Nämä hinnat sisältävät järjestelmän ja asennuksen. /29/

### 3.2 Aurinkolämpöjärjestelmät

Aurinkolämpöjärjestelmän mitoittaminen on yleensä mutkikkaampaa kuin aurinkosähköpuolella. Koska aurinkolämmöllä voidaan lämmittää lämmin käyttövesi, lämmitysjärjestelmä, uima-allas yms. Kohteen käyttötarkoitus ja mahdollinen olemassa oleva lämmitys- tai uima-allas vaikuttavat paljon suunnitteluun. Tyypillisesti aurinkolämpöjärjestelmä mitoitetaan siten, että se pystyy tuottamaan korkeintaan käyttöveden tarvitseman lämmön kesä-

aikaan. Tämä on maksimi, jotta ratkaisu olisi kustannustehokas /30/. Jos järjestelmää käytetään kohteen lämmitykseen, on myös silloin kannattavinta mitoittaa järjestelmä kesäajan lämmitysenergia tarpeen mukaan. Aurinkolämmön paras käyttöaika on huhti- ja syyskuun välisenä aikana, ja näin saadaan hyvin hyödynnettyä järjestelmää sen ajan. /31/

Jos tila ei riitä mitoittamaan edellä mainitulla tavalla, voidaan mitoittaa keräimille käytettävän pinta-alan mukaan. Kuten aurinkopaneelienkin osalta, katon lappeelle asennettuna pinta-alaa saadaan tehokkaasti käytettyä. Aurinkokeräimien huipputeho vaihtelee  $0,7-0,9\text{kW/m}^2$ , riippuen keräimistä. Asennettaessa tasakatolle ne vievät enemmän tilaa, koska niiden kallistuskulmaa täytyy muuttaa telineillä (kuva 12). Tasaiselle pinnalle asennettaessa nyrkkisääntö on, että maata/kattoa tarvitaan n. kolme kertaa enemmän kuin keräineliöitä. Esimerkiksi huipputeholtaan  $90\text{ kW}$  järjestelmän  $100\text{ m}^2$  keräinkenttä tarvitsee n.  $300\text{ m}^2$  tilan. /31/

Jos järjestelmä tulee liian kalliiksi yllämainituilla mitoitusperiaatteilla, se voidaan mitoittaa budjetin mukaan. Karkea ohjearvo  $20-100\text{ m}^2$  järjestelmille on  $500-750\text{ €/keräineliö}$  isommille yli  $100\text{ m}^2$  järjestelmille  $400-500\text{ €/keräineliö}$ . Näihin hintoihin kuuluu järjestelmä asennettuna, pois lukien varaaja /32/. Varaajaa ei välttämättä tarvitse hankkia jos rakennuksessa oleva varaaja voidaan kytkeä aurinkolämpöjärjestelmään. Toisaalta isoihin järjestelmiin voidaan myös joutua hankkimaan erikoisvalmisteinen varaaja, kuten seuraavassa luvussa esitetystä Alanurmon koulun järjestelmässä tehtiin.

## **4 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMIEN KOKONAISKUSTANNUKSET**

Tässä luvussa esitetään erilaisia toteutuneita aurinkoenergiajärjestelmiä, ja niiden kokonaiskustannukset. Aurinkosähköjärjestelmät ovat kaikki verkkoon kytkettyjä. Teholtaan ne ovat  $30\text{ kW}-100\text{ kW}$ , eli isommalle asuinkerrostalolle tai toimistorakennukselle tyyppillisiä kokoluokaltaan. Aurinkolämpöjärjestelmien huipputehot ovat  $27,6-180\text{ kW}_{\text{th}}$ , eli

kyseessä on suunnilleen samankokoisille rakennuksille tarkoitettuja järjestelmiä kuin sähköpuolella.

## 4.1 Aurinkosähköjärjestelmät

2010-luvun hinnanlaskun vuoksi tässä työssä käsitellään suhteellisen uusia, 2014–15 asennettuja järjestelmiä. Näin kokonaiskustannuksista voidaan arvioida mitä tyyppinen aurinkosähköjärjestelmä maksaa.

Kaikkien järjestelmien hankkijoina ovat yrityksiä, ja kustannukset esitetään ilman arvonlisäveroa. Kaikille hankkeille on myönnetty Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki. Energiatuki voidaan myöntää hankkeelle, joka edistää ”1) uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, 2) energiansäästöä tai energiantuotannon tai käytön tehostamista, 3) vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja” /33/. Tuki myönnetään ainoastaan yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille, eli yksityishenkilö ei voi saada sitä. Tuen suuruus on 30 % kokonaiskustannuksista kaikille tässä työssä käsitellyistä hankkeista.

### 4.1.1 Koy Aurinkopaja

Koy Aurinkopaja on vuoden 2014 lokakuussa valmistunut yritys kiinteistö, joka sijaitsee Porissa. Aurinkosähköjärjestelmä on asennettu samaan aikaan kuin kiinteistö on valmistunut. Kiinteistöyhtiö toimi itse voimalan rakennuttajana. Paneelit on asennettu katolle, ja suunnattu etelään (kuva 9). Kiinteistön suunnittelussa on toimittu siten, että itse lämmitysjärjestelmä on suunniteltu ensin, ja rakennus sen mukaan. Esimerkiksi välipohjat ovat normaalia paksumpia, ja varaavat lämpöä jotta sähköä lämmitykseen voidaan käyttää silloin kun aurinkosähköjärjestelmä sitä tuottaa.



Kuva 9. Aurinkosähköpaneelit Koy Aurinkopajan katolla. /34/

Kiinteistöä lämmitetään maalämpöjärjestelmällä, jossa on 60 kW lämpöpumppu. Aurinkosähköjärjestelmä on mitoitettu tuottamaan lämpöpumpun sähkönkulutuksen vuositasolla. Aurinkosähköjärjestelmän tekniset tiedot sekä kustannukset esitetään taulukossa 1. /35/

**Taulukko 1. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /35/.**

Rakennusvuosi	2014
Paneeliteho	49,5 kW
Invertteriteho	48 kVa kW
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	80 000 €
Kustannus/ $W_p$ (alv 0 %)	1,61 €
Kustannus/ $m^2$ aurinkopaneeli (alv 0 %)	242,42 €
Arvioitu vuosituotto	48 000 kWh

#### 4.1.2 Vuores-talo

Vuores-talo on Tampereella sijaitseva koulutuskeskus, joka on valmistunut vuonna 2014. Aurinkosähköjärjestelmä on asennettu rakennuksen katolle toukokuussa 2014 (kuva 9). Järjestelmä on mitoitettu vastaamaan rakennuksen kesäaikaista perussähkökuormaa.

Lämmitysjärjestelmänä toimii maalämpö 60kW maalämpöpumpulla. Aurinkosähköjärjestelmän tekniset tiedot sekä kustannukset esitetään taulukossa 2.

**Taulukko 2. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /36/.**

Rakennusvuosi	2014
Paneeliteho	45 kW
Invertteriteho	45 kVa kW
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	68 500 €
Kustannus/W <sub>p</sub> (alv 0 %)	1,52 €
Kustannus/m <sup>2</sup> aurinkopaneeli (alv 0 %)	233,47 €
Arvioitu vuosituotto	37 500 kWh



Kuva 9. Vuores-talon paneeli-rivit eteläpuoleisella katolla.

#### 4.1.3 Kouvolan Autosalpa

Kouvolan Autosalpa on autoliike Autosalpa Oy:n pääkonttori. Kiinteistössä toimivat myös autokauppa, korjaamo ja lounasravintola. Katolle asennettu aurinkosähkövoimala

valmistui huhtikuussa vuonna 2015. Teholtaan 100 kW järjestelmä on mitoitettu tuottamaan noin 20 % kiinteistön sähkön vuosikulutuksesta. Voimala koostuu yhteensä neljästä sadasta aurinkopaneelistä. Kaksisataa paneelia on suunnattu lounaaseen ja kaksisataa kaakkoon. Tarkoituksena on saada tasaisempi tuotanto aamusta iltaan. Tuotettu sähkö käytetään kiinteistössä, ja tulevaisuudessa sillä ladataan myös sähköautoja. /37/ Aurinkosähköjärjestelmän tekniset tiedot sekä kustannukset esitetään taulukossa 3.

**Taulukko 3. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /36/.**

Rakennusvuosi	2015
Paneeliteho	100 kW
Invertteriteho	96 kVa kW
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	124 000 €
Kustannus/W <sub>p</sub> (alv 0 %)	1,24 €
Kustannus/m <sup>2</sup> aurinkopaneeli (alv 0 %)	197,70 €
Arvioitu vuosituotto	90 000 kWh

#### 4.1.4 Kanteleen Vanhameijeri

Kanteleen Vanhameijeri Oy on Pukkilassa sijaitseva entinen meijeri, joka on muutettu yritys- ja asuinrakennukseksi. Tiloissa toimivat valokuvaamo ja suunnittelutoimisto, ja lisäksi kiinteistössä on kaksi asuntoa. Järjestelmä on asennettu vuonna 2015 /38/. Paneelit on asennettu viereisen rakennuksen, vanhan sikalan harjakaton lappeelle (kuva 5). Lape on jotakuinkin suunnattu etelään päin. 120 aurinkopaneelin järjestelmä on kaikista lappeille asennetuista Suomen suurin. /39/



Kuva 10. Aurinkopaneelit asennusvaiheessa sikalan katon lappeella /40/.

Järjestelmä on mitoitettu tuottamaan noin kolmanneksen kiinteistön vuotuisesta sähkönkulutuksesta. Mitoituksessa on myös huomioitu sikalan eteläpuoleinen lape, mikä on kukainkin peitetty 180 neliömetrin paneelistolla /38/. Huomioitavaa tämän kohteen kustannuksista on se, että koska vain 60 % aurinkoenergiajärjestelmästä on yrityksen käytössä, niin Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki on ainoastaan myönnetty sille osuudelle järjestelmästä. Aurinkosähköjärjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset esitetään taulukossa 4.

**Taulukko 4. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /41/.**

Rakennusvuosi	2015
Paneeliteho	30,5 kW
Invertteriteho	30 kVa kW
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	45 250 €
Kustannus/W <sub>p</sub> (alv 0 %)	1,51 €
Kustannus/m <sup>2</sup> aurinkopaneeli (alv 0 %)	235,68 €
Arvioitu vuosituotto	26 000 kWh



## 4.2 Aurinkolämpöjärjestelmät

Kaikki seuraavassa esitetyt aurinkolämpöjärjestelmät toimivat tasokeräimillä. Järjestelmät on hankittu vuosina 2013–2014. Vaikka aurinkolämpöjärjestelmien laitteisto ei ole kokenut samanlaista hinnanlaskua kuin aurinkopaneelit, kohteet ovat tässäkin osiossa esitetyt suhteellisen uusia.

Järjestelmät eriyvät käyttötarkoitukseltaan toisistaan siinä, että kahdessa lämmitetään vain lämmintä käyttövetä ja yhdessä sekä lämmitysverkostoa että käyttövetä. Hankkijoina ovat kaupunki, asuntosäätiö ja taloyhtiö. Hankkeille ei ole myönnetty tukia, mutta Alanurmon koululle on annettu n. 21 % investointiavustusta.

### 4.2.1 Alanurmon koulu

Lapualla sijaitsevaan Alanurmon kouluun asennettiin aurinkolämpöjärjestelmä vuonna 2013. Asennus on tehty koulun rakentamisen yhteydessä, ja hankkijana toimi Lapuan kaupunki. Bruttoalaltaan 90,6 m<sup>2</sup> tasokeräinkenttä on integroitu liikuntasalin kattoon (Kuva 10). Katon suunnittelussa on huomioitu tasokeräimet, esimerkiksi katon kulman suhteen. Aurinkolämmöllä lämmitetään primääristi koulun ja viereisen päiväkodin lattia-  
lämmitysverkosto ja käyttövesi. Kesällä ylimääräinen lämpö johdetaan paikalliseen aluelämpöverkostoon. Talvisin rakennukset lämmitetään aluelämpöverkostolla, jota taas lämmitetään puupolttoaineella. /42/



Kuva 11. Koulun kattoon integroitu aurinkokeräinkenttä /43/.

Järjestelmä koostuu kahdestatoista suurkeräimestä. Varaajana toimii erikoisvalmisteinen 4000 l akkuvaraaja. Järjestelmän on arvioitu tuottavan reilu kolmasosa rakennusten vuotuisesta lämmöntarpeesta. Taloudellisesti aurinkoenergiajärjestelmä ei ole kannattava, koska koulu on suljettu kesällä kun lämpöä tuotetaan eniten. Aluelämpöverkkoon syötetystä lämmöstä ei myöskään saada korvausta. Hankkeeseen on saatu 20 000 € investointiavustusta EU:n Concerto-ohjelmasta. Aurinkolämpöjärjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset esitetään taulukossa 5. /36/

**Taulukko 5. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /36/.**

Rakennusvuosi	2013
Huipputeho	64 kW <sub>th</sub>
Bruttoala	90,6 m <sup>2</sup>
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	75 000 €
Kustannus/W <sub>th</sub> (alv 0 %)	1,17 €
Kustannus/m <sup>2</sup> tasokeräin (alv 0 %)	827 €
Arvioitu vuosituotto	26 000-29 000 kWh

#### 4.2.2 Palvelukeskus Onnelanpolku

Palvelukeskus Onnelanpolku on vuonna 2014 Lahteen valmistunut asuin- ja palvelurakennus. Rakennuksen omistaa Lahden vanhusten asuntosäätiö. Noin 16 000 neliön rakennus on lähes nollaenergiatalo. Onnelanpolku toimi pilottikohteena FInZEB-hankkeessa, ja on rakennettu lähes nollaenergiatalon vaatimusten mukaan. Aurinkolämpöjärjestelmä on asennettu rakentamisen yhteydessä. 240 m<sup>2</sup> keräinkenttä on asennettu katolle (kuva 12). Kenttä koostuu 8 m<sup>2</sup> suurkeräimistä. Rakennusta lämmitetään ensisijaisesti kaukolämmöllä. /44/



Kuva 12. Aurinkokeräimet palvelukeskus Onnelanpolun katolla.

Aurinkolämpöjärjestelmällä lämmitetään käyttövettä, ja sen on arvioitu tuottavan noin 20 % rakennuksen lämmön kokonaiskulutuksesta. Mitoituksena on käytetty 40 % rakennuksen lämpimän käyttöveden energian vuosikulutuksesta. Koska kyseessä on korkea talo, ovat asennuskustannukset normaalia korkeampia, mikä on vaikuttanut huomattavasti kokonaiskustannuksiin. Asennuksen ja laitteiston osuus kustannuksista olivat kumpikin 40 %, ja loput 20 % kului muihin kustannuksiin, kuten suunnitteluun yms. Aurinkolämpöjärjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset esitetään taulukossa 6.

**Taulukko 6. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /36/.**

Rakennusvuosi	2014
Huipputeho	180 kW <sub>th</sub>
Bruttoala	240 m <sup>2</sup>
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	240 000 €
Kustannus/W <sub>th</sub> (alv 0 %)	1,33 €
Kustannus/m <sup>2</sup> tasokeräin (alv 0 %)	1000 €
Arvioitu vuosituotto	130 000 kWh

#### 4.2.3 Rivitalo Erämiehentie

Tämä kohde on Kangasalalla sijaitseva rivitaloyhtiö, joka koostuu 25 asunnosta. Yhtiössä päätettiin vaihtaa lämmitysmuotoa öljystä maalämpöön, ja samalla asennettiin myös aurinkolämpöjärjestelmä 90 kW lämpöpumpun avuksi. 30 m<sup>2</sup> keräinkenttä on asennettu katolle, ja keräimet on suunnattu kahteen suuntaan (kuva 7). Järjestelmää käytetään lämpimän käyttöveden esilämmitykseen, ja se on arvioitu tuottavan n. 47 % tarvittavan energian määrästä. /32/



Kuva 13. Erämiehentien tasokeräimet /45/.

Kesällä mahdollinen ylimääräinen lämpö syötetään maalämpökaivoihin. Koska maalämpöpumpun käyttöaika vähenee aurinkolämpöjärjestelmän ansiota, pitenee myös pumpun elinikä. Asennuksen osuus kokonaiskustannuksista oli n. 18 %. Suunnittelussa käytettiin erillistä pääsuunnittelijaa, jonka osuus kustannuksista oli n. 4 %. Aurinkolämpöjärjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset esitetään taulukossa 7. /36/

**Taulukko 7. Järjestelmän tekniset tiedot ja kustannukset /32/.**

Rakennusvuosi	2014
Kokonaisteho	27,6 kW <sub>th</sub>
Bruttoala	30 m <sup>2</sup>
Kokonaiskustannus (alv 0 %)	18 500 €
Kustannus/W <sub>th</sub> (alv 0 %)	0,67 €
Kustannus/m <sup>2</sup> tasokeräin (alv 0 %)	616,67 €
Arvioitu vuosituotto	22 000 kWh

## 5 TULOKSET

Aurinkosähköjärjestelmää kannattaa maksimissaan mitoittaa kesäajan pohjakulutuksen mukaan. Jos aurinkosähköjärjestelmää mitoittaa sen yli, joutuu myymään ylijäämäsähköä huonolla katteella, eikä se ole kannattavaa. Järjestelmää voidaan toki mitoittaa pienemmäksi.

Aurinkolämpöjärjestelmää kannattaa maksimissaan mitoittaa kesäajan kulutuksen mukaan. Tällöin järjestelmä ei juurikaan tuota ylijäämälämpöä, mutta sitä saadaan myös hyödynnettyä koko huhti- ja syyskuun välisenä aikana. Aurinkolämpöjärjestelmääkin voi tietenkin mitoittaa pienemmäksi.

Luvussa neljä tutkittujen aurinkosähköjärjestelmien keskihinnaksi tuli 1,47€/W<sub>p</sub> ja 227,32 €/m<sup>2</sup> aurinkopaneeli. Halvin järjestelmä (Autosalpa) maksoi 1,24€/W<sub>p</sub> ja kallein järjestelmä (Koy Aurinkopaja) 1,61 /W<sub>p</sub>.

Tutkittujen aurinkolämpöjärjestelmien keskihinnaksi tuli  $1,06\text{€}/W_{th}$  ja  $814,67\text{€}/\text{keräin-}$ neliö. Halvimman järjestelmän (Erämiehentie) kokonaiskustannukset olivat  $616,67\text{€}/\text{ke-}$ räinneliö, ja kalleimman (Onnelanpolku) kokonaiskustannukset olivat  $1000\text{€}/\text{keräin-}$ liö.

## 6 YHTEENVETO

Työssä on vertailtu sekä aurinkosähkö- että aurinkolämpöjärjestelmiä, niiden materiaali- ja asennuskustannuksia sekä kokonaiskustannukset huomioiden eri kohteiden sijainnit, koot ja tavoitteet hyödyntää aurinkoenergiaa.

Aurinkosähköjärjestelmien kustannusselvitysten osalta isoimmat hintaeroon vaikuttavat tekijät näyttävät olevan järjestelmän koko ja asennustapa. Mitä isompi järjestelmä on, sitä pienempi on asennuksen osuus kokonaiskustannuksista. Autosalpan  $100\text{ kWp}$  järjestelmä oli ylivoimaisesti halvin per  $\text{Wp}$ , ja yli kaksi kertaa isompi kuin muut järjestelmät. Vaikka Kanteleen Vanhameijerin järjestelmä on reilusti muita pienempi, oli se kuitenkin toiseksi halvin, koska paneelit on asennettu lappeelle joka on matalampi kuin Vuores-talon ja Koy Aurinkopajan katot. Kaksi halvinta järjestelmää oli asennettu vuonna 2015, mikä sekin on mahdollinen hintaan vaikuttava tekijä.

Aurinkolämpöjärjestelmien osalta halvimmassa järjestelmässä (per keräinneliö) on 30 keräinneliötä ja kalleimmassa on 240 keräinneliötä, joten järjestelmän koko ei välttämättä ole yhtä iso tekijä kokonaiskustannuksiin kuin aurinkosähköllä. Syy tähän on se että vaikka Onnelanpolun järjestelmä on iso, oli sen asennuksen osuus kokonaiskustannuksista kuitenkin 40 %. Rakennus on monikerroksinen ja järjestelmän asennukseen on käytetty nosturia. Myös putkiston asentaminen on vaatinut paljon aikaa. Toinen syy on myös se että suunnittelun osuus kokonaiskustannuksista oli 20 %, koska kyseessä on lähes nol-

laenergiatalo. Erämiehentien aurinkokeräinkenttä on sen sijaan asennettu matalan piharakennuksen katolle. Rakennuksen koon ja muodon vaikutus kokonaiskustannuksiin on selvästi isompi aurinkolämpö- kuin aurinkosähköjärjestelmille.

Lopuksi voidaan todeta että jokainen aurinkoenergiajärjestelmä on yksilöllinen, ja kokonaiskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on monta, joten kustannusten tarkka arviointi on suunnitteluvaiheessa vaikeaa. Huomioitavaa on myös se, että aurinkoenergiajärjestelmien hintatasot ovat laskeneet paljon viime vuosina, varsinkin aurinkosähköjärjestelmien osalta.

## 7 LÄHTEET

1. **Kalogirou, Soteris A.** *Solar Energy Engineering*. 2nd. Oxford : Academic Press, 2014. pp. 1,51.
2. **Motiva.** Passiivinen aurinkoenergia. *Motiva*. [Online] 10. August 2015. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/passiivinen\\_aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/passiivinen_aurinkoenergia).
3. **IEA.** *Renewable Energy Medium-Term Market Report 2014*. Paris : IEA Publications, 2014.
4. —. *Snapshot of Global PV Markets*. s.l. : IEA-PVPS Task 1, 2015.
5. **The Green Mechanics.** Global solar PV market hit cumulative 177GW in 2014. *The Green Mechanics*. [Online] 15. 4 2015. [Viitattu: 9. 9 2015.] <http://www.thegreenmechanics.com/2015/04/global-solar-pv-market-hit-cumulative.html#ixzz3ln4Wwg2o>.
6. **Motiva.** Auringonsäteilyn määrä Suomessa. *Motiva*. [Online] 10. 8 2015. [Viitattu: 18. 11 2015.] [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa).
7. **LUT.** Aurinkoenergia ja Aurinkosähkö Suomessa. *LUT*. [Online] 12. 11 2014. [Viitattu: 26. 11 2015.] [http://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa](http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa).
8. **PVGIS.** PVGIS. *IEA*. [Online] 2012. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
9. **(ESTIF), European Solar Thermal Industry Federation.** *Solar thermal markets in Europe 2014*. Brysseli : European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF), 2015.
10. **Aurinkoenergia.fi.** Suomessa. *Aurinkoenergia.fi*. [Online] 10. 11 2015. [Viitattu: 27. 11 2015.] <http://www.aurinkoenergia.fi/Info/184/aurinkovoimaa-suomessa>.
11. **Motiva.** Aurinkosähköjärjestelmien Hinta. *Motiva*. [Online] 12. 5 2014. [Viitattu: 27. 11 2015.]



[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelmien\\_hinta](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta).

12. **TEM.** Energiatuki. *TEM*. [Online] 3. 2 2015. [Viitattu: 28. 11 2015.] [https://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen\\_maara](https://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen_maara).

13. **Motiva.** Auringosta sähköä. *Motiva*. [Online] 12. May 2014. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa).

14. **Aarnio, Pertti.** New and Renewable Energy Systems. *Aurinkosähkö*. [Online] Helsingin Yliopisto. [Viitattu: 12. 10 2015.] <http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/pv/pv-tekno.html>.

15. **Types of Commercial Solar Panels and their structures.** *KamtexSolar*. [Online] **KamtexSolar**. [Viitattu: 3. 4 2016.] <http://www.solar.kamtexindustries.com/Articles/types-of-commercial-solar-panels-and-their-structures/All-Pages.html>.

16. **Motiva.** Auringosta lämpöä ja sähköä. *Motiva*. [Online] 11 2014. [Viitattu: 4. 4 2016.] [http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa\\_\(2014\).pdf](http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_(2014).pdf).

17. **Areva Solar.** Isot verkkoonkytkettävät aurinkosähköjärjestelmät. *Areva Solar*. [Online] [Viitattu: 12. 8 2015.] [http://www.arevasolar.fi/sites/default/files/esite\\_yrityksille\\_a4\\_arevasolar\\_web.pdf](http://www.arevasolar.fi/sites/default/files/esite_yrityksille_a4_arevasolar_web.pdf)

.

18. **Motiva.** Aurinkolämpö. *Motiva*. [Online] 10. August 2015. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo)

.

19. **Pöyry Management Consulting Oy.** *Aurinkolämmön liiketoimintamahdollisuudet kaukolämmön.* Vantaa : TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ,, 2013.

20. **Biawar.** *Biawar. Tasokeräimen toiminta.* [Online] 2012. [Viitattu: 15. 4 2016.] <http://www.promecon.fi/page10.html>.

21. Energia Auringosta. Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate . *Energia Auringosta*. [Online] Oy Jackson imports Ltd. [Viitattu: 24. 3 2016.] <http://www.energia-auringosta.fi/tuotteet/toimintaperiaate>.
22. Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate . *Energia Auringosta*. [Online] Energia Auringosta Oy. [Viitattu: 15. 4 2016.] <http://www.energia-auringosta.fi/tuotteet/toimintaperiaate>.
23. Miten aurinkolämpöjärjestelmä toimii? *Sundial*. [Online] Sundial Oy. [Viitattu: 15. 4 2016.] <http://www.sundial.fi/aurinko.php?page=aurinko3>.
24. Paavola, Minna. *Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien potentiaali Tampereella*. Tampere : Tampereen teknillinen yliopisto, 2016. [http://www.motiva.fi/files/10884/Verkkoon\\_kytettyjen\\_aurinkosahkojarjestelmien\\_potentiaali\\_Tampereella\\_Minna\\_Paavola\\_Diplomityo.pdf](http://www.motiva.fi/files/10884/Verkkoon_kytettyjen_aurinkosahkojarjestelmien_potentiaali_Tampereella_Minna_Paavola_Diplomityo.pdf).
25. Liuksiala, Lotta. Aurinkosähkön hankintaohje. *Finsolar*. [Online] Aalto-yliopisto, 18. 6 2015. [Viitattu: 22. 4 2016.] [http://www.finsolar.net/?page\\_id=2265](http://www.finsolar.net/?page_id=2265).
26. Motiva. Mitoitusmenetelmiä. *Motiva*. [Online] 12. 5 2014. [Viitattu: 20. 4 2016.] [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkosahkojarjestelman\\_mitoitus/mitoitusmenetelmia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia).
27. Puro, Vesa-Matti. Aurinkosähkövoimala. *Aurinkosähköä Suomeen*. [Online] 2014. [Viitattu: 21. 4 2016.] <http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/>.
28. Kantonen, Matti. *tapahtumat.tekes.fi. tekes.fi*. [Online] 2013. [Viitattu: 20. 04 2016.] <https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/6cdd6184/Kantonen-5130.pdf>.
29. Auvinen, Karoliina, Jalas, Mikko. Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. *Finsolar*. [Online] Aalto-yliopisto, 10. 2 2016. [Viitattu: 14. 4 2016.] [http://www.finsolar.net/?page\\_id=1363](http://www.finsolar.net/?page_id=1363).
30. Salonen, Teemu. *Sähköpostihaastattelu*. [haastateltava] Thomas Bagge. 01. 06 2015.

31. Kuokkanen, Jukka. *Sähköpostihaastattelu*. [haastateltava] Thomas Bagge. 28. 04 2016.
32. Auvinen, Karoliina. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. *Finsolar*. [Online] Aalto-yliopisto, 29. 4 2015. [Viitattu: 23. 10 2015.] [http://www.finsolar.net/?page\\_id=1398#\\_ftn11](http://www.finsolar.net/?page_id=1398#_ftn11).
33. Energiatuki. *Työ- ja elinkeinoministeriö*. [Online] 23. Helmikuu 2016. [Viitattu: 1. Huhtikuu 2016.] <https://www.tem.fi/energia/energiatuki>.
34. Auvinen, Karoliina. FinSolar. *KOy Aurinkopajan aurinkosähköinvestointi, Pori*. [Online] 30. 6 2015. [Viitattu: 15. 4 2016.] <http://www.finsolar.net/?p=2292>.
35. Müller, Julia. *Koy Aurinkopajan aurinkosähköinvestointi, Pori*. *Finsolar.net*. [Online] 31. 6 2015. [Viitattu: 5. 12 2015.] <http://www.finsolar.net/?p=2292&lang=fi>.
36. Tahkokorpi, Markku. Finsolar tapauskuvaukset. *Utupu Oy*. [Online] 14. 4 2015. [Viitattu: 20. 10 2015.] <http://www.utupu.fi/finsolar-tapauskuvaukset>.
37. Rönkkö, Janne. Autosalpa on Suomen suurimpia aurinkosähkön tuottajia. *Kouvolan Sanomat*. 8. Toukokuu 2015.
38. Kallionpää, Katri. Pukkilalaisperheen investointi: 50 000 euroa aurinkopaneeliin maksaa itsensä takaisin 12 vuodessa. *Helsingin Sanomat*. 7. Kesäkuu 2015.
39. Smolander, Mia. Antaa auringon hoitaa hommat. *Itäväylä*. 13. Toukokuu 2015.
40. Sumiloff, Lasse. Kanteleen Vanhameijeri. [Online] [Viitattu: 15. Syyskuu 2015.] [www.vanhameijeri.fi](http://www.vanhameijeri.fi).
41. —. *Sähköpostihaastattelu*. [haastateltava] Thomas Bagge. 28. 9 2015.
42. *Alanurmon uusi koulu lämpenee aurinkoenergialla*. *Lapuan Sanomat*. Lapua : Lapuan Sanomat, 23. Toukokuu 2013, Lapuan Sanomat.
43. Alanurmon uusi koulu. *Alanurmon Koulu*. [Online] 23. 5 2014. [Viitattu: 18. 4 2016.] <http://www.alanurmonkoulu.fi/uusikoulu.html>.

44. FInZEB. FInZEB. *Vanhusten Palvelutalo Onnelanpolku*. [Online] 20. 11 2014. [Viitattu: 14. 1 2016.] <http://finzeb.fi/vanhusten-palvelutalo-onnelanpolku/>.

45. Green Enery Cases. *Motiva*. [Online] 30. 9 2015. [Viitattu: 18. 4 2016.] [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/tietokannat/greenenergycases/sundial\\_finland\\_oy\\_rivitalo\\_eramiehentie.40.html](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tietokannat/greenenergycases/sundial_finland_oy_rivitalo_eramiehentie.40.html).