

# Aurinkoenergian hyödyntäminen kerros- ja rivitalokiinteistöissä

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikka  
Energiatekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Helena Ventus

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

VENTUS, HELENA:

Aurinkoenergian hyödyntäminen  
kerros- ja rivitalokiinteistöissä

Energiatekniikan opinnäytetyö, 41 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyö käsittelee aurinkoenergian hyödyntämistä kerros- ja rivitalokiinteistöissä. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Päijät-Hämeessä vaikuttava Kiinteistöliitto Päijät-Häme.

Työn tarkoituksena oli tarjota tiivis tietopaketti aurinkoenergiaa harkitseville taloyhtiöille ja muille toimeksiantajan tavoittamille asiakasryhmille sekä vastata tärkeimpiin aurinkoenergiajärjestelmän hankinnassa ilmeneviin kysymyksiin. Työssä esitellään aurinkoenergiaa yleisellä tasolla sekä aurinkoenergiajärjestelmien hankinnassa huomioitavia asioita. Lisäksi työssä esitellään aurinkoenergian mahdollisuuksia energianlähteenä Päijät-Hämeessä.

Teoriaosuuden lisäksi työtä varten vierailtiin erityyppisissä, aurinkoenergiaa hyödyntävissä kiinteistöissä Lahden seudulla. Esimerkkikohteiden avulla esitettiin erilaisia aurinkoenergiajärjestelmä-ratkaisuja käytännössä sekä niiden kannattavuutta.

Työn tuloksena saatiin kattava kokonaisuus aurinkoenergiasta Päijät-Hämeessä, erilaisista järjestelmistä ja ratkaisuista sekä aurinkoenergiajärjestelmän hankinnassa huomioitavista asioista.

Asiasanat: aurinkoenergia, aurinkopaneeli, aurinkokeräin, energiajärjestelmä

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

VENTUS, HELENA: Utilization of solarenergy in apartment buildings  
and row houses

Bachelor's Thesis in Energy technology  
page of appendices

41 pages, 1

Spring 2017

ABSTRACT

---

This thesis deals with the use of solar energy in apartment buildings and row houses. The thesis was commissioned by Real Estate Association Päijät-Häme.

The purpose of the thesis was to offer a compact material package for housing cooperatives and other groups targeted by the client which are considering the use of solar energy in their properties and also answer to the most important questions that will arise when preparing for a solar energy system. This work presents the solar energy at the general level and issues to be taken into account in the procurement of solar energy systems. In addition, the work presents potential of solar energy as a source of energy in Päijät-Häme.

In addition to the theoretical part, there have been visits to various types of properties which utilise solar energy in the Lahti region. These example properties present a variety of solar power system solutions in practice and give an idea of their profitability.

The result of this work is a comprehensive information package on solar energy in Päijät-Häme, various systems and solutions as well as issues to be taken into account in the procurement of the solar energy system.

Key words: solar energy, solar panel, solar collector

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	AURINKOENERGIA	2
2.1	Aurinko	2
2.2	Aurinkoenergia	3
2.3	Aurinkoenergian saatavuus Päijät-Hämeessä	4
3	AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄT	7
3.1	Paneelit	7
3.2	Aurinkokeräimet	9
3.2.1	Tasokeräin	11
3.2.2	Tyhjiöputkikeräin	11
3.2.3	Kuumailmakeräin	11
3.3	Rakennuksiin integroidut ratkaisut	12
3.4	Hybridiratkaisut	12
4	AURINKOENERGIAN HANKINNASSA HUOMIOITAVAA	14
4.1	Aurinkoenergiajärjestelmien komponentit	14
4.2	Mitoitus	15
4.3	Energian varastointi	16
4.3.1	Aurinkosähkön varastointi	16
4.3.2	Aurinkolämmön varastointi	17
4.4	Sijoittaminen ja suuntaus	17
4.5	Asennus	18
4.5.1	Katolle asentaminen	19
4.5.2	Seinäratkaisujen asentaminen	20
4.5.3	Tekniikan asentaminen	20
4.6	Huolto	21
4.7	Rakennusmääräykset ja viranomaisasiat	22
4.8	Investointi, rahoitus ja takaisinmaksu	23
5	AURINKOENERGIA KERROS- JA RIVITALOKIIHTEISTÖISSÄ	26
5.1	Aurinkoenergian hyödyntäminen olemassa olevissa kiinteistöissä	26
5.2	Aurinkoenergian soveltuvuus rivi- ja kerrostalokiinteistöihin	26
5.3	Aurinkoenergian tuomat hyödyt	28

5.4	Tulevaisuuden näkymät	28
6	KÄYTÖSSÄ OLEVIA AURINKOENERGIAJÄRJESTELMIÄ	30
6.1	Maakuntatalo, aurinkopaneelit	30
6.2	Kerrostaloikiinteistö Lahdessa, aurinkokeräimet	31
6.3	S-market Hennala, aurinkopaneelit	32
7	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	39

## 1 JOHDANTO

Suomessa on lähtökohtaisesti totuttu ajatukseen, että maamme sijaitsee liian pohjoisilla leveyspiireillä aurinkoenergian kunnollista hyödyntämistä ajatellen. Todellisuus ei kuitenkaan vastaa tätä ajatusmallia. Suomen valoisat kesät toimivat vuosittaisen energiantuotannon huippukuukausina ja näin tasapainottavat pimeiden talvikuukausien vähäistä lämmön ja sähkön tuotantoa. Eteläisessä Suomessa aurinkoenergian tuotanto on vertailukelpoinen Euroopan suurkaupunkien tuotannon rinnalla. Vasta pidemmälle pohjoiseen mentäessä pitkä talvi voi muodostua ongelmaksi aurinkoenergian ympärivuotista hyödyntämistä ajatellen.

Aurinkoenergiaa halutaan hyödyntää yhä enemmän ja sen suosio on kasvanut etenkin 2000-luvulla merkittävästi. Uudisrakentamisessa aurinkoenergiajärjestelmiä lisätään kiinteistöihin ympäri Suomea, mutta aurinkoenergiajärjestelmiä voi olla kannattavaa asentaa myös olemassa oleviin kiinteistöihin.

Olemassa olevissa kiinteistöissä voi olla haasteita saada aurinkoenergiajärjestelmät toimimaan maksimaalisella tuotolla, sillä rakennuksien rakennusvaiheessa ei ole mietitty kiinteistöjen soveltuvuutta aurinkoenergian käyttökohteeksi. Investointi aurinkoenergiaan voi silti olla kannattavaa ja kiinteistö voi ennakko-odotuksien vastaisesti soveltua hyvin aurinkoenergiajärjestelmille.

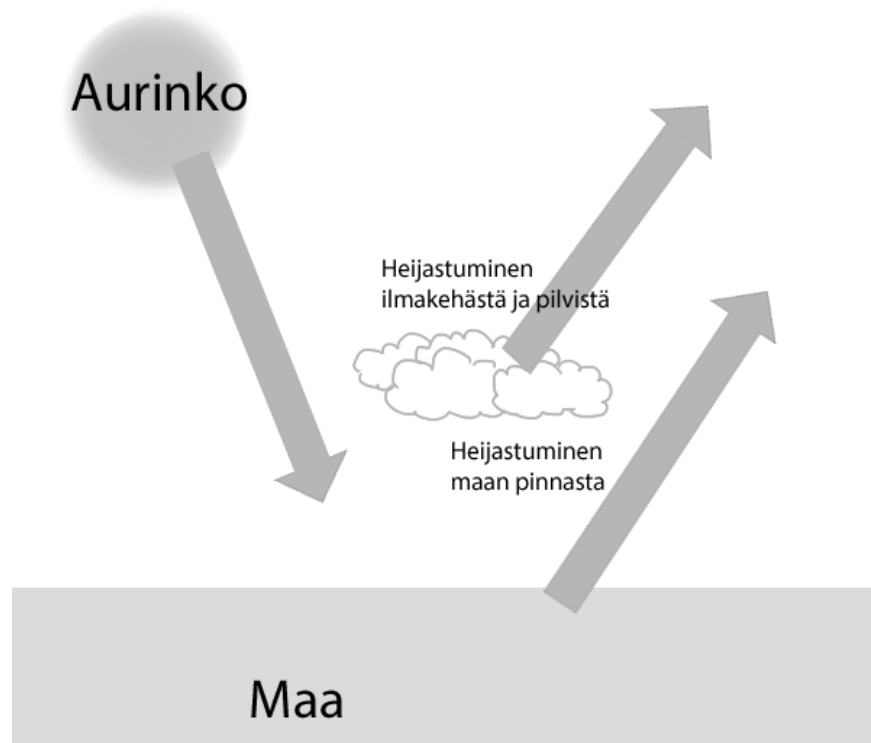
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä aurinkoenergiaa kiinteistöjen energiamuotona ja tarjota perustietoa siitä, millä tavoin aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää olemassa olevissa kiinteistöissä. Työssä käydään läpi aurinkoenergiajärjestelmän hankinnassa huomioon otavat tärkeimmät asiat. Lisäksi työssä esitellään aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksia rivi- ja kerrostalokiinteistöissä sekä esitellään kolme esimerkkikohtetta Lahden kaupungista. Esimerkkikohteiden avulla tuodaan esille aurinkoenergian potentiaali erilaisissa kiinteistökohteissa.

## 2 AURINKOENERGIA

### 2.1 Aurinko

Aurinko on aurinkokuntamme suurin tähti. Se on halkaisijaltaan 109 kertaa maapallon halkaisija ja massaltaan yli 330 tuhatta kertainen maapalloon verrattuna. Auringon arvioidaan koostuvan lähinnä vedystä (noin 75 %) ja heliumista (noin 23 %). Jäljelle jäävät 2 % ovat pääasiassa erilaisia metalleja kuten rautaa, kuparia sekä bariumia. (Aurinkoteknillinen Yhdistys 2017)

Maapallolle tulevasta lämpösäteilystä noin 47 % kuluu maan ja ilmakehän lämmitykseen ja noin 23 % haihduttamiseen. Maapallolle tulevasta auringon säteilystä 30 % heijastuu takaisin avaruuteen. Heijastuminen tapahtuu pääosin ilmakehästä sekä pilvistä, mutta myös maanpinnasta (kuvio 1). Pilvet vähentävät suoran säteilyn määrää merkittävästi, mutta samalla heijastavat maanpinnalle saapuvaa säteilyä takaisin maanpinnalle estämällä sen heijastumisen suoraan avaruuteen. (Erat, Hänninen, Nyman, Rasinkoski, Tahkokorpi & Wiljander 2016, 12 - 13)



## KUVIO 1. Säteilyn heijastuminen

### 2.2 Aurinkoenergia

Auringon säteilemä energia on peräisin auringossa tapahtuvasta fuusioreaktiosta. Fuusioreaktio vaatii toteutuakseen erittäin korkean lämpötilan, joka on mahdollista saavuttaa auringon ytimessä. Auringon ytimessä vallitsee noin 10 miljoonan asteen lämpötila.

Fuusioreaktiossa neljä vetyatomia (H) ydintä eli protonia yhdistyy heliumatomiksi (He). Fuusioreaktio on auringossa tapahtuva jatkuva prosessi. Arviolta 600 miljoonaa tonnia vetyä fuusioituu 596 tonniksi heliumia joka sekunti. (Ilmatieteen laitos 2017.)

Auringossa tapahtuva fuusioreaktio tuottaa suunnattoman määrän energiaa. Reaktiossa vapautuvan energian kokonaisteho on  $3,8 \times 10^{23}$ . Tästä kokonaistehosta maapallolle saapuu  $1,7 \times 10^{14}$  kilowattituntia, joka on 10 000 kertaa ihmiskunnan vuodessa käyttämän tehon määrä vuoden 2008 kulutuslukujen perusteella. Etelä-Suomessa vuoden aikana aurinkoenergiaa tulee noin 1000 kilowattituntia neliometriä kohden. (Erat ym. 2016, 12.)

Aurinkoenergiaa voidaan käyttää hyödyksi sekä passiivisesti että aktiivisesti. Passiivisesti aurinkoenergiaa hyödynnetään esimerkiksi lämmityksessä. Rakennuksien ikkunat on voitu suunnata etelään, jolloin aurinko lämmittää asuntoa lasin läpi päivän aikana. Aktiivisesti aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää erilaisilla aurinkoenergiajärjestelmillä, joiden avulla voidaan tuottaa sekä lämpöä että sähköä.

Aurinkoenergia on uusiutuva energianlähde ja loppumaton luonnonvara miljardeja vuosia tulevaisuuteen. Lisäksi auringon säteilyn käyttö energianlähteenä on täysin ilmaista. Kustannuksia tuottavat pääsääntöisesti vain huoltokulut sekä järjestelmään investointi.



### 2.3 Aurinkoenergian saatavuus Päijät-Hämeessä

Helsinki sijaitsee maapallolla 60° pohjoista leveyttä. Kyseisellä leveyspiirillä aurinkoenergian vuosittainen saantimahdollisuus on 938 kWh neliometriä kohden vaakatasossa mitattuna. Tämä luku on samaa luokkaa Keski-Euroopan lukujen kanssa. Luku on sama esimerkiksi Saksassa, missä aurinkoenergiaa hyödynnetään runsaasti. Optimiasennossa lukema on hieman suurempi, noin 1000 kilowattia neliometriä kohden. (Erat ym. 2016, 15.)

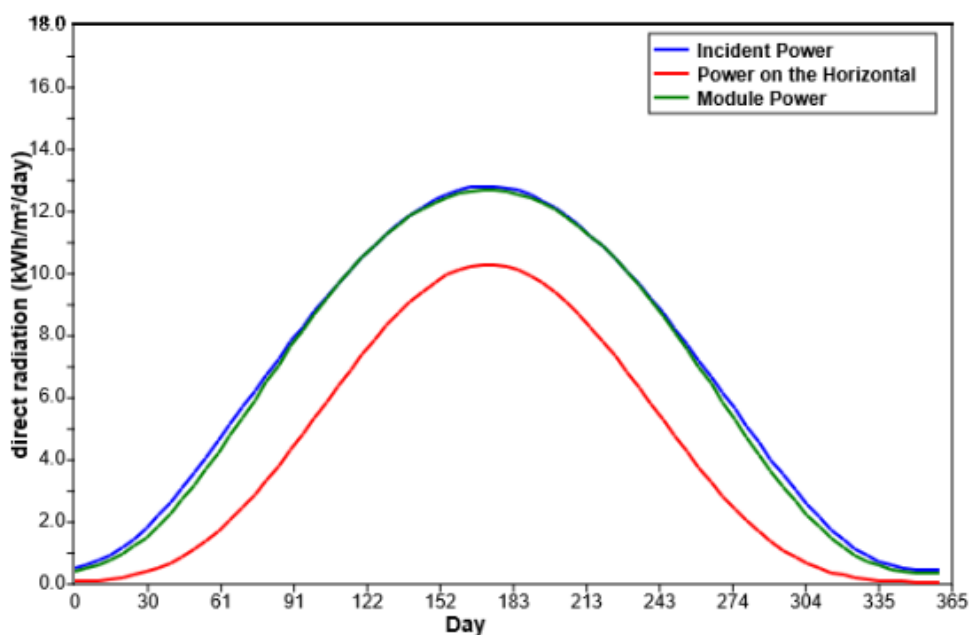
Päijät-Hämeen aurinkoisuutta tarkasteltaessa voidaan hyödyntää Helsingin leveyspiiriä tarkkojen lukemien saamiseen. Lukemat eivät poikkea merkittävästi, sillä leveyspiirejä tarkasteltaessa Päijät-Häme sijaitsee lähellä 60° pohjoista leveyttä.

Taulukossa 1 on esitelty tarkemmin eri Euroopan kaupunkien leveyspiirit sekä vuosittainen aurinkoenergian saantimahdollisuus. Taulukoitujen tulosten perusteella voidaan todeta, että eteläisessä Suomessa saadaan keskimäärin saman verran aurinkoenergiaa kuin Keski-Euroopassa sekä muiden pohjoisen Euroopan suurien kaupunkien tuntumassa.

TAULUKKO 1. Aurinkoenergian saanti mahdollisuus Euroopan eri kaupungeissa (Erat ym. 2016, 15)

Kaupunki	Leveyspiiri	kWh/m <sup>2</sup> A
Helsinki	60° 12´ N	938
Kööpenhamina	55° 40´ N	976
Pietari	59° 58´ N	908
Tukholma	59° 21´ N	993
Hampuri	53° 38´ N	938
Pariisi	48° 49´ N	1032
Lissabon	38° 43´ N	1689

Kuvion 2 sininen käyrä (Incident power) esittää päivän aikana saatavan aurinkoenergian suuruutta vuoden jokaisena päivänä. Kuvio on arvio 60° leveyspiirin saamasta energiasta. Tulos on teoreettinen, sillä se esittää maksimaalista energian saantia. Jotta aurinkoenergiajärjestelmän tulokset vastaisivat kuvaajan arviota, tulisi järjestelmän jäljittää aurinkoa täydellisesti päivän aikana. Järjestelmälle ei myöskään saa koitua esteitä, kuten kasvillisuutta tai muita rakennuksia, jotka varjostaisivat auringonvalon saapumista. Siispä tuloksia voidaan pitää vain suuntaa antavina. Kuviossa punainen käyrä (Power of the horizontal) esittää saatavan auringon säteilyn suuruutta, mikäli aurinkoenergiajärjestelmä olisi vaakatasossa. Vihreä käyrä (Module power) esittää kallistuskulmassa olevan järjestelmän vastaanottamaa aurinkoenergian määrää ja antaa realistisimman lukeman aurinkoenergiajärjestelmiä ajatellen.



KUVIO 2. Aurinkoenergian määrä 60° leveyspiirillä (Honsberg & Bowden 2017)

Maaston muodot ja ympäristön kasvillisuus vaikuttavat aurinkoenergian saatavuuteen paikallisella tasolla. Vaikutus voi kohdistua joko kiinteistön saamaan lämpöön sekä varjostukseen. Maaston muodoilla sekä kasvillisuudella on sekä hyviä että huonoja vaikutuksia kiinteistöjen

vastaanottamaan aurinkoenergiaan (taulukko 2). Molemmat tekijät voivat toimia tuulensuojana kiinteistölle.

TAULUKKO 2. Maaston muotojen ja kasvillisuuden vaikutus lämpöenergian määrään

Maaston muodot	Kasvillisuus
+ pienet mäet hidastavat tuulen nopeutta	+ tuulensuoja
+ tuulenvastaisella rinteellä tuulen nopeus hidastuu	- yksittäisillä puilla puuryhmittymiä varjostavampi vaikutus
- tuulenpuoleisella rinteellä tuulen nopeus kasvaa	- voi varjostaa kiinteistöä

Tuulisuudella on viilentävä vaikutus kiinteistöjen vastaanottamaan lämpöenergian määrään. Ympäristössä olevat mäet vaikuttavat tuulen nopeuteen sekä hidastamalla että nopeuttamalla tuulta. Maaston muotojen vaihtelu hidastaa tuulen nopeutta. Hyvin mäkinen maasto voi toimia myös tuulensuojana kiinteistölle. Kasvillisuus tarjoaa myös tuulensuojan. Tuulen hidastumiseen vaikuttaa kasvillisuuden sekä puuston korkeus, tiheys sekä sijainti. Liian lähelle kiinteistöjä sijoitettu kasvillisuus voi myös varjostaa kiinteistöä ja näin laskea sen vastaanottamaa lämpöenergian määrää.

### 3 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄT

Auringosta saatavaa energiaa voidaan ottaa hyötykäyttöön kahdella eri tavalla: paneeleilla ja keräimillä. Paneeleilla aurinkoenergia muunnetaan sähköksi ja keräimien avulla auringon säteilyn mukana saapuva lämpö kerätään talteen kiinteistöjen lämmitykseen.

#### 3.1 Paneelit

Auringon säteily muunnetaan sähköenergiaksi aurinkokennoilla. Aurinkosähköjärjestelmä on kolmesta osasta koostuva kokonaisuus; tähän kuuluvat aurinkopaneelit, invertteri sekä sähkövarasto.

Aurinkoenergian muuntuminen sähköenergiaksi tapahtuu valosähköisen ilmiön avulla. Valosähköisessä ilmiössä auringonsäteily irrottaa elektroneja aurinkokennojen pinnasta. Irronneet elektronit kulkeutuvat sähkövirtana kaapeleita pitkin invertterin kautta käyttökohteisiin. Säteilyn intensiteetillä on vaikutusta irtoavien elektronien määrään. Kesällä intensiteetin ollessa suurempi elektroneja irtoaa enemmän, ja näin ollen tuotettu sähkövirran määrä on suurempi talveen verrattuna. (Finnwind 2013)

Perinteinen aurinkopaneeli koostuu useista sarjaan kytketyistä aurinkokennoista, joista on muodostettu paneelimainen kokonaisuus. Kennostoa ympäröi ilmatiivis lasi. Aurinkokennot on tyypillisesti valmistettu muun muassa seuraavista materiaaleista: pii (monikiteinen ja yksikiteinen), ja amorfinen pii. (Richardson 2017)

Koska aurinkosähköjärjestelmät tuottavat tasavirtaa, sähköverkkoon kytkemistä varten aurinkosähköjärjestelmän tuottaman sähköön on kuljettava invertterin kautta. Invertteri eli vaihtosuuntaaja muuttaa sähköön vaihtovirraksi ja näin sähköverkkoon syöttökelpoiseksi sähköksi.



KUVA 1. Aurinkopaneelien inverttereitä

Kiinteistössä käytettävät aurinkopaneelit ovat tyypillisesti yksi- tai monikiteisiä paneeleja. Paneelityypeillä on eronsa. Yksikiteiset paneelit ovat hyötysuhteeltaan korkeampia rakenteellisten syiden takia, mutta herkempiä varjostuksen tuomille häiriöille. (Käpylehto 2016, 58.)

TAULUKKO 3. Yksikiteisten ja monikiteisten paneelien erot (Käpylehto 2016, 58)

Yksikiteiset paneelit	Monikiteiset paneelit
- Tunnistaa paneelin pinnan salmiakkikuvioista	- Tasainen pinta, ei kuviointia
- Parempi hyötysuhde(16-25%)	- Heikompi hyötysuhde(alle 20 %)
- Paneelien varjostus laskee hyötysuhdetta monikitepaneeleja enemmän	

Aurinkopaneelien hyötysuhde lasketaan jakamalla paneelin nimellisteho  $W_p$  paneelien pinta-alalla ja säteilytehon  $1000 \frac{W}{m^2}$  tulolla (Finnwind 2016).

Aurinkopaneelien nimellisteholla  $W_p$  tarkoitetaan paneelin antamaa tehoa

kesällä paneelin ollessa etelään suunnattuna  $30^\circ$  kulmassa ja säteilytehon ollessa  $1000 \frac{W}{m^2}$ .

$$\eta = \frac{W_p}{A \cdot 1000 \frac{W}{m^2}}$$

jossa

$W_p$ =paneelin nimellisteho

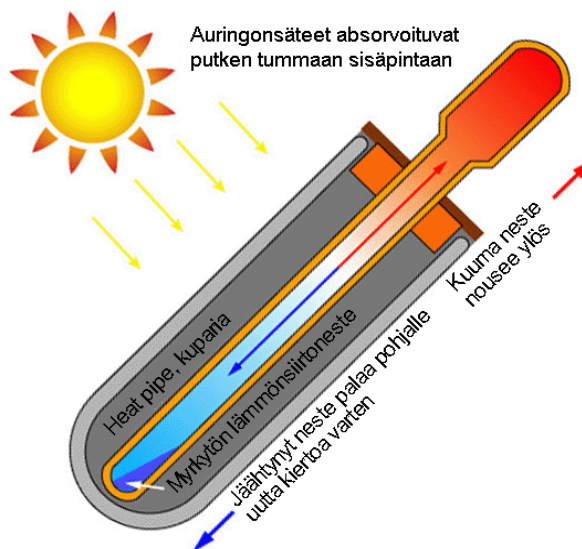
$A$ = paneelien pinta-ala

### 3.2 Aurinkokeräimet

Aurinkokeräimillä aurinkoenergiasta kerätään talteen lämpöenergiaa. Aurinkokeräimiä on olemassa kahta eri tyyppiä: nestekiertoiset keräimet sekä kuumailmakeräimet. Nestekiertoiset keräimet jaetaan lisäksi kahteen eri tyyppiin, tasokeräimiin sekä tyhjiöputkikeräimiin. Tyhjiöputkikeräimet on lisäksi mahdollista jakaa kahden eri putkityypin mukaan.

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu varaajasta, keräimistä, lämmönvaihtimesta, putkistosta sekä pumppuyksiköstä. Keräimet on tyypillisesti koottu levymäiseen rakenteeseen, jossa on rinnakkain useampi keräin.

Kaikilla keräinmalleilla on samanlainen toimintaperiaate (kuva 2). Auringonvalo absorboituu putken pinnan läpi ja siten lämmittää laitteessa kiertävää lämmönsiirtoainetta. Lämmönsiirtoaineena voi toimia joko ilma tai neste keräimen tyypistä riippuen. Siirtoaine kuljettaa lämmön putken kärkeen ja luovuttaa varaamansa lämmön lämmönsiirtonesteelle, minkä jälkeen jäähtynyt aine palaa takaisin keräimen pohjalle.



KUVA 2. Aurinkokeräimen toimintaperiaate (Aurinkopuisto 2016)

Aurinkokeräimien hyötysuhdetta laskiessa otetaan huomioon keräimen niin kutsuttu aperturepinta-ala eli pinta-ala, jolla keräin ottaa vastaan auringonsäteilyä. Muuten laskukaava vastaa paneelien hyötysuhteen laskukaavaa.

$$\eta = \frac{Q}{A_p \cdot 1000 \frac{W}{m^2}}$$

jossa

$Q$  = keräimen nimellisteho

$A_p$  = keräimien aperturepinta-ala

Laskukaavalla saatava keräimien hyötysuhde on kuitenkin vain teoreettinen. Aurinkokeräimien rakenteellisilla ratkaisuilla kuten lämmöneristyksellä ja lämmönsiirtoaineen ominaisuuksilla on vaikutusta hyödynnettävän aurinkoenergian määrään. Hyötysuhteeseen vaikuttavat myös ulkoiset sääolosuhteet, auringon tulokulma sekä varjot.

### 3.2.1 Tasokeräin

Tasokeräimet ovat nestekiertoisia aurinkokeräimiä jotka muistuttavat ulkonäöltään perinteisiä aurinkopaneeleja. Tasomainen rakenne kätkee sisäänsä kupariputkiston, jossa lämmönsiirtoaine kiertää. Kupariputkisto sitoo itseensä hyvin energiaa. Kiinteistöjen energiantuotannossa käytettävät keräimet ovat katettuja: putkisto on katettu tummalla keräinelementillä, joka kerää itseensä auringon säteilyenergiaa. Tyypillisesti lasipintainen elementti absorboi lämmön itseensä ja lämmittää näin allaan kiertävää lämmönsiirtoainetta. (Erat ym. 2016, 84.)

### 3.2.2 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräimet ovat putkimaisia keräimiä, jotka tyypillisesti on kytketty rinnan useamman keräimen kokonaisuuksiksi. Ne ovat jaettavissa kahteen eri alatyyppiin: heat pipe -lämpöputkiin sekä U-muotoisiin putkiin. Heat pipe -lämpöputkissa kiertävä neste höyrystyy ja kuljettaa sitomansa lämmön höyrynä lämmönsiirtimeen. Höyrystymien tapahtuu melko alhaisessa lämpötilassa. (Erat ym. 2016, 82.)

Tyhjiöputkikeräimissä on päällekkäin kaksi lasiputkea, joiden välissä oleva tyhjiö toimii lämmöneristeenä. Putken sisällä on absorptiokalvo, joka kerää lämmön itseensä. Keräimet lämpenevät tasokeräimistä poiketen 360 asteen alueelta. Näin keräimet keräävät lämpöä talteen laajemmalla alueelta ja keräimet lämpenevät nopeammin.

### 3.2.3 Kuumailmakeräin

Kuumailmakeräimissä lämmönsiirtoaineena toimii nesteen sijaan ilma. Ilma on nestettä huonompi lämmönsiirtoaine, sillä sen lämpökapasiteetti ja lämmönsiirtokyky ovat heikommät kuin nesteillä. Ilmakeräimissä on kuitenkin myös hyvät puolensa. Ilma ei jäädy eikä ylikuumene, se on turvallinen vaihtoehto, sillä mahdollisista vuotoista ei synny vahinkoa. Lisäksi ilma lämpenee nestettä nopeammin, ja ilmaa käyttävät keräimet



ovat nestekiertoisia keräimiä helpompi rakentaa. Ilmakeräin soveltuu nestekiertoisia keräimiä huonommin lämpimän käyttöveden sekä uima-altaiden lämmitykseen. (Erat ym. 2016, 90.)

### 3.3 Rakennuksiin integroidut ratkaisut

Aurinkoenergiajärjestelmät voidaan myös integroida rakennuksiin. Integroidut järjestelmät toimivat osana kiinteistön omaa julkisivua ja voivat energian tuottamisen lisäksi toimia muun muassa julkisivuna, ikkunoina, kaiteena, vesikatteena, tuulensuojana sekä meluaitana. Ratkaisuina ne herättävät ulkonäöllään perinteisistä aurinkoenergiajärjestelmistä poiketen vähemmän huomiota sulautumalla rakennuksen arkkitehtuuriin ja ympäristön ilmeeseen.

Järjestelmien integrointi suoraan kiinteistöön tuo mukanaan erilaisia etuja. Integroiduilla järjestelmillä säästetään keräintelineiden hankinnalta ja asentamiselta sekä säästetään rakennusmateriaalikuluisia. Toisaalta integroitujen järjestelmien lisääminen kiinteistöihin rakennusvaiheen jälkeen ei ole kannattavaa. Rakennuksiin integroidut ratkaisut tyypillisesti lisätäänkin rakennuksiin jo rakennusvaiheessa. Uudisrakennuksiin tekniikka on helpointa asentaa eikä asennuksesta koidu ylimääräisiä kustannuksia.

### 3.4 Hybridiratkaisut

Energiantuotannossa hybrideillä tarkoitetaan useammasta eri järjestelmästä koostuvia energia- ja lämmitysjärjestelmiä. Hybridijärjestelmillä voidaan tuottaa joko sähköä, lämpöä sekä vaihtoehtoisesti molempia. Hybridejä on tyypillisesti muodostettu esimerkiksi aurinkopaneelien, -keräimien, maalämmön ja tuulivoiman kesken.

Aurinkopaneelit tuottavat eri vuodenaikoina vaihtelevasti sähköä. Huippukuukaudet sijoittuvat touko-heinäkuulle ja talvella joului-

helmikuussa tuotanto on merkittävästi pienempää huippukuukausiin verrattuna. Vuodenaikojen sähköntuotannon tasapainottamiseksi paneelien rinnalle voidaan ottaa toinen sähköjärjestelmä.

Hybridiratkaisujen hyötyjä ovat seuraavat:

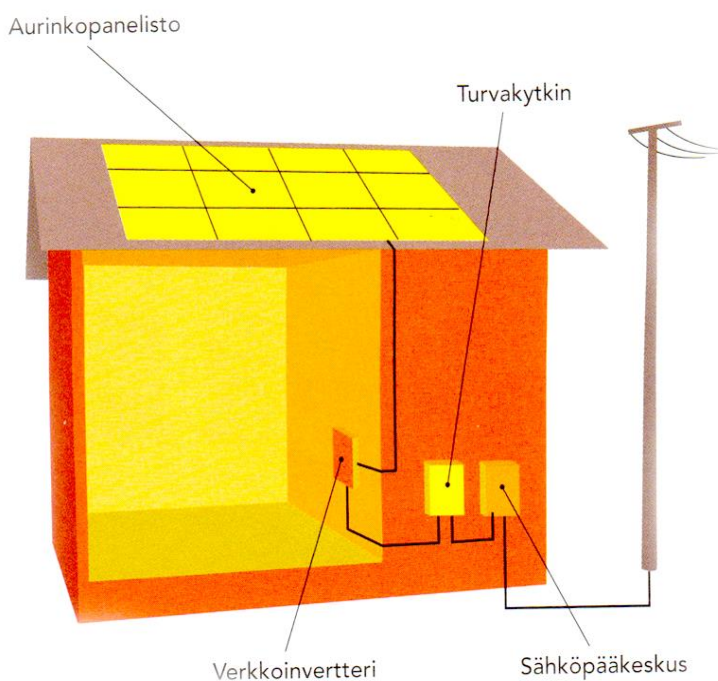
- Eri järjestelmät tukevat toisiaan eri vuodenaikoina.
- Sään vaikutus pienenee.
- Järjestelmällä voidaan tuottaa kiinteistön lämmitys sekä sähköntuotanto.
- Useat hybridiratkaisut ovat ekologisia ja polttoaineena käytetään uusiutuvia energianlähteitä kuten maalämpöä, aurinkoenergiaa sekä tuulivoimaa.

## 4 AURINKOENERGIAN HANKINNASSA HUOMIOITAVAA

Aurinkoenergiajärjestelmään investoitaessa on tärkeää ymmärtää laitteiston vaatimukset. Paneelien sekä keräimien lisäksi järjestelmään kuuluu useita muita komponentteja, jotka vaativat omat tekniset ratkaisunsa sekä sijoituskohteensa.

### 4.1 Aurinkoenergiajärjestelmien komponentit

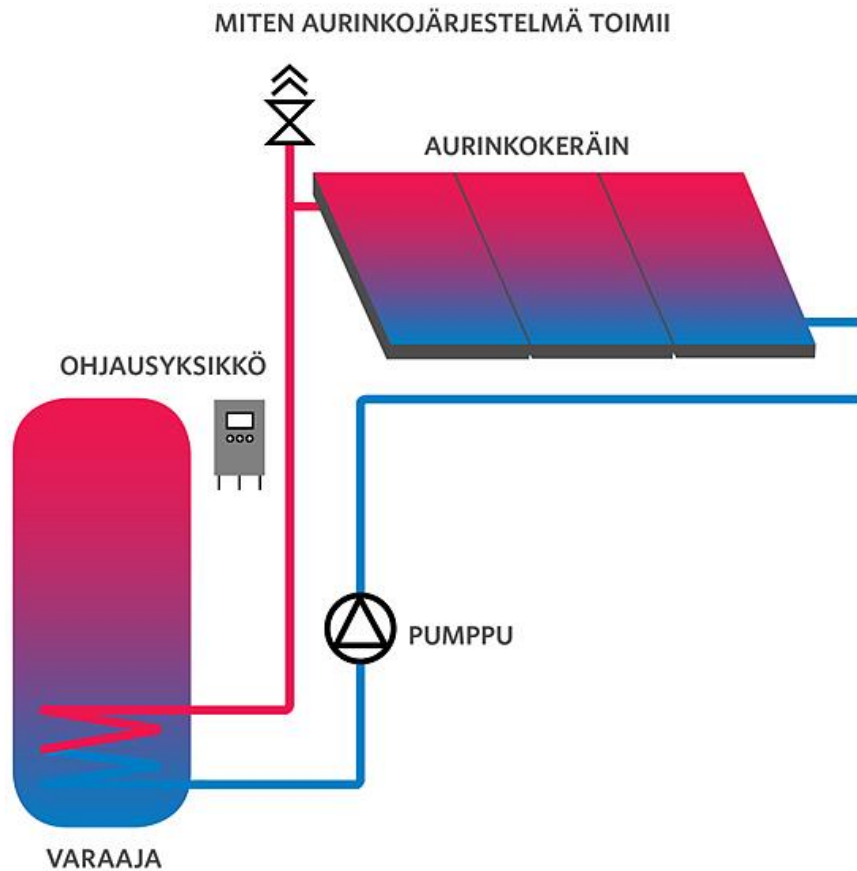
Kuvassa 3 on esitelty aurinkopaneelijärjestelmän kokonaisuus käytännössä riippumatta kiinteistön tyypistä. Kokonaisuuteen kuuluvat aurinkopanelisto, verkkoinvertteri, turvakytkin sekä sähköpääkeskus mistä järjestelmän tuottama sähkö ohjataan sähköverkkoon. (Käpylehto 2016, 72.)



KUVA 3. Aurinkopaneelijärjestelmä (Käpylehto 2016, 72)

Aurinkolämpöjärjestelmän kokonaisuus on esitetty kuvassa 4. Aurinkokeräinjärjestelmään kuuluu aurinkokeräimien lisäksi tärkeimpinä komponentteina pumppuyksikkö sekä varaaja. Varaajan kautta lämpö

ohjataan käyttökohteeseen, esimerkiksi lämmitykseen tai lämpimäksi käyttövedeksi.



KUVA 4. Aurinkolämpöjärjestelmä (Motiva 2017)

#### 4.2 Mitoitus

Aurinkoenergiajärjestelmä mitoitetaan aina omien tarpeiden mukaan. Mitoituksessa tulee huomioida, onko järjestelmän tarkoitus toimia pääenergianlähteenä vai lisäenergianlähteenä kiinteistölle. Järjestelmä lähtökohtaisesti mitoitetaan tuottamaan maksimissaan sen määrän lämpöä tai sähköä, mitä kiinteistö maksimissaan voi kuluttaa.

Aurinkosähköjärjestelmissä ylituotettu sähkö ohjataan sähköverkkoon. Aurinkolämpöjärjestelmillä kerätty lämpö otetaan talteen varaajan avulla.

Sijotuskohde rajoittaa järjestelmän kokoluokkaa. Sijotuskohteeksi valittu kiinteistön osa määrittelee käytettävissä olevan pinta-alan. Tehokkaammat järjestelmät vievät vähemmän pinta-alaa kuin heikommat järjestelmät, sillä

tuotto on suurempi pinta-alaa kohden. Aurinkosähköjärjestelmä voidaan myös ylimitoittaa, mikäli sähköä halutaan myydä verkkoon.

Aurinkolämpöjärjestelmän mitoituksessa huomioidaan lämpimän käyttöveden kulutus ja valittu keräintyyppi. Vastaavasti aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa huomioidaan oma kulutus ja valittu paneelityyppi.

### 4.3 Energian varastointi

Aurinkoenergian varastoinnilla on merkittävä rooli aurinkoenergiajärjestelmissä. Vuodenaikojen sekä vuorokauden aikana tapahtuva auringonsäteilyn määrän vaihtelu lisää energian varastointitarvetta. Varastoinnilla pystytään paikkaamaan vaihteluista johtuvat energiantuotannon erot. Varastointitapa riippuu siitä, varastoidaanko sähköä vai lämpöä.

#### 4.3.1 Aurinkosähkön varastointi

Aurinkosähköjärjestelmissä ei tyypillisesti käytetä kookkaita varauslaitteistoja vaan sähkön varastointi toimii akuilla. Aurinkosähköjärjestelmissä sähkön varastoinnin tavoitteena on sähköverkon stabilointi tai tuoton ajallinen siirto. Tuoton ajallisella siirrolla tarkoitetaan keskipäivän valoisilla tunneilla kerätyn ylijäämänsähkön varastoimista ja hyödyntämistä aikana jolloin tuotto on heikkoa.

Akuilla voidaan varastoida sähköä tunti- ja päivätasolla. Sen sijaan vuodenaikataseeseen varastointiin akustot eivät sovellu niiden kapasiteettirajoituksen vuoksi. Pidemmän aikavälin varastointiin voidaan sen sijaan hyödyntää muun muassa varavoimageneraattoria.

Akkuja on olemassa useampaa eri tyyppiä, ja erilaiset akut sisältävät eri kemiallisen koostumuksen. Aurinkosähköjärjestelmissä käytettäviä akkutyyppejä ovat lyijyakut, AGM-akut, suljetut akut, geeliakut sekä

litiumakut. Jokaisella akkutyypillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. (Erat ym. 2016, 155 - 158.)

Suomen sääolosuhteissa tulee huomioida akkujen kestävyys myös alhaisissa lämpötiloissa. Koska akkuja ei suositella sijoittamaan sisätiloihin turvallisuussyistä, on ulos sijoitettujen akkujen tärkeää pystyä kestämaan pakkasasteita vuoden kylmimpinä kuukausina. Tyhjäksi jätetty akku saattaa jäätyä kovilla pakkasilla. (Akku-Ässä Oy 2017.)

#### 4.3.2 Aurinkolämmön varastointi

Aurinkolämpöjärjestelmän tuottama lämpö varastoidaan varaajan avulla. Varaajan koko vaihtelee kiinteistön lämmöntarpeen sekä varaajan tyyppin mukaan. Jos varaajana käytetään lämminvesivaraajaa, se mitoitetaan päivittäisen käyttöveden kulutuksen mukaan. Tilavuudeltaan varaajan on oltava 2 - 3 kertaa päivittäisen kulutuksen suuruinen. (Erkkilä 2003, 56.)

#### 4.4 Sijoittaminen ja suuntaus

Tyypillisesti aurinkoenergiajärjestelmät on sijoitettu kiinteistöjen katoille minne ympäristön vaikutukset, kuten varjostus, eivät vaikuta suuresti. Järjestelmien sijoittamiselle on kuitenkin olemassa monipuolisesti erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Kattoratkaisujen lisäksi järjestelmiä sijoitetaan kiinteistöjen julkisivuihin sekä integroidaan valmiiksi rakennusmateriaaleihin. Integroituja järjestelmiä ovat esimerkiksi kattopelteihin integroidut aurinkokennot tai julkisivumateriaaliin integroidut ratkaisut. Perinteiset aurinkoenergiajärjestelmien teho perustuu ensisijaisesti valittuun sijaintiin ja suuntaukseen. Uusilla innovatiivisilla, auringonvaloa seuraavilla ratkaisuilla tuotto on huomattavasti perinteisiä, yhteen suuntaan ja kulmaan kohdistettuja paneeleja ja keräimiä suurempi.

Oikealla sijoittamisella aurinkoenergiasta saadaan irti maksimaalinen hyöty. Järjestelmän sijoittamisessa huomioon otettavia tekijöitä ovat

- kiinteistöä ympäröivä infrastruktuuri

- luontoympäristö
- kiinteistön korkeus
- tuulisuus ja sen estäminen sekä
- kiinteistön muoto.

Optimaalinen sijoituskohde aurinkopaneeleille ja keräimille on itä-etelälänsi sektorilla parhaimman auringonpaisteen turvaamiseksi. Paras energiantuotto on suoraan etelään suunnatuilla järjestelmillä. (Kettunen 2017.)

Paneelien ja keräimien sijoittamisessa huomioidaan sijainnin lisäksi niiden asennuskulma. Aurinkopaneelien asennuskulmaksi suositellaan usein 30 ja 45 asteen välillä vaihtelevia kulmia asiantuntija arviosta riippuen. Aurinkokeräimien suositeltu asennuskulma on 45 ja 90 asteen välillä. Asennuskulma tulee valita niin, että tuotto vuoden aikana on mahdollisimman suuri.

Aurinkoenergiajärjestelmä on kannattavinta sijoittaa paikkaan, missä sille ei aiheudu varjoestettä. Kiinteistön optimaalisimpaan sijoituspaikkaan aurinko paistaa päivän aikana eniten eikä paikkaan kohdistu varjoa päivän valoisimpina aikoina. Järjestelmää varjostavia tekijöitä voivat olla muun muassa läheiset kiinteistöt, rakennuksen räystäät, katonmuoto sekä läheiset puut.

Lämpötilalla on merkittävä vaikutus aurinkoenergiajärjestelmien tuoton suuruuteen. Koska lämpötila vaikuttaa aurinkoenergiajärjestelmien tuottoon, on myös tuulella vaikutusta järjestelmien sijoittamiseen. Tuulensuojana voi toimia muun muassa kasvillisuus tai ympäröivä infrastruktuuri.

#### 4.5 Asennus

Aurinkoenergiajärjestelmien asentamiseen vaikuttaa valittu sijoituskohde. Paneelien ja keräimien asentamisen lisäksi järjestelmän asennuksessa

huomioidaan muun tekniikan, kuten kaapelointien, invertterien sekä energian varastointilaitteistojen asennus.

#### 4.5.1 Katolle asentaminen

Katolle asennettavat perinteiset järjestelmät vaativat erilaisia ratkaisuja riippuen kattomateriaalista.

Eri kattomateriaaleille on olemassa eri asennustapoja aurinkopaneeleille sekä -keräimille. Katon materiaalin perusteella tulee valita oikea asennustapa parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi. Tiili- ja peltikatot kestävät kävelyä ja painoa enemmän kuin huopakatto. Etenkin kesäisin lämpö pehmentää huopakattoja ja järjestelmien aiheuttama raskas paino voi aiheuttaa painaumuksia sekä vaurioita kattomateriaaliin.

Paneelit ja keräimet asennetaan tyypillisesti alumiiniprofiileista valmistettuihin kiinnitysjärjestelmiin. Katolle asennettavat paneelit ja tasokeräimet voidaan asentaa yksikerroksisella tai kaksikerroksisella kiinnitysjärjestelmällä katon suuntaisesti. (Aurinkovirta 2017.)

Lisäksi kiinnitys voidaan tehdä ratkaisulla, jossa alumiiniprofiileilla paneelit ja keräimet saadaan asetettua haluttuun kulmaan (kuva 5). Tämä ratkaisu sopii erityisesti tasakattoisiin kiinteistöihin missä katon suuntainen ratkaisu ei ole tehokkain. Tasakatolla katon pintaan ei ole välttämätöntä porata reikiä tai kiinnityspisteitä ja järjestelmä voi levätä katon päällä painojen avulla. (Käpylehto 2015.)





KUVA 5. Alumiiniprofiileilla on luotu haluttu asennuskulma aurinkokeräimille

#### 4.5.2 Seinäratkaisujen asentaminen

Seinäratkaisuiden kiinnittäminen toimii katolle kiinnitettävien järjestelmien tapaan. Järjestelmät tyypillisesti asennetaan kiinteistön seinän suuntaisesti.

Keräimien ja paneelien kiinnityksessä jätetään tarvittava ilmanvaihtoväli kiinteistön julkisivun sekä laitteiston välille. Jos rakenteiden väliin ei jätetä tarvittavaa tuuletusaukkoa, paneelien lämpötila voi kasvaa liian suureksi. Suositeltu tuuletusväli on vähintään 5-10 senttimetriä. (Erat ym. 2016, 182.)

#### 4.5.3 Tekniikan asentaminen

Inverterit ja energian varastointilaitteistot sijoitetaan kiinteistöjen sisätiloihin. Inverteri asennetaan kiinteistössä olevaan sähköpääkeskukseen tai muuhun vastaavaan tekniseen tilaan. Inverteriä ei tule asentaa ulkotiloihin jäätymisvaaran takia. (Käpylehto 2015.)

Akustot ja lämmönvaraajat sijoitetaan kiinteistön sisätiloihin.

Sijoiuskohteena toimii tyypillisesti kiinteistön tekninen tila. Akustojen ja varaajien asennuksessa on varauduttava tarjoamaan niille riittävästi tilaa, sillä tyypillisesti järjestelmät vaativat useamman akun tai lämmönvaraajan.

#### 4.6 Huolto

Erilaiset järjestelmät vaativat erilaisia huoltotoimenpiteitä. Pääsääntöisesti aurinkoenergiajärjestelmät vaativat vain vähän huoltoa. Huollon määrä riippuu sijoituspaikasta sekä sääolosuhteista. Järjestelmät eivät kestä paino rasiutusta, ja siksi järjestelmien päällä kulkemista tulee välttää.

Katolle sijoitetut keräimet ja paneelit vaativat talvisin enemmän huoltoa kuin seinälle sijoitetut järjestelmät. Jos järjestelmä on vuoden ympäri olevassa käytössä, tulee paneeleja/keräimiä puhdistaa useammin. Lumi estää auringon säteilyn pääsyn laitteisiin ja näin vähentää energiantuotantoa. Lisäksi lumi voi painonsa myötä aiheuttaa suurina massoina rasiutusta järjestelmälle. Paneelit putsataan lumesta puhtaaksi pehmeäharjaisella harjalla paneeleja vaurioittamatta. Hyvin likaiset aurinkopaneelit voidaan puhdistaa rätillä sekä tavallisella tiskiaineella. (Huoltodata 2016.)

Katolla liikuttaessa tulee huomioida kattomateriaalin tyyppi. Huopakatolle asennettuja järjestelmiä varten tulee asentaa myös kantava kulkureitti huoltotöitä varten esimerkiksi puulaudoista (kuva 6). Näin katto säästyy ylimääräiseltä rasiutukselta ja liikkumisen aiheuttamilta vaurioilta.



KUVA 6. Katolle asennettu kulkureitti

Aurinkosähköjärjestelmissä invertterit eivät vaadi huoltotoimenpiteitä. Mikäli invertterit on kuitenkin varusteltu jäähdytyspuhaltimilla, on mahdollista että puhaltimet joudutaan vaihtamaan invertterien eliniän aikana. Invertterien käyttöikä on noin 20 vuotta. (Erat ym. 2016, 142, 144.)

Aurinkopaneelijärjestelmän akut voivat rasittua liian suuresta jännitekuormituksesta sekä vaihtoehtoisesti liian vähäisestä lataamisesta. Akustojen kunto on tärkeä tarkistaa vähintään kerran vuodessa. Akun kuntoa voi tarkkailla kirjaamalla akkujen jännitteen muistiin kuukausittain. Ylikuormituksen välttämiseksi järjestelmä voi hetkellisesti irrottaa aurinkopaneelit akustosta. Aurinkopaneelien akustot on hyvä ladata vähintään kolmen kuukauden välein jotta akustojen teho säilyy ennallaan. Jos akkua ei käytetä pitkään aikaan, on syytä varmistaa että akku on ladattu täyteen ennen sen yksin jättämistä. Huonosti huolletuissa akustoissa piilee tulipalovaara. (Huoltodata 2008.)

#### 4.7 Rakennusmääräykset ja viranomaisasiat

Aurinkoenergian käyttöönottajän tulee selvittää, vaatiiko toimenpide rakennuslupia omassa kunnassa. Peruskäytäntönä on, että rakennuksen katteen suuntaisissa ratkaisuihin lupia ei tarvitse hakea.

Oman kunnan rakennusvalvontaan tulee olla yhteydessä ja kysyä lupien tarpeellisuutta. Luvat vaihtelevat eri kuntien välillä eikä kaikissa kunnissa tarvitse erillistä rakennuslupaa aurinkoenergiajärjestelmän asentamiseen. Väärinkäsityksien välttämiseksi viranomaisilta on tärkeää varmistaa lupa-asiat ennen rakennustöiden aloittamista.

#### 4.8 Investointi, rahoitus ja takaisinmaksu

Aurinkoenergiaan investointi ei ole ilmaista. Suuremmat järjestelmät maksavat useita tuhansia euroja. Investointikustannuksien jälkeen aurinkoenergiajärjestelmien käyttökustannukset ovat kuitenkin hyvin pienet.

Aurinkoenergiaan investoinnin yhteydessä puhutaan takaisinmaksuajasta. Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jolloin järjestelmän tuoma taloudellinen hyöty ylittää investointikulut ja kertyneet käyttökustannukset. Takaisinmaksun jälkeen järjestelmä pyörii niin ikään ilman kustannuksia. Aurinkosähköjärjestelmää hankkiessa on kuitenkin huomioitava että yli 100 kW:n aurinkosähköjärjestelmät ovat sähköverovelvollisia ja näin ollen verotus aiheuttaa suurille järjestelmille välttämättömiä kuluja. (Erat ym. 2016, 191.)

Aurinkoenergiajärjestelmien hinnat ovat pudonneet viimeisten viiden vuoden aikana jopa 70 %. Järjestelmien takaisinmaksuajat tällä hetkellä ovat keskimäärin 15 - 20 vuotta mutta on myös tiedossa kohteita missä takaisinmaksuajoissa päästään jopa 10 vuoteen. Järjestelmät kestävät ilman paneelien ja keräimien uusimista yli 25 vuotta. Taloudellisesti aurinkoenergiajärjestelmä voi olla kannattava vaihtoehto, mikäli kiinteistö soveltuu aurinkoenergian hyödyntämiseen sijaintinsa perusteella. (Alhava & Heinola 2016.)

Kun aurinkopaneeleja hankitaan liikekiinteistöihin, on sitä varten mahdollista saada valtion tukia. Työ- ja elinkeinoministeriö myöntävät tukia erilaisiin yhteisöjen ja yritysten hankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvien energianlähteiden käyttöä sekä pyrkivät tehostamaan yrityksen

energiankäyttöä. Tekes hoitaa energiatukia koskevat hakemukset. Vuonna 2016 myönnetty tukimäärä aurinkosähköä hyödyntäville hankkeille oli noin 25 % hyväksytyistä kustannuksista. Vastaavia tukia ei ole mahdollista saada asuinkiinteistöille. (Aurinkomaisema 2017.)

Nykyisin internetissä on tarjolla useita laskureita aurinkoenergiajärjestelmien kannattavuuden laskemiseen. Laskureilla on mahdollista arvioida aurinkoenergian soveltuvuutta oman kiinteistön energiantuotantomuodoksi. Laskureita ei kuitenkaan tule käyttää varmana tiedonlähteenä, sillä todellisuudessa tuotantolukuihin vaikuttaa useita eri tekijöitä. Lisäksi eri yrityksillä on omia laskureita, joilla ne pyrkivät ensisijaisesti markkinoimaan omia tuotteitaan.

Erilaiset energia-alan yritykset kuten Fortum, Vattenfall ja Sun Energia tarjoavat internetissä ilmaiseksi käytettävissä olevia aurinkolaskureita, joilla on mahdollista arvioida kiinteistön arvioitu tuotanto sekä säästöt mikäli kiinteistöön hankitaan jokin aurinkoenergiajärjestelmä.

Aurinkolaskureilla yritykset usein markkinoivat omia tuotteitaan, mutta niitä on mahdollista käyttää suuntaa antavina arviona järjestelmien tuoton ja säästömahdollisuuksien arvioimiseen.

Esimerkkinä Fortumin laskuriin voi syöttää olemassa olevien kiinteistöjen osoitteen, ja laskuri arvioi kohteen perustiedot. Lisäksi laskurilla pystyi verrata tuloksia yrityksen omien, erikokoisten aurinkopakettien välillä. Laskuri arvioi investointikulujen suuruuden sekä tarjoaa kuvaajia aurinkopaneelijärjestelmän arvioidusta tuotosta, säästöistä sekä kokonaistuotannosta eri vuosina. Kokonaistuotannon kuvaaja arvioi myös takaisinmaksuajan järjestelmälle. Esimerkkilaskelman tulokset ovat liitteessä 1. (Fortum 2017.)

Aurinkoenergiajärjestelmien takaisinmaksu on mahdollista laskea myös itse yksinkertaistetulla tavalla. Esimerkin laskukaavassa ei ole huomioitu järjestelmän käytöstä koituvia lisäkustannuksia, huoltokuluja sekä investointiin liittyvää korkoa.

$$\frac{\textit{investointikustannukset}}{\textit{(energian tuotanto vuodessa x sähkön hinta)}}$$

Esimerkkinä on käytetty Lahden kaupungissa sijaitsevan Lahden seudun Maakuntatalon lukuja. Kiinteistöön asennettavien aurinkopaneelien investointikustannukset ovat arviolta 10000e. Paneelit tuottavat vuodessa arviolta 11500kWh energiaa ja sähkön hinnaksi on arvioitu 0,13 e/kWh. Sähkön hinta koostuu sähkön perushinnasta, sähköverosta sekä sähkönsiirtokuluista.

$$\frac{10000e}{(11500kWh/vuosi \times 0,13 e/kWh)} \approx 6,7 \textit{ vuotta}$$

Laskukaavalla laskettuna takaisinmaksuajaksi saatiin 6,7 vuotta. Todellisuudessa takaisinmaksuaika on kuitenkin hieman suurempi. Vaikuttavia tekijöitä voivat olla sähkönhinnan vaihtelu mikäli hinta seuraa markkinoiden alinta sähkönhintaa, koron takaisinmaksu sekä energiajärjestelmän tuotannon vaihtelu. Vuosituotto on aina arvio ja se voi sekä ylittää tai alittaa arvioidun luvun.

## 5 AURINKOENERGIA KERROS- JA RIVITALOKIINTEISTÖISSÄ

Aurinkoenergiaa otetaan käyttöön olemassa olevissa kiinteistökohteissa yhä enemmän. Esimerkkikohteina tässä työssä toimivat kolme kiinteistökohdetta Lahden kaupungista. Jokaisessa kohteessa aurinkoenergiajärjestelmä on otettu käyttöön noin viimeisen kolmen vuoden aikana tai vasta ollaan ottamassa käyttöön.

### 5.1 Aurinkoenergian hyödyntäminen olemassa olevissa kiinteistöissä

Aurinkoenergia on helppo ottaa käyttöön kiinteistöissä, joihin se voidaan lisätä kiinteistön rakennusvaiheessa. Olemassa oleviin kiinteistöihin tekniikan asennus on haastavampaa, sillä kiinteistöjä ei voida rakentaa järjestelmille soveltuviksi, vaan järjestelmien on mukauduttava olemassa oleviin kiinteistöihin.

Rivi- ja kerrostalokiinteissä on huolehdittava järjestelmien sijoituskohteesta. Sijoituskohteen valinnan haasteena voi olla ympäröivä infrastruktuuri sekä kasvillisuus. Ympäröivät rakenteet voivat lisätä tuulisuutta kiinteistön tontilla tai varjostaa kiinteistöä. Katolle asennettavat ratkaisut välttyvät varjostumilta seinäratkaisuja todennäköisemmin. Aurinkosähköjärjestelmiä hankkiessa tulee myös huomioida onko paneelit mahdollista suunnata mahdollisimman etelää kohti. Aurinkokeräimiin suuntaus vaikuttaa vähemmän, sillä useimmat keräimet keräävät lämpöä koko ympäristöstään.

### 5.2 Aurinkoenergian soveltuvuus rivi- ja kerrostalokiinteistöihin

Rivi- ja kerrostalo kiinteistöissä aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää lisäenergianlähteenä ja samalla tuoda säästöjä kiinteistön energialaskuihin. Kohteita ovat erilaiset lämmityskohteet kuten lämminvesi sekä lattialämmitys sekä kiinteistössä kulutettava sähkö.

Taulukossa 4 on esitelty sekä aurinkopaneelien että aurinkokeräimien hyötyjä kuin myös heikkouksia. Taulukolla pyritään osoittamaan

aurinkoenergian tuomia hyötyjä sekä myös huomioon otettavia heikkouksia.

TAULUKKO 4. Aurinkopaneelien ja -keräimien hyödyt ja heikkoudet

<b>Aurinkopaneelit</b>	<b>Aurinkokeräimet</b>
+ Tarvitsee vain vähän huoltoa	+ Tarvitsee vain vähän huoltoa
+ Voidaan asentaa kiinteistöön jälkikäteen	+ Voidaan asentaa kiinteistöön jälkikäteen
+ Ilmainen energianlähde	+ Ilmainen energianlähde
+ Pitkä käyttöikä ilman komponenttien uusimista	+ Parhaimmillaan tuottaa kaiken tarvittavan lämmön
+ Parhaimmillaan tuottaa kaiken tarvittavan virran(kesäkuukaudet)	+ Pitkä käyttöikä ilman komponenttien uusimista
- Investointikustannukset ja takaisinmaksuaika	- Investointikustannukset ja takaisinmaksuaika
- Tarvitsee rinnakkaisen sähkön lähteen talvikuukausia varten	- Tarvitsevat rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän talvikuukausia varten
- Erittäin herkkä sään vaikutukselle	

Aurinkoenergia vaatii rinnalleen toisen energianlähteen. Talvikuukausina energiansaanti on lähes nolla eikä aurinkoenergiaa näin ollen voida hyödyntää kiinteistössä. Sen sijaan kesäisin aurinkoenergialla on mahdollista tuottaa jopa kaikki kiinteistön tarvitsema lämpö/sähkö yksinomaan aurinkoenergiaa hyödyntäen.

Aurinkoenergiajärjestelmät ovat sijoituskohteesta riippuen suhteellisen nopeasti ja helposti asennettavissa kiinteistöihin.

Aurinkoenergiajärjestelmän liittäminen kiinteistösähköön ja -lämmitykseen ei vaikuta sähkönkäyttöön. Hyötynä järjestelmistä on ostettavan lämmön ja sähkön vähentyminen. Aurinkoenergiajärjestelmän hankkimisesta päätetään tyypillisesti yhtiökokouksessa. (Käpylehto 2016, 132, 133.)



### 5.3 Aurinkoenergian tuomat hyödyt

Aurinkoenergian hyödyntäminen koetaan positiivisena asiana.

Ilmastonmuutos ja tieto uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymisestä kannustaa ihmisiä uusiutuvien energianlähteiden käyttämiseen. Tämän ajatusmallin lisäksi aurinkoenergian käyttö tuo mukanaan erilaisia hyötyjä.

Näitä hyötyjä ovat

- taloudellisuus
- ympäristöystävällisyys
- imagollisuus.

Tämän päivän Suomessa aurinkoenergian hyödyntäminen on vielä aurinkoenergian suurkuluttajamaihin verrattuna pientä. Aurinkoenergian käyttö kiinteistöissä koetaan kuitenkin positiivisena tekona ja sitä hyödyntäviä rakennuksia pystytään markkinoida ympäristöstään huolehtivina kiinteistöinä. Sekä aurinkolämpö että –sähkö eivät tuota päästöjä käytön aikana ja kuuluvat niin kutsuttuihin vihreän sähkön energiamuotoihin.

Taloudellinen hyöty syntyy aurinkoenergiajärjestelmien käyttökustannuksista. Vaikka Investointikulut ovat suuret, jo ennen takaisinmaksuajan saavuttamista kiinteistö säästää energiakustannuksissa. Säästö perustuu käyttökustannuksien puuttumiseen ja ilmaiseen polttoaineeseen.

### 5.4 Tulevaisuuden näkymät

Aurinkoenergian käyttö kasvaa Suomessa tasaisesti. Vuonna 2015 Energiavirasto selvitti aurinkoenergialla tuotetun sähkön pientuotannon kapasiteettia. Pientuottajiksi laskettiin alle 1 MW:n verkkoon liitetyt voimalat. Kyselyn mukaan pientuottajat tuottivat Suomessa noin 7,9 MW:n edestä aurinkosähköä. (Auvinen 2017.)

Vuonna 2014 isojen aurinkovoimaloiden asennettujen aurinkopaneelien kapasiteetti oli suomessa 11 MWp (huipputeho kilowatteina) ja aurinkovoimalla tuotettiin 28TJ sähköä. Vastaavasti aurinkolämpöä tuotettiin vuonna 2014 yhteensä 57 TJ. Luvut ovat kasvaneet tasaisesti vuosittain. (Auvinen 2017.)

Aurinkosähkön tuotantokustannukset ovat jo alittaneet sähkön hinnan Suomessa, mikäli järjestelmä on kooltaan kohtuullinen kokoinen (10 – 100kW). Siispä aurinkosähkөөn investoiminen on kannattavaa, mikäli kiinteistö pystyy kuluttamaan kaiken tuotetun sähkön itse. (Erat ym. 2016, 191.)

Aurinkoenergian tulevaisuudennäkymät ovat positiiviset. Tekniikan hinta on laskenut merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana ja aurinkoenergiasta on tullut taloudellisesti kannattava ratkaisu kiinteistöyhtiöille. Aurinkoenergiajärjestelmissä päästään jo nyt noin kymmenen vuoden takaisinmaksuaikoihin, ja järjestelmät kestävät ilman suurempia huoltotoimenpiteitä ja suurella tuotolla yli parikymmentä vuotta.

## 6 KÄYTÖSSÄ OLEVIA AURINKOENERGIAJÄRJESTELMIÄ

### 6.1 Maakuntatalo, aurinkopaneelit

Lahden keskustassa sijaitseva Lahden Seudun Maakuntatalo on aurinkopaneelien asennuskohde. Kiinteistössä ei ole aiemmin hyödynnetty aurinkoenergiaa. Seinälle sijoittuvat aurinkopaneelit asennetaan kiinteistöön keväällä 2017. Paneelit sijoitetaan kiinteistön etelään suuntautuvalla julkisivulle koko seinän mitalta. Asennettujen paneelien lukumäärä on 192 ja paneelit on valmistanut StoVentec Artline. Koko seinän julkisivu-uudistuksen takaisinmaksuajaksi on arvioitu 16 vuotta, mutta vain paneelien investointikustannukset huomioitaessa paneelijärjestelmän takaisinmaksuaika on huomattavasti lyhyempi. (Helistenkangas 2017.)

TAULUKKO 5. Maakuntatalon aurinkopaneelit (Helistenkangas 2017)

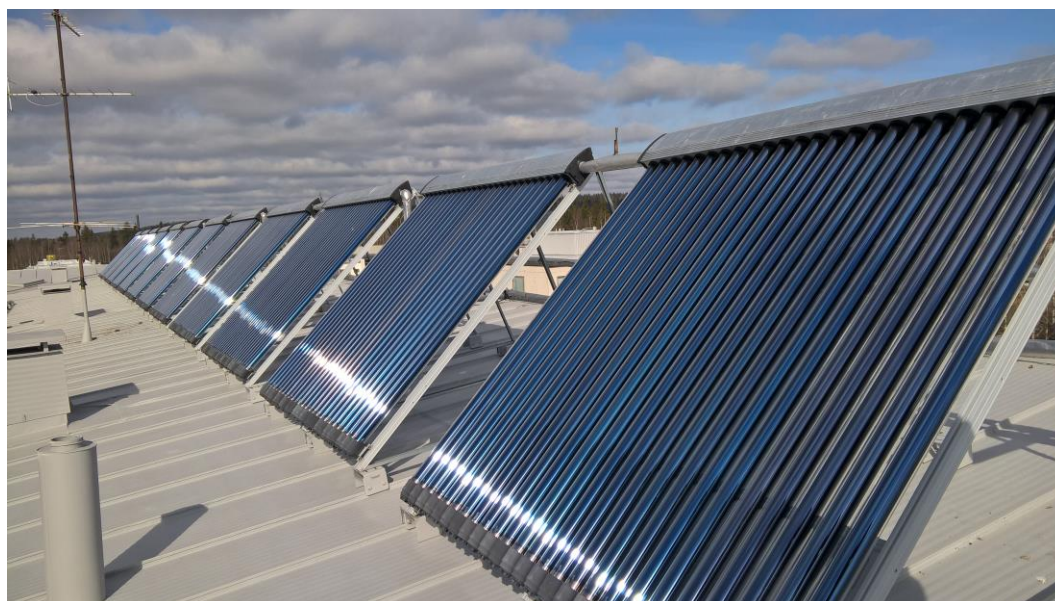
Paneelien valmistaja(t)	StoVentec Artline
Paneelien lukumäärä	192kpl
Tuotanto	11500 kWh/vuosi
Takaisinmaksuaika	arvioitu 16 vuotta
Takuuaika	10 vuotta

Eteläseinälle sijoitettavat paneelit sijoitetaan kolmen paneelin ryhmissä. Aurinkopaneelit kiinnitetään olemassa olevan julkisivun päälle listakiinnityksellä, ja seinän ja paneelien väliin jätetään tuuletusväli. Paneelit sijoittuvat ikkunoiden ylä- ja alapuolelle. (Helistenkangas 2017.)

Paneelien vuosituotannoksi on arvioitu keskimäärin 11500 kWh per vuosi. Jatkossa energiantuotantoa tullaan mittaamaan talossa mitta-antureiden avulla. Mittauksilla voidaan seurata arvioitujen lukujen toteutumista käytännössä. (Helistenkangas 2017.)

## 6.2 Kerrostalokiinteistö Lahdessa, aurinkokeräimet

Lahden Hennalassa Kivikatu 6:ssa sijaitsevassa kerrostalokiinteistössä on käytössä aurinkokeräinjärjestelmä. Järjestelmä asennettiin kiinteistöön vuonna 2014 toimimaan samaan aikaan asennetun poistoilman lämmöntalteenotto järjestelmän rinnalla.



KUVA 7. Aurinkokeräimet Kivikatu 6:n kiinteistön katolla

Kiinteistöissä käytettävät keräimet ovat tyypiltään tyhjiöputkikeräimiä. Aurinkokeräimien tuottamalla lämpöenergialla lämmitetään pääsääntöisesti kiinteistössä käytettävää lämmintä käyttövettä sekä kylpyhuonetilojen lattialämmitystä. Järjestelmään kuuluu 12 keräintä ja ne on sijoitettu kiinteistön katolle (Kuva 7). Keräimet on sijoitettu noin 45 asteen kulmaan ja ne on suunnattu etelään. (Ojala 2017.)

TAULUKKO 6. Kivikatu 6:en aurinkokeräimet (Ojala 2017)

Keräimien lukumäärä	12 25:n keräimen kokonaisuutta
Takaisinmaksuaika	arvioitu 10 vuotta
Investointikustannukset	100900€

Kiinteistössä on laskettu aurinkokeräimien vuosittain tuomia säästöjä kiinteistön lämmityskustannuksiin. Vuositasolla kiinteistössä on säästetty

noin 18000€/vuosi lämmityskustannuksissa lämmitysjärjestelmän uusimisen jälkeen, milloin aurinkokeräimet asennettiin kiinteistöön osaksi järjestelmää. (Ojala 2017.)

### 6.3 S-market Hennala, aurinkopaneelit

S-market Hennala sijaitsee Lahden Hennalassa. Keväällä 2016 rakennuksen katolle asennettiin 420 paneelista koostuva aurinkosähköjärjestelmä. Järjestelmä koottiin kahden eri valmistajan, Valoen sekä ArevaSolarin paneeleista. Paneelien valintaan vaikutti kotimaisuus ja näin ollen molemmat paneelivalmistajat ovat suomalaisia yrityksiä. Koska kiinteistössä haluttiin testata useamman eri valmistajan paneeleja testimielessä, asennettiin katolle paneeleja kahdelta eri valmistajalta. (Tauriainen 2017.)



KUVA 8. Paneelit S-marketin kiinteistön katolla. Vasemmalla Valoen aurinkopaneelit ja oikealla ArevaSolarin paneelit

Katolla on 250 Valoen aurinkopaneelia ja 170 ArevaSolarin aurinkopaneelia. Molemmat paneeli ryhmittymien teho on 50 kilowattia, ja yhdessä niiden teho on noin 100 kilowattia. (Tauriainen 2017.)

TAULUKKO 7. Hennalan S-marketin aurinkopaneelit (Tauriainen 2017)

Paneelien valmistaja(t)	ArevaSolar ja Valoe
Paneelien lukumäärä	yhteensä 420kpl
Teho	100 kW
Takaisinmaksuaika	arvioitu 10 vuotta
Takuuaika	25 vuotta

S-market Hennalan sähköstä 60 % tuotetaan tuulivoimalla sekä 40 % aurinkopaneeleista saatavalla sähköllä. Järjestelmä tuottaa maksimissaan sen verran energiaa, mitä kiinteistö maksimissaan kuluttaa. (Tauriainen 2017.)

Paneelit on hankittu kiinteistöön kannattavuusmielessä. S-market Hennalan aurinkoenergiajärjestelmän kaikilla komponenteilla on pidempi takuu kuin takaisinmaksuaika. Tällöin kiinteistössä pystytään varmistamaan takaisinmaksuajan toteutuminen varmemmin.

Paneeleilla on 25 vuoden tuottotakuu mikä sallii 20 % laskun tehossa. 25 vuoden jälkeen paneelien kokonaistehon tulee olla vielä 80 % alkuperäisestä. Lisäksi paneelien odotetaan kestävän toimivina noin kolmekymmentä vuotta. Järjestelmä on pitkäikäinen ja kannattava. (Tauriainen 2017.)

Hennalan S-marketin aurinkopaneelijärjestelmän takaisinmaksu ajaksi on laskettu noin kymmenen vuotta. Investointiin kuluneet kulut, asennuskulut sekä käyttökustannukset tulevat takaisinmaksetuiksi kymmenen vuoden käytön jälkeen. Tämän jälkeen paneelijärjestelmä tuottaa energiaa ilman kustannuksia. (Tauriainen 2017.)

## 7 YHTEENVETO

Aurinkoenergia on kilpailukelpoinen energianlähde myös Suomessa. Päijät-Hämeessä energiantuotto aurinkopaneeleilla on teoreettisesti samaa luokkaa muun muassa Pohjois-Saksan energiantuotannon kanssa. Suurimpana erona Suomen ja Saksan välillä on vuodenaikojen merkittävät eroavaisuudet. Suomessa päivän pituus on huomattavasti lyhyempi talvella kun taas kesällä päivät ovat paljon pidempiä ja auringonvaloa on saatavilla lähes koko vuorokauden ajan. Kesällä tuotanto on huipussaan, mutta talven pimeimpinä kuukausina Suomen olosuhteissa on käytettävä muita energianlähteitä tuottamaan vaadittava energia mitä kiinteistössä kulutetaan. Aurinkoenergiajärjestelmä vaatii siis aina parikseen toisen energiajärjestelmän vuoden ympäri käytössä olevissa kiinteistöissä.

Aurinkoenergiajärjestelmän hankinnassa tulee kiinnittää huomiota erilaisiin asioihin. Järjestelmät mitoitetaan vastaamaan enintään oman kiinteistön maksimikulutusta, jotta kaikki järjestelmistä saatava energia pystytään hyödyntämään kiinteistön omaan käyttöön. Sähköä ja lämpöä on myös mahdollista varastoida talteen akustojen sekä varaajien avulla, mutta varastointi on tilapäistä eikä energiaa varastoida pidemmäksi aikaa säästöön.

Järjestelmät on mahdollista asentaa sekä kiinteistön julkisivuille että seiniin. Olemassa oleviin kiinteistöihin ei ole kannattavaa sijoittaa rakennukseen integroitavia ratkaisuja, sillä materiaalikustannukset nousisivat liian suuriksi. Kiinteistöjen tulee olla yhteydessä kuntansa rakennusvalvontaan ennen järjestelmien asennusta. Kunnasta riippuen järjestelmien asennus voi vaatia rakennuslupia.

Nykyisin on olemassa useita aurinkoenergiälaskureita, joilla voidaan helposti ja nopeasti arvioida mahdollisen aurinkoenergiajärjestelmän kustannukset, tuotto ja takaisinmaksuaika kiinteistöissä. Laskureita kannattaa hyödyntää järjestelmiä hankkiessa suuntaa antavina lähteinä.

Aurinkoenergialla on hyvät tulevaisuuden näkymät Suomessa. Aurinkoenergiajärjestelmien hinnat ovat pudonneet viimeisten viiden vuoden aikan noin 70 % ja näin ollen järjestelmiin investointi on tullut kannattavammaksi. Aurinkoenergiajärjestelmissä päästään jo nyt melko alhaisiin takaisinmaksuaikoihin ja investointia järjestelmiin voidaan pitää kannattavana. Takaisinmaksuajat ovat parhaimmillaan kymmenen vuotta. Järjestelmien hinnat laskevat jatkuvasti, ja tulevaisuudessa suurimmasta osasta kiinteistöjä voi löytyä jokin aurinkoenergiajärjestelmä niiden tuomien hyötyjen ja kannattavuuden seurauksena.



## LÄHTEET

Akku-Ässä Oy. 2017. Aurinkopaneelijärjestelmän asentaminen [viitattu 26.4.2017]. Saatavissa:

<http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/aurinkopaneelien-kiinnitysteline/>

Alhava, S. & Heinola, M. 2016. Aurinkosähköä kerrostaloon? [viitattu 17.4.2017]. Saatavissa:

[http://www.sahkoala.fi/koti/aurinkoenergia\\_ja\\_tuulivoima/fi\\_FI/aurinkosahkoa\\_kerrostaloon/](http://www.sahkoala.fi/koti/aurinkoenergia_ja_tuulivoima/fi_FI/aurinkosahkoa_kerrostaloon/)

Aurinkomaisema 2017. Aurinkoenergian tuet [viitattu 10.4.2017].

Saatavissa:

<http://www.aurinkomaisema.com/Blogi/2017/01/05/aurinkoenergian-tuet/>

Aurinkopuisto 2016. Tietoa aurinkokeräimistä [viitattu 12.3.2017].

Saatavissa: <http://www.aurinkopuisto.com/Tietoa-aurinkoker%C3%A4imist%C3%A4.php>

Aurinkoteknillinen Yhdistys 2017. Aurinko Opas – 01 Auringon perustiedot [viitattu 5.5.2017]. Saatavissa:

[http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/?page\\_id=148](http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/?page_id=148)

Aurinkovirta 2017. Aurinkopaneelien kiinnitysteline [viitattu 26.4.2017].

Saatavissa:

<http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/aurinkopaneelien-kiinnitysteline/>

Auvinen, K. 2017. Aurinkoenergian tilastot [viitattu 17.4.2017]. Saatavissa:

<http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/aurinkoenergian-tilastot/>

Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A., Tahkokorpi, M. & Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa [viitattu 6.4.2017]. Helsinki: Into Kustannus.

Erkkilä, V. 2003. Aurinko Lämpöopas [viitattu 6.4.2017]. Helsinki: Kustantajat Sarmala Oy.

Finnwind 2013. Aurinkoenergiaopas [viitattu 23.4.2017]. Saatavissa: <http://www.finnwind.fi/aurinko/Aurinkoenergiaopas-Finnwind.pdf>

Fortum 2017. Laske aurinko energian tuotanto talossasi [viitattu 5.5.2017]. Saatavissa: <https://aurinkolaskuri.fortum.fi/>

Helistenkangas, P. 2017. Maakuntatalon aurinkopaneelien esittelytilaisuudessa saatua tietoa. Sähköpostiviesti Vastaanottaja Ventus H. Lähetetty 19.4.2017.

Bowden, S. & Honsberg, C. 2017. Solar Radiation on Tilted Surfaces [viitattu 6.4.2017] Saatavissa: <http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-sunlight/solar-radiation-tilted-surface>

Huoltodata 2016. Huolto [Viitattu 6.4.2017]. Saatavissa: <http://www.huoltodata.com/aurinko/huolto.html>

Ilmatieteenlaitos 2017. Auringon rakenne ja elinkaari [viitattu 5.5.2017]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakenne-ja-elinkaari>

Kettunen, T. 2017. Järjestelmän sijoitus, suuntaus ja mitoitus [viitattu 17.4.2017] Saatavissa: <http://ilmastoinfo.fi/aurinkosahkoakotiin/miten/huomioitavaa/>

Käpylehto, J. 2015. Aurinkosähköä kerrostaloon [viitattu 5.5.2017]. Saatavissa: <http://www.hinku-foorumi.fi/download/noname/%7B3F8928C4-ACA7-4585-BC79-E81F3EA6A454%7D/115742>

Käpylehto, J. 2016. Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen [viitattu 6.4.2017]. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Motiva 2017. Aurinkolämpöjärjestelmät [viitattu 5.5.2017] Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat)

Tauriainen, H. 2017. Tekninen isännöitsijä. Hämeenmaan Kiinteistöt Oy. Haastattelu 6.4.2017

Ojala, T. 2017. AC Palvelut Oy. Haastattelu 20.4.2017

Richardson, L. 2017. What are solar panels made of? List of solar PV materials [viitattu 7.5.2017] Saatavissa: <http://news.energysage.com/what-are-solar-panels-made-of-list-of-solar-pv-materials/>

# LIITTEET

## Liite 1. Fortumin aurinkolaskurin esimerkitulokset.

