

**Jenni Aakko ja Mikko Ylikangas**

**AURINKOKERÄIMEN SUUNNITTELU JA VALMISTUS**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Maaliskuu 2013**

<b>Yksikkö</b> CENTRIA-Ammattikorkeakoulu	<b>Aika</b> Maaliskuu 2013	<b>Tekijä/tekijät</b> Jenni Aakko, Mikko Ylikangas
<b>Koulutusohjelma</b> <b>Tuotantotalouden koulutusohjelma</b>		
<b>Työn nimi</b> Aurinkokeräimen suunnittelu ja valmistus		
<b>Työn ohjaaja</b> Salmela Heikki	<b>Sivumäärä</b> 52	
<b>Työelämäohjaaja</b> Korpi Veijo		
<p>Teimme opinnäytetyömme rakennus- ja sähköpalvelu Korpi oy:lle. Yrityksen erityisosamisalue on tänä päivänä entistä vahvemmin teräsrakentamisessa ja sahatekniikassa. Työmme toimeksiantaja oli Veijo Korpi. Työmme aiheena oli aurinkokeräimen suunnittelu ja valmistaminen. Työn tavoitteena oli kertoa kuinka aurinkokeräin valmistettiin, mitä sen rakentaminen vaati ja paljonko sen valmistus kustannukset olivat yritykselle. Työssä käsiteltiin vankasti aiheeseen liittyvää teoriaa, jonka jälkeen oli helpompaa päästä sisälle työn aiheeseen. Teoriaosion jälkeen käsiteltiin aurinkokeräimen suunnittelun ja valmistuksen eri vaiheita, sekä keräimen valmistamisen kustannuksia. Työssä kävi ilmi miten yksinkertaisesti suuri aurinkokeräin saatiin valmistettua, kun käytössä oli oikeat laitteet ja riittävästi ammattitaitoa työn toteuttamiseen.</p>		

<b>Asiasanat</b> aurinkoenergia, aurinkokeräimet, suunnittelu, valmistus
---

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> March 2013	<b>Author</b> Jenni Aakko, Mikko Ylikangas
<b>Degree programme</b> Industrial management		
<b>Name of thesis</b> Designing and making a solar collector		
<b>Instructor</b> Salmela Heikki		<b>Pages</b> 52
<b>Supervisor</b> Korpi Veijo		
<p>This final thesis was commissioned by Rakennus- ja sähköpalvelu Korpi oy and Veijo Korpi. Today The company's special area of expertise is even more strongly the steel construction and sawmill technology. The subject of this thesis was to design and manufacture a solar collector. The objective was to explain how the solar collector was made, what was required for building it, and how much it costs for the manufacturing company. The work relied heavily on the relevant theory, and after studying the theory it was easier to get into work on the subject. In the Theory part the focus was on a solar collector design and manufacturing stages, as well as on the manufacturing costs of the collector. The study showed how simple it is to make a large solar collector if one uses the right equipment and has enough professional skills.</p>		

<b>Key words</b> solar power, solar collectors, design, manufacturing
--

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 AURINKOENERGIA</b>	<b>3</b>
2.1 Aurinkoenergian hyödyntäminen	3
2.2 Aurinkoenergian käyttökohteet	7
2.3 Passiivinen aurinkoenergia	7
2.4 Uusia aurinkoenergiateknologioita	8
<b>3 AURINKOLÄMPÖ</b>	<b>10</b>
3.1 Aurinkokeräin	10
3.1.1 Hinta	12
3.1.2 Soveltuvuus erilaisiin lämmitysjärjestelmiin	13
3.2 Aurinkokeräintyypit	15
3.2.1 Tyhjiöputkikeräin	15
3.2.2 Tasokeräin	19
3.2.3 Ilmaa lämmittävä aurinkokeräin	20
3.2.4 Itse rakennettu keräin	22
<b>4 AURINKÖSÄHKÖ</b>	<b>23</b>
4.1 Aurinkopaneeli	24
4.2 Aurinkokenno	27
4.3 Energian tuotto ja järjestelmän seuranta	29
4.4 Erilaisten aurinkojärjestelmien vertailu ja valinta yritykseen	30
<b>5 TYÖN LÄHTÖKOHDAT</b>	<b>32</b>
5.1 Aloitustilanne	32
5.2 Työn tavoitteet	33
<b>6 KERÄIMEN SUUNNITTELU</b>	<b>34</b>
6.1 Materiaalin valinta	35
6.1.1 Rungon materiaali	35
6.1.2 Kennoston ja eristeen materiaalit	36
6.2 Materiaalien ja komponenttien hinnat	37
<b>7 KERÄIMEN RAKENTAMINEN</b>	<b>39</b>
7.1 Runko	39
7.2 Kenno	43
7.3 Kennon asettaminen runkoon	44
7.4 Käytetyt työstömenetelmät	45
<b>LÄHTEET</b>	<b>52</b>

## 1 JOHDANTO

Teemme opinnäytetyömme rakennus- ja sähköpalvelu Korpi oy:lle, joka on perheyritys, jonka omistavat Veijo ja Tauno Korpi. Veijo on toiminut rakennusyrittäjänä jo vuodesta 1989. Nykyinen yhtiömuoto on ollut toiminnassa vuodesta 2006, jolloin sähkösuunnittelu ja -urakointi tulivat Taunon myötä mukaan yrityksen toimenkuvaan. Rakentamisen erityisosaamisalue on tänä päivänä entistä vahvemmin teräsrakentaminen ja sahatekniikka.

Opinnäytetyömme aiheeksi valitsimme aurinkokeräimen suunnittelun ja valmistuksen. Valitsimme kyseisen opinnäytetyön aiheen, koska saimme mahdollisuuden olla mukana suunnittelemassa ja valmistamassa itse rakennettua aurinkokeräintä. Mahdollisuus työn tekemiseen avautui Mikon ollessa töissä yllä mainitussa yrityksessä.

Opinnäytetyömme teemme Veijo Korvelle, joka suunnittelee ja rakentaa aurinkokeräimen omassa pajassaan. Työmme teoriaosiossa perehdymme aurinkoenergiaan, aurinkokeräimiin ja niiden hyödyntämiseen erilaisissa aurinkojärjestelmissä. Teorian pohjalta kerromme tehtyjä valintoja aurinkokeräimen tyyppin ja aurinkojärjestelmän valintaan liittyen. Tehtävänämmme on kertoa aurinkokeräimen suunnittelun ja valmistamisen eri vaiheet, keräimen valmistuksessa käytetyt materiaalit ja myös selvittää aurinkokeräimen valmistuksen kustannukset yritykselle.

Työn tavoitteena on perehtyä laajasti aurinkoenergiaan, ja sen hyödyntämiseen erilaisissa aurinkojärjestelmissä. Tarkoitus on esitellä useita erilaisia aurinkokeräimiä ja niiden käyttöominaisuuksia, joka helpottaa oikeanlaisen keräimen valintaa. Huolellisen aiheeseen perehtymisen jälkeen kerromme yrityksen tekemiä valintoja ja niiden perusteluita. Tämän jälkeen kerromme yksityiskohtaisesti aurinkokeräimen suunnittelun ja valmistamisen eri vaiheista. Kerromme myös tarvittavista työkaluista, valmistuksessa tarvittavista työmenetelmistä, keräimen valmistamiseen tarvittavista materiaaleista ja työn valmistuskustannuksista yritykselle.

Työnjako on työssämme seuraavanlainen. Jenni Aakko kirjoitti työn teoriaosion ja perehtyi laajasti erilaisiin aurinkokeräimiin ja aurinkojärjestelmiin. Mikko Ylikangas kirjoitti aurinko-

keräimen suunnittelusta ja valmistuksesta oman kokemuksensa perusteella. Hän oli mukana suunnittelemassa ja rakentamassa aurinkokeräintä yrityksessä töissä ollessaan.

## 2 AURINKOENERGIA

Aurinkoenergian käyttö on nopeasti kasvava energian muoto maailmalla, ja aurinkosähkömarkkinat kasvavat nopeasti myös tulevien vuosien aikana. Auringon säteilyenergiaa kertyy maapallon pinnalle tunnin aikana enemmän kuin koko ihmiskunta kuluttaa energiaa vuodessa. Aurinkosähköteollisuuden oletetaan olevan uusista teollisuudenaloista nopeimmin kasvava ala, koska auringon energiaa pystytään hyödyntämään paljon nykyistä enemmän. Aurinkoenergian käytön kannalta johtavia maita Euroopassa ovat Saksa, Kreikka ja Itävalta. EU:n tavoite vuoteen 2010 mennessä on saada 100 milj. m<sup>2</sup> kerääjäpinta-alaa. Aurinkoenergiaa on tutkittu laajasti EU-alueilla, ja tutkinta jatkuu edelleen. Aurinkoenergian soveltuvuutta teollisuuden ja kotitalouksien käyttöön kartoitetaan jatkuvasti, jotta sitä voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. (Motiva 2012.)

### 2.1 Aurinkoenergian hyödyntäminen

Aurinko on uusiutuva ja ehtymätön luonnon vara. Auringon energia riittäisi hyvin tyydyttämään maailman energian tarpeen, jos sitä vain osattaisiin hyödyntää tarpeeksi tehokkaasti. Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää monella tapaa: sähköinä, valona ja lämpönä niin aktiivisesti kuin passiivisestikin. On yllättävää, että aurinkoenergiaa saadaan Suomessa vuoden aikana yhteensä lähes sama määrä kuin Keski-Euroopassa. Kuvio 1 havainnollistaa, miten aurinko paistaa täydellä teholla Suomessa kesäaikaan, jolloin auringon valo on saatavilla runsaasti. (Motiva 2012.)



KUVIO 1. Auringon paiste Suomessa kesäkuukausina.

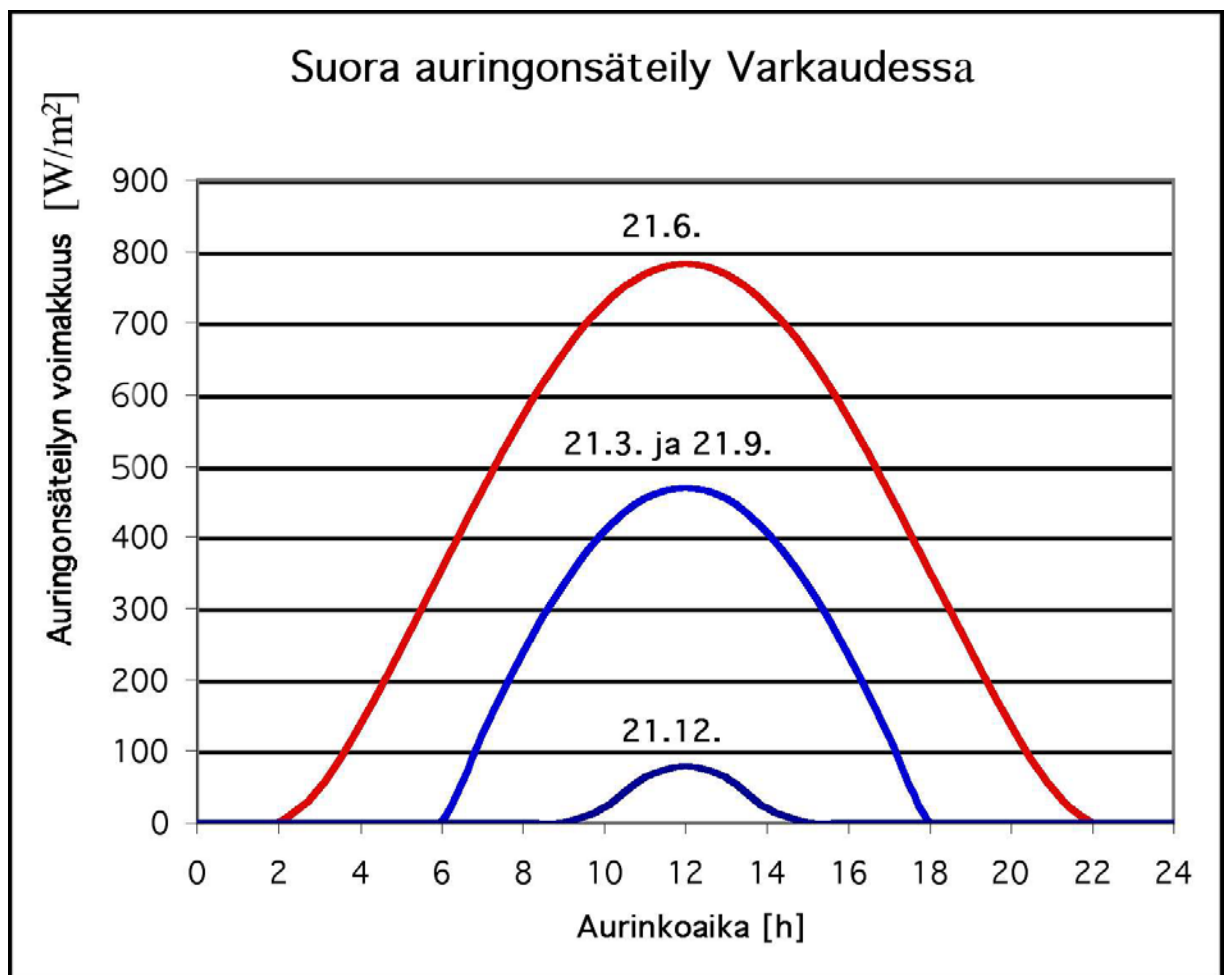
Aurinkoenergiaa voidaan siis hyödyntää joko aktiivisesti tai passiivisesti. Aktiivisessa hyödyntämisessä säteily muunnetaan joko lämmöksi aurinkokeräimillä tai sähköksi aurinkopaneeleilla. Passiivisessa hyödyntämisessä auringon valoa ja lämpöä pystytään käyttämään suoraan ilman erillistä laitetta. Passiivista ja aktiivista hyödyntämistä voidaan käyttää myös samassa kohteessa kuten pientaloissa. Aurinkokeräimillä säteilyn määrästä noin 25–35 prosenttia voidaan muuttaa lämmöksi ja aurinkopaneeleilla 15 prosenttia sähköksi. Lämmön kerääminen säteilystä on siis tehokkaampaa kuin säteilyn muuttaminen sähköksi. (Motiva 2012.)

#### Aurinkoenergian hyödyntäminen Suomessa

Suomessa on nykyään mahdollista hyödyntää auringon energiaa paljon aikaisempaa enemmän. Etelä-Suomessa jokainen neliömetri pystyy vastaanottamaan vaakatasossa laskettuna vuoden aikana noin 1 000 kilowattituntia auringonsäteilyä. Keskitalvella joulu- tammikuussa aurinko on matalalla tai kokonaan horisontin takana, jolloin auringon energiaa ei juuri saada talteen. Suomessa jää tällöin noin 2 kuukautta aikaa, jolloin auringon energiaa ei pystytä hyödyntämään juuri lainkaan. Suomen oloissa aurinkoenergiaa pystytään parhaiten hyödyntämään kesällä, keväällä ja syksyllä. (Frisnet 2006.)

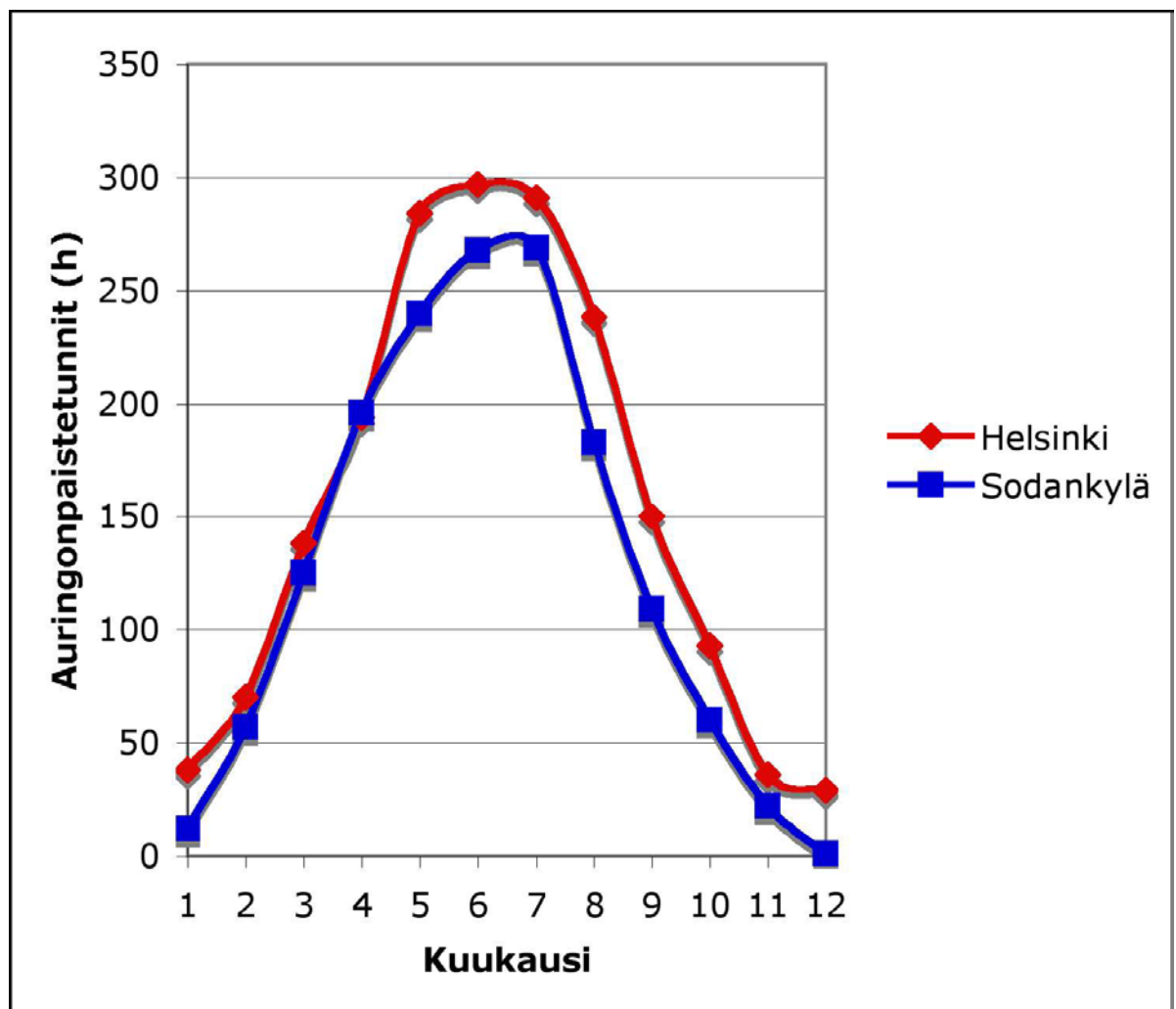


Auringon säteilyteho on Suomessa keskipäivällä noin  $1000 \text{ W/m}^2$ , eli yhden tunnin aikana jokaiselle neliölle tulee energiaa noin  $1 \text{ kWh}$ . Varkaudessa tasauspäivien aikaan laskettu auringonsäteilyn voimakkuus on esitetty kuviossa 2. Auringonpaistetta saadaan keskimäärin vuodessa noin 1000 tuntia. Tällöin saadaan vuoden aikana jokaiselle neliömetrille noin  $1000 \text{ kWh}$  auringonenergiaa. Parhaimpien markkinoilla tarjolla olevien paneelien hyötysuhde on  $17\%$ . Näin ollen Suomessa saadaan yhdestä neliömetrin kokoisesta aurinkokennosta vuodessa parhaimmillaan noin  $170 \text{ kWh}$  energiaa. Tästäkin energiasta kuitenkin melko suuri osa menetetään mm. energian siirrossa ja paneelien suuntauksessa. (Savonia 2012.)



KUVIO 2. Auringon säteilyn laskettu voimakkuus Varkaudessa tasauspäivien aikana.

Ilmatieteenlaitos on tilastoinut auringonpaistetta eri puolilla Suomea sijaitsevista mittauspisteistä jo hyvin pitkän aikaa. Auringonpaistetuntien määrää mitataan kuukauden aikana tunteina, kuten kuviossa 3 on esitetty. Eri vuodenaikoina auringonpaistetunnit voivat vaihdella suuresti. Esimerkiksi joulukuussa, kun päivä on lyhimmillään, aurinko voi Helsingissä pisimmillään paistaa vähän yli viisi tuntia vuorokauden aikana, kun taas kesäkuussa jopa 20 tuntia. Sodankylässä puolestaan suoraa auringonpaistetta ei kerry kaamosaikaan lainkaan, mutta kesäaikana vuorokaudessa sitä voi kertyä 24 tuntia. Auringonpaistetuntien määrä voi vaihdella voimakkaasti myös eri vuosina. Enimmillään se on jopa 30 % . (Savonia 2012.)



KUVIO 3. Keskimääräiset kuukausittaiset auringonpaistetunnit Helsingissä ja Sodankylässä vuosina 1971–2000.

## 2.2 Aurinkoenergian käyttökohteet

Aurinkolämmitysjärjestelmä pystytään yhdistämään kaikkiin päälämmitysmuotoihin. Erityisen hyvin se soveltuu sellaisen lämmitysjärjestelmän yhteyteen, jossa vesivaraaja jo on, (esimerkiksi puulämmityksen). Aurinkolämmitysjärjestelmä soveltuu hyvin myös lämpöpumppujärjestelmiin. Sähkölämmitteisessä talossa voidaan käyttövesi lämmittää aurinkosähköllä ja jos talon lämmönjako on vesikiertoinen, voidaan aurinkolämpöä käyttää myös huoneiden tai lattioiden lämmittämisen. (Motiva 2012.)

Aurinkosähköjärjestelmiä käytetään yleisesti paikoissa, joissa sähköä on muuten mahdoton saada. Hyvänä esimerkkinä ovat kesämökit ja saareissa sijaitsevat rakennukset. Tällöin sähköä tuotetaan aurinkopaneelien avulla ja ylijäänyt sähkö voidaan varastoida akkuihin pilvisten päivien varalle. Aurinkosähkön kytkeminen myös suoraan verkkovirtaan on yleistynyt kovaa vauhtia. Näin voidaan pienentää sähkölaskua varsinkin kesäaikaan huomattavasti (Motiva 2012.)

## 2.3 Passiivinen aurinkoenergia

Passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen on hyvin edullista. Yksinkertaisimmillaan keinovalon sijasta hyödynnetään aurinkoenergiaa päivänvalona. Erilaisin kiinteistön rakennusratkaisuin voidaan tehostaa auringon valon ja lämmön käyttöä. Esimerkiksi rakennuksen suuntaaminen ja sijoittaminen tontille, talon muoto, ikkunoiden koko ja rakennusmateriaalit ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi rakennuksen valaistus- ja lämmityskuluihin. Etelärinne on aurinkoenergian saantia ajatellen edullisin rakennuksen sijoituspaikka. Paikan on hyvä olla suojassa tuulelta, jolloin tuulensuojana voidaan hyödyntää maastoa ja puustoa. Tavoitteena on vähentää lämpöhäviötä, tehostaa luonnonvalon käyttöä ja kerätä talteen auringon lämpöä. Talvella lämpöä varaavat materiaalit, hyvä lämmöneristys, lasitetut kuistit, sydänmuurit sekä isot ikkunat etelään ja pienet pohjoiseen ovat parhaita passiivisia keinoja. Tällaisissa rakennuksissa on kuitenkin kesäaikaan otettava huomioon yllilämpenemisen haitat, joita voidaan estää tuuletettavien viherhuoneiden, erilaisten katto- ja räystäätarvikkeiden, läpituuletuksen, kaihtimien,

verhojen ja muiden elementtien avulla. Katto- ja räystäsrakennelmat kannatta suunnitella niin, etteivät ne estä talvella matalalta tulevaa auringonvaloa, mutta varjostavat kesäkuukausien aikana. Talon luonnollisen tuuletuksen järjestämiseen on kiinnitettävä erityisesti huomiota. (Motiva 2012.)

## 2.4 Uusia aurinkoenergiateknologioita

Uutena tekniikkana on taipuisa ohutkalvo-aurinkopaneeli, jota voidaan käyttää joustavasti rakennusten erimuotoisten porraskäytävien, parvekkeiden ja katosten pinnoilla. Nykyään ohutkalvopaneeleja hyödynnetään myös laukuissa ja vaatteissa. Niin ikään on olemassa myös ikkunan paikalle sopivia läpikuultavia aurinkopaneeleja. Fraunhofer Instituutissa Saksassa kehitetään kennojen raaka-aineita, joista tehdyt aurinkopaneelit olisivat täysin läpinäkyviä. Tekesin FinNano-ohjelman Orgaaninen valokenno -hankkeessa kehitetään ja tutkitaan orgaanisesta aineesta koostuvia koteloimattomia aurinkokennoja. Nämä aurinkopaneelit koostuvat täysin kiinteästä aineesta, ja ovat hinnaltaan edullisia ja käyttömahdollisuuksiltaan monipuolisia. (Aurinkoenergia.fi 2013.)

Aurinkolämmön saralla on viime aikoina nähty useita uusia innovaatioita. Yritys nimeltä Conserva Engineering on kehittänyt ”aurinkoseinä”-teknologian, jossa rakennuksen ulkoseinän päälle asennetaan metallinen lämpöä keräävä levy. Levyn lämmittämä ilma jää seinän ja levyn väliin, josta se puhalletaan rakennuksen normaalin tuuletusjärjestelmän kautta sisälle rakennukseen. (Aurinkoenergia.fi 2013.)

Nykyään aurinkolämpöjärjestelmän voi yhdistää myös kalliolämpöjärjestelmään: Aurinkokeräimet lämmittävät vettä, joka johdetaan kalliossa kiertelevään putkistoon. Kallio pitää veden lämpimänä koko vuoden ympäri ja vettä voidaan käyttää talon lämmitykseen talvellakin. Australiassa sijaitsevassa aurinkovoimalassa on hyödynnetty vastaavaa lämmön varastoinnin ideaa. Aurinkovoimalassa tuhannet peilit heijastavat auringon säteilyn voimalan keskellä oleviin grafiittijärkäleisiin. Vettä pumpataan grafiittijärkäleiden läpi, joka höyrystyy kovassa kuumuudessa. Sitten höyry ohjataan turbiineihin, jotka tuottavat sähköä. Lämpöä varastoituu gra-

fiittiin hyvinkin pitkäksi aikaa, joten voimala pystyy tuottamaan sähköä myös pilvisellä säällä ja tietenkin öisin. (Aurinkoenergiaa.fi 2013.)

### 3 AURINKOLÄMPÖ

Aurinko on yksi maapallomme perusenergianlähteistä. Aurinkolämpö on saasteetonta, ilmaista ja tietenkin ehtymätöntä. Suomessa voidaan hyödyntää aurinkoenergiaa tehokkaasti, sillä aurinko paistaa meillä vuodessa noin 1 000 kWh / m<sup>2</sup>. Taso on samaa luokkaa kuin monella keskieurooppalaisella paikkakunnalla. Auringonpaisteen pitkäaikainen vuosittainen keskiarvo on Helsingissä yli 1 700 tuntia ja Pohjois-Suomessa päästään yleisesti yli 1500 tuntiin. Tästä ajasta valtaosa sijoittuu maaliskuun alusta lokakuun puoleenväliin. (Nereus.fi 2012.)

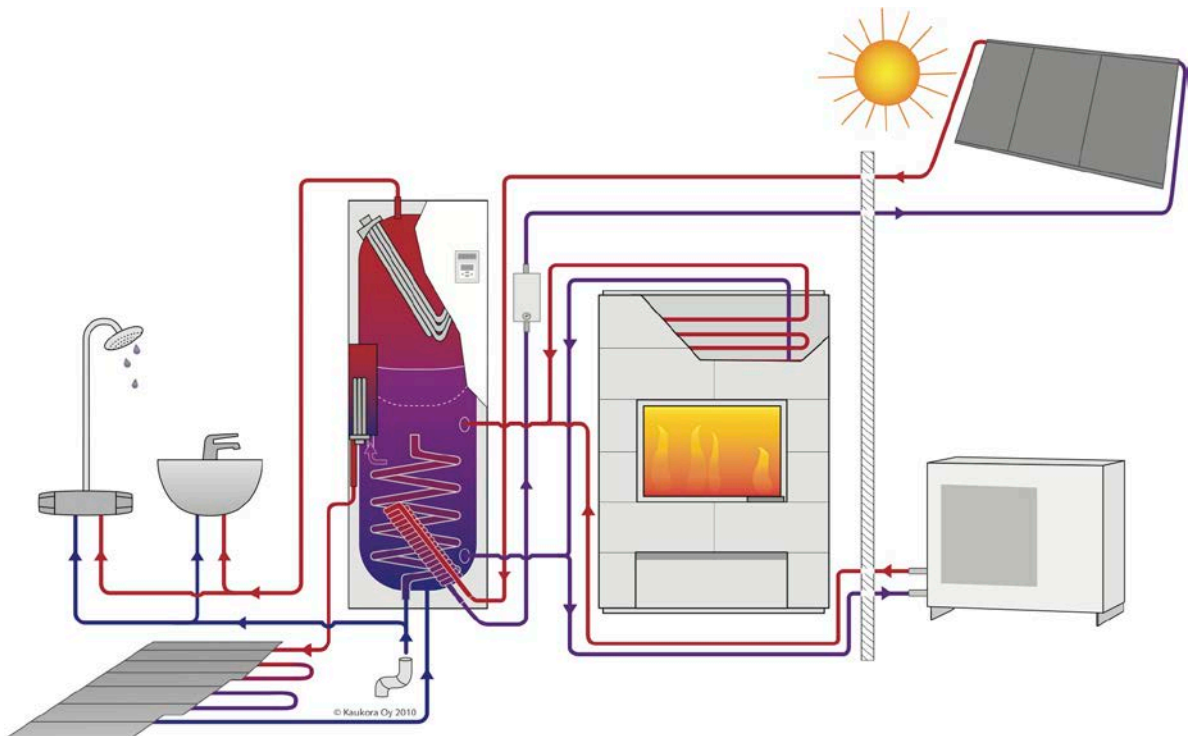
Aurinkolämpö tarkoittaa yksinkertaisesti aurinkoenergian käyttöä sisäilman tai käyttöveden lämmitykseen. Aurinkolämmityksessä energia käytetään käytännössä suoraan lämpönä muuttamatta sitä välillä sähköksi. Aurinkokeräimellä otetaan talteen lämpö, siirretään käyttökohteeseen välinesteellä ja varataan käyttöä varten varaajaan. (Nereus.fi 2012.)

#### 3.1 Aurinkokeräin

Aurinkokeräimillä tuotetaan aurinkolämpöä. Aurinkokeräintä käytetään useimmiten lämpimän käyttöveden tuottamiseen, mutta käytetään sitä myös huoneiden ja lattioiden lämmitykseen. Yleensä aurinkolämpöä sovelletaan talokohtaisiin ratkaisuihin, mutta on mahdollista toteuttaa laajempiakin aurinkolämpöjärjestelmiä. (Frisnet 2006.)

Aurinkokeräimen toiminnan mahdollistaa absorbaattoripinta (absorptio tarkoittaa kappaleen vastaanottamaa säteilyenergiaa), jonka auringon säteily saa lämpenemään. Tämä lämpö siirtyy keräinlevyjä pitkin levyjen alla oleviin kupariputkiin, joissa oleva lämmönsiirtoneste kuumentuu. Yleisimmin käytetään nestekiertoista tasokeräintä, jossa vesi-glykoliseosta (lämmönsiirtonestettä) kierrätetään pumpun avulla. Lämpö siirtyy nesteestä varaajaan, jonka jälkeen jäähtynyt lämmönsiirtoneste virtaa takaisin aurinkokeräimille. Varaajasta lämpö siirtyy lämmönvaihtimen kautta talon lämmitysjärjestelmään tai lämpimään käyttöveteen, kuten kuviossa 4 on esitetty. Aurinkopiirin säätö- ja ohjausyksikkö vertaa lämpötiloja

keräimen ja varaajan välillä. Energian siirto varaajaan alkaa automaattisesti, kun keräimen vesi-glykoliseosneste ja varaajan alaosan lämpötilaero ylittää  $+15$  astetta (perussäädöllä). Ilman perussäätöä ohjausyksikkö käynnistää kiertovesipumpun automaattisesti, jos keräimen lämpötila on suurempi kuin varaajasta mitattu lämpötila. Jos aurinkoenergiaa ei saada aurin-gosta riittävästi, lämmittää esimerkiksi pellettikattilavaraajan yläosan vaadittuun lämpötilaan toisen lämmönvaihtimen välityksellä. Aurinkoenergiaa käytettäessä vaikka veden lämmitykseen, voidaan 4 hengen perheessä vähentää CO<sub>2</sub>- päästöjä noin 1000 kilogrammaa vuodessa, mikä on hyvin huomattava määrä yhtä perhettä kohden. Vain muutaman minuutin auringonpaiste voi nostaa keräimen lämpötilan erittäin korkeaksi. (Frisnet 2006.)



KUVIO 4. Aurinkolämpöjärjestelmä yhdistettynä lämminvesivaraajaan.

Lämminvesivaraajassa on oltava riittävästi tilaa aurinkokeräinpiirien ja lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille, jotta aurinkolämmitys on mahdollinen asentaa. Järjestelmän toiminnan ohjauksessa käytetään ohjausyksikköä. Tasokeräin riittää hyvin kattamaan koko lämmitystarpeen kesäaikaan. (Motiva 2012.)

Paineistamatonta varaajaa käytetään, jos käyttövesi lämmitetään varaajassa lämmönsiirtimillä. Paineistettua varaajaa käytetään silloin, kun käyttövesi otetaan suoraan varaajasta. Putkiyhteydet ja lämmönsiirtimet on sijoitettava tarkasti, ettei varaajan alaosan kylmä vesi ja yläosan lämminvesi sekoittuisi. (Motiva 2012.)

Tehokkaista ja laadukkaista aurinkokeräimistä löytyvät seuraavat ominaisuudet:

- Keräinten rungoissa on korroosiolta suojatut kaksinkertaiset AL-seinät.
- Keräimen rakenne on tiivis, ja se kestää hyvin säiden vaihteluja.
- Tehokas kerrostettu absorptiopinta takaa optimaalisen lämmön siirtymisen.
- Aurinkokeräimissä käytetään turvallista prismalasia, jolla on erinomainen valon läpäisykyky.
- Sään vaihteluja ja UV-valoa kestävät tiivisteet.
- Nopea ja helppo asentaa kaikkiin kattotyyppeihin.
- Keräimet voidaan asentaa katon päälle, upottaa kattoon ja asentaa myös tasakatolle ja pystysuoralle seinälle.

Aurinkojäähdytys on uusi tapa hyödyntää auringosta saatavaa energiaa, eikä siitä löydy vielä juurikaan tietoa. Sisä- ja toimistotilojen jäähdytystarpeet ovat jatkuvasti kasvaneet. Varsinkin kesäaikaan erilaisten tilojen jäähdytykseen kuluu huomattava määrä energiaa. Nyt voidaan kuitenkin hyödyntää auringon energiaa aivan uudella tavalla. Aurinkojäähdytyksessä hyödynnetään aurinkokeräintä absorptiokylmäkoneen avulla ja näin saadaan tuotettua jäähdyttävää viileää ilmaa sisätiloihin. (Motiva 2012.)

### **3.1.1 Hinta**

Aurinkokeräijät ovat tavallisesti pinta-alaltaan 1–2 neliometriä. Yhden neliömetrin keräin tuottaa energiaa noin 250–400 kWh vuodessa. Tyhjiöputkikeräijät tuottavat tavallisia keräijä enemmän energiaa, mutta ovat tavallisiin keräijiin nähden kalliita. Rahallinen arvo aurinkokeräijillä tuotetulle energialle on vuodessa noin 20–30 euroa neliömetrin kokoista keräijää kohden vertailuenergian hinnasta riippuen. Tavalliseen pientaloon sopiva 8–12 neliömetrin jär-



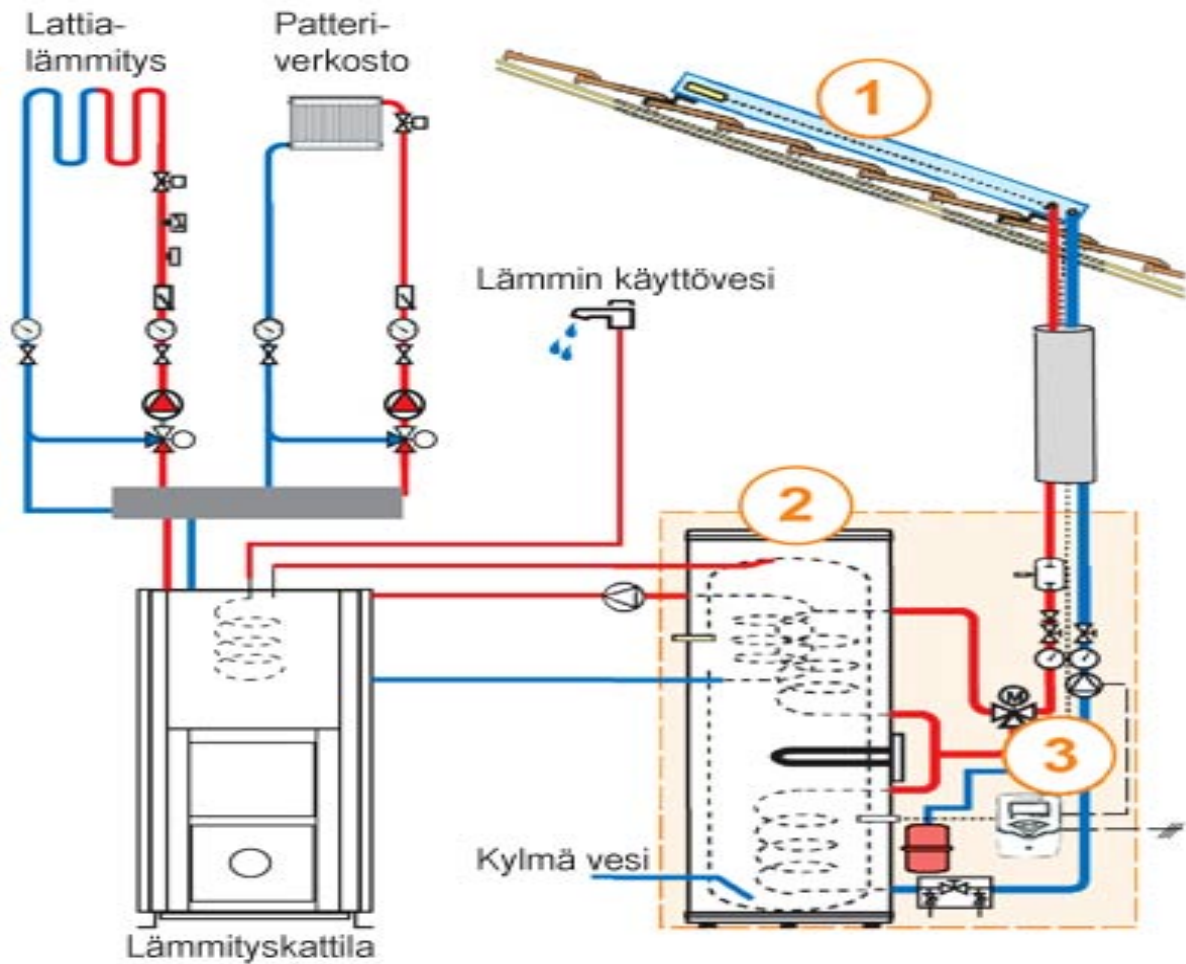
jestelmä maksaa asennettuna 4 000–5 000 euroa. Kustannusta voidaan alentaa yhteishankinnalla tai tekemällä ainakin osa asennustyöstä itse. (Motiva 2012.)

Yleisesti ajateltuna omakotitalossa saadaan noin puolet vuosittaisesta lämpimän käyttöveden energiantarpeesta 5–8 neliömetrin keräinpinta-alalla. Mikäli mukaan luetaan myös huoneiden lämmitys, tarvitaan 10–12 neliömetrin keräinpinta-ala. (Motiva 2012.)

Neliömetrin kokoisella aurinkokeräimellä saadaan tuotettua 250–400 kWh energiaa vuodessa. Pientalon lämmitykseen keräinalan pitää olla noin 4–16 m<sup>2</sup>. Lämmitettäessä käyttövettä tarvitaan keräinpintaa henkilöä kohti noin 1,2–1,5 m<sup>2</sup>. Aurinkokeräinjärjestelmän takaisinmaksuajaksi tulee tavallisessa 4 hengen omakotitalossa vain noin 3 vuotta, ja sen jälkeen se tuottaa niin sanotusti ilmaista energiaa talouden käyttöön. (Frisnet 2006.)

### **3.1.2 Sopivuus erilaisiin lämmitysjärjestelmiin**

Aurinkolämpö sopii hyvin yhteen sähkö-, puu-, pelletti-, hake-, öljy ja maalämmön kanssa. Aurinkolämpö sopii parhaiten lämmitysjärjestelmään, jossa jo on vesivaraaja. Lämpöpumppujärjestelmiin se soveltuu myös mainiosti. Öljy- ja aurinkolämmön yhdistämiseksi on kehitetty tarkoitukseen sopiva öljykattila. Sähkölämmitteisessä talossa aurinkolämpö kytketään lämminvesivaraajaan. Aurinkolämpöjärjestelmän suunnittelussa ja asennuksessa on hyvä käyttää LVI-alan asiantuntijoita. (Motiva 2012.)



KUVIO 5. Aurinkolämpöjärjestelmä hyödynnettynä lattioiden, pattereiden ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen.

Aurinkolämpöjärjestelmästä saadaan enemmän energiaa hyödynnettyä taloissa, joissa on lattialämmitysjärjestelmä tavallisen patterilämmityksen ja lämpimän käyttöveden lisäksi (katso kuvio 5). Tällöin kiertävän nesteen lämpötila on alhaisempi kuin pelkissä patterilämmitysjärjestelmissä. (Motiva 2012.)

Aurinkolämpöjärjestelmää mitoitettaessa käytetään lähtökohtana kesäkuukausien energiankulutusta, lähinnä lämpimän käyttöveden tarvetta. Varaajan kapasiteetin on hyvä riittää ainakin kahden päivän kulutukseen. Aurinkolämpöjärjestelmä toimii normaalisti talvikuukausina muun lämmitysjärjestelmän ohella. (Motiva 2012.)

## 3.2 Aurinkokeräintyytit

Lämmityksessä voidaan hyödyntää aurinkoenergiaa. Aurinkokeräintyyttejä on kolme: tyhjiöputkikeräin, tasokeräin ja paraboliset keräimet. Suurissa kohteissa käytetään parabolisia keräimiä. Tyypillisissä Suomen oloissa tasokeräin on paras ratkaisu, koska niiden vuotuinen energiantuotto on melkein yhtä hyvä kuin tyhjiöputkikeräimillä, mutta ne ovat mekaanisesti huomattavasti pitkäikäisempiä ja kestävämpiä kuin tyhjiöputkikeräimet. Aurinkokeräimiä käytetään yleensä käyttöveden lämmittämiseen, mutta niitä käytetään myös huoneiden ja lattioiden lämmittämiseen. Nestekiertoinen tasokeräin on yleisin tekninen ratkaisu, jossa kierrätetään pumpun avulla vesi- glykoliseosta. Keräimessä lämmennyt neste kulkee kokoonpanoputkien kautta lämmönvaraajaan. Tasokeräimiä tehokkaampia ovat tyhjiöputkikeräimet, koska ne pystyvät hyödyntämään tehokkaammin auringon hajasäteilyä. (Frisnet 2006.)

### 3.2.1 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkitekniikan avulla päästään hyödyntämään auringon hajasäteilyä huomattavasti tehokkaammin kuin tavallisella tasokeräimellä. Tekniikasta on hyötyä erityisesti syksyllä ja kevättalvella, jolloin aurinko paistaa vähemmän ja huomattavasti matalammalla. Silloin kuitenkin energiaa tarvitaan paljon enemmän. Tyhjiöputkikeräimellä pystytään tuottamaan noin 30 % enemmän energiaa neliötä kohden kuin tavallisella tasokeräimellä. Etelä-Suomessa tyhjiöputkikeräimen lämmöntuotto kestää helmikuulta aina marraskuulle asti. (Motiva.fi 2012.)

Tyhjiöputkijärjestelmän rakentaminen on siis tasokeräinjärjestelmää kalliimpaa, joten asennus kannattaa tehdä ja suunnitella niin, että järjestelmästä saataisiin paras hyöty irti. Ennen hankintaa kannattaa varmistaa, että aurinko paistaa katolle myös matalalla ollessaan (alkukevällä ja loppusyksyllä). Tontin ympärillä olevat korkeat puut ja rakennukset voivat aiheuttaa sen, että aurinko pääsee paistamaan katolle vasta huhtikuussa. Tyhjiöputkista saatava hyöty jää tällöin pienemmäksi. (Motiva 2012.)

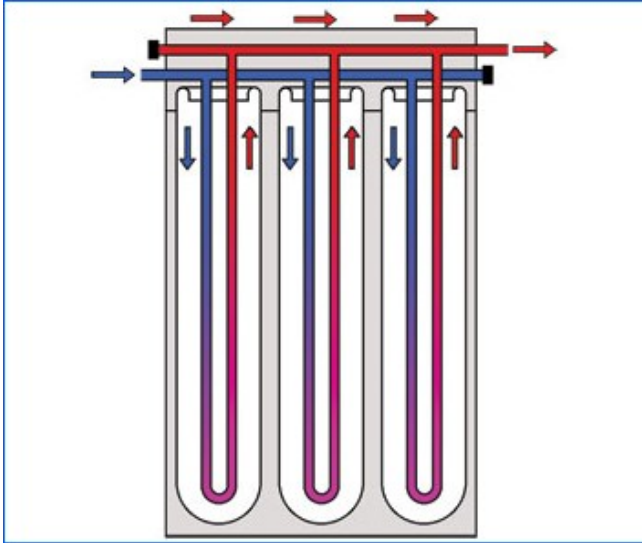
Tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate on seuraava:

Tyhjiöputkikeräimissä on kahden lasin välissä tyhjiö, joka toimii erinomaisena lämpöeristeenä. Tämän vuoksi ne toimivat myös kylminä kuukausina, kunhan vain aurinko paistaa. Tyhjiöputkikeräimen on rakenne esitetty tarkemmin kuviossa 6.



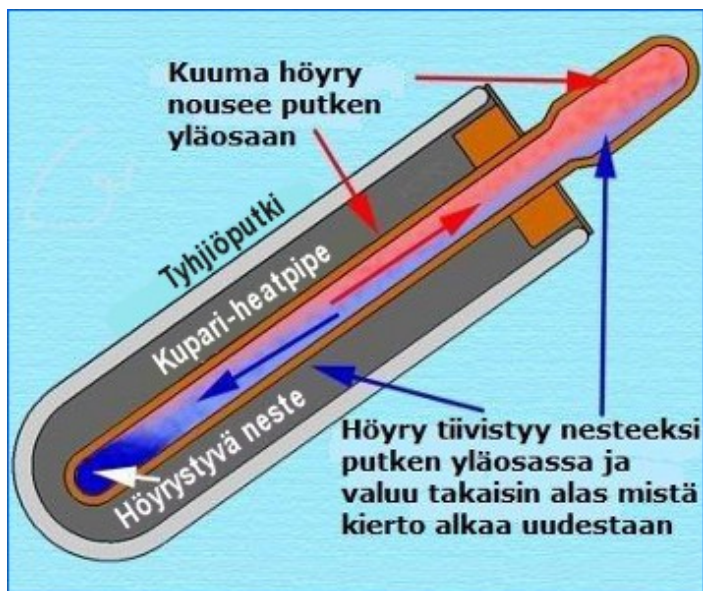
KUVIO 6. Tyhjiöputkikeräimen rakenne.

Tyhjiöputkikeräimiä on kahdenlaisia, U-pipe ja Heat pipe. Molemmissa tyypeissä sisimmässä putkessa oleva ALN/AIN-SS/CU-pinnoite absorboi auringon säteilyn tehokkaasti muuntaen sen lämpöenergiaksi. Lämpötila putken sisällä voi nousta jopa 250 asteeseen. U-pipessä lämpö siirtyy alumiinilevyjen välityksellä putkien sisällä oleviin kupariputkiin ja sieltä edelleen putkien sisällä kiertävään nesteeseen. Katso kuvio 7. (MG Engineering 2012.)



KUVIO 7. U-pipe.

Lämpöputkesta (heat pipe) lämpö siirtyy putken sisällä olevaan suljettuun putkeen, jonka sisällä oleva neste höyrystyy. Kuuma höyry nousee heat pipen yläosaan, joka on kosketuksissa putkeen, jossa lämmönsiirtoneste virtaa. Kuuma höyry joutuu kosketuksiin lämmönsiirtonesteen viilentämään putken yläosaan ja höyry jäähtyy, tiivistyy takaisin nestemäiseen muotoon ja valuu takaisin heat pipen alaosaan, josta alkaa uusi kierros, (kuvio 8). (MG Engineering 2012.)



KUVIO 8. Heat pipe.

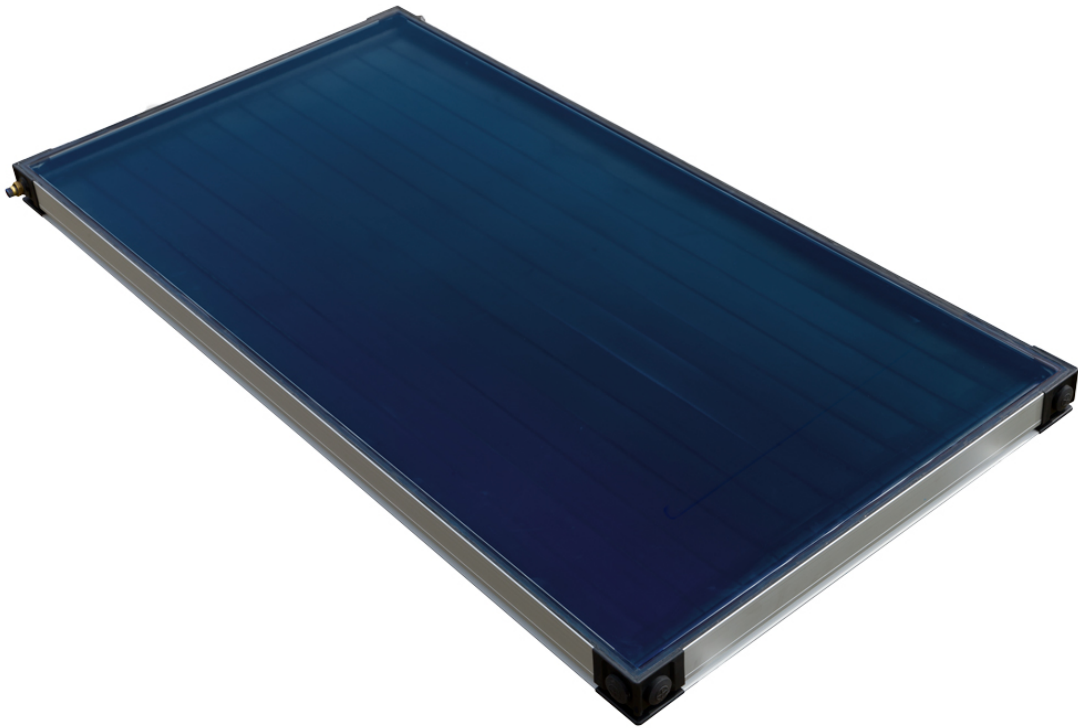
Järjestelmää ohjaa pumppuyksikkö, joka mittaa keräimien ja lämminvesivaraajan välistä lämpötilaeroa. Kun lämpötila keräimissä nousee yli varaajan alaosassa olevan nesteen lämpötilan, käynnistyy kiertovesipumppu joka tuo keräimiltä kuumaa lämmönsiirtonestettä varaajassa olevaan aurinkokierukkaan. Pumppu kierrättää nestettä, kunnes varaaja on saavuttanut keräimissä olevan nesteen lämpötilan tai varaajalle asetetun maksimilämpötilan. (MG Engineering2012.)

Järjestelmässä oleva paisuntasäiliö tasoittaa putkiston lämpiämisestä ja jäähtymisestä aiheutuvia painemuutoksia. Paineventtiili suojelee järjestelmää ylipaineelta, jota voi olla esim. sähkökatkoksen aiheuttama nesteen kiehuminen keräimissä. (MG Engineering 2012.)

Kesäisin tyhjiöputkikeräimillä saadaan paljon enemmän tehoa kuin tarve vaatii. Tällöin putket voidaan asentaa huomattavasti enemmän pystyasentoon kuin tasokeräimet. Putket voidaan asentaa jopa täysin pystyasentoon. Näin pystytään saamaan enemmän tehoa silloin, kun aurinko paistaa matalalta. Kesäaikainen teho pienenee sitä mukaa, mitä pystynpään keräin asennetaan. Kesällä tehoa saadaan kuitenkin niin paljon, että se yleensä riittää kattamaan kesäaikaisen kulutuksen. (Motiva 2012.)

Tyhjiöputkikeräimen toimivuudesta lumiolosuhteissa on vielä vähän kokemusta. Niitä on kuitenkin ollut käytössä Keski-Euroopassa lumisilla alueilla, eikä suurempia ongelmia ole ilmennyt. Tyhjiöputkikeräimen pintalämpötila ei nouse niin korkeaksi, että lumi pääsisi sulamaan pois sen pinnalta toisin kuin tasokeräimissä. Tällöin tyhjiöputket voidaan asentaa enemmän pystyasentoon, ja näin lumi pääsee valumaan helpommin pois keräimen pinnalta eikä ongelmia pitäisi syntyä. Lumet voidaan joutua poistamaan keräimen pinnalta myös manuaalisesti, jotta energian tuotanto jatkuisi. Asennusvaiheessa tämä kannattaa huomioida siten, että keräin asennetaan paikkaan, johon on helppo päästä. (Motiva 2012.)

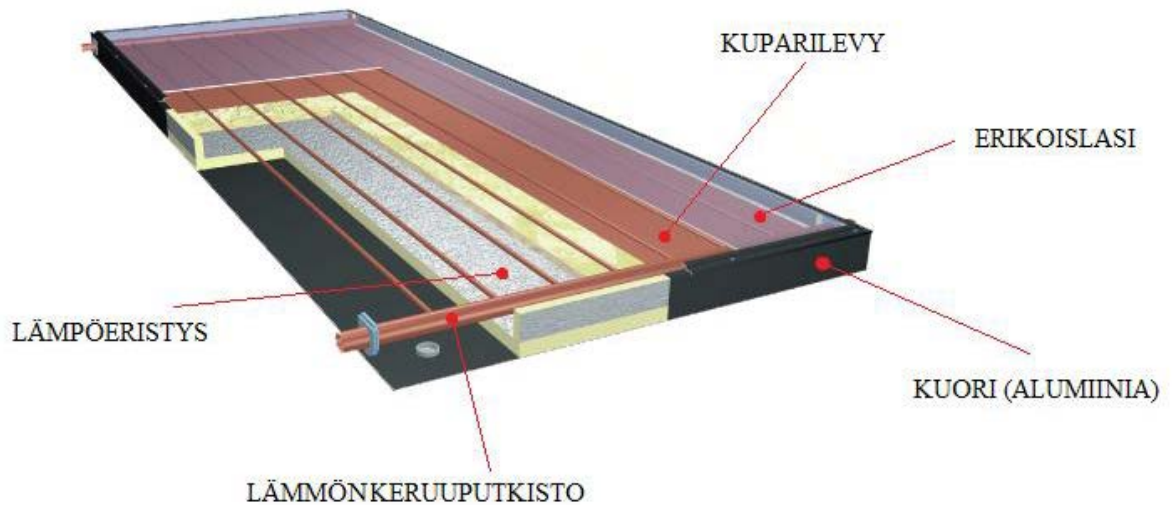
### 3.2.2 Tasokeräin



KUVIO 9. Tasokeräin.

Tasokeräin on tavallisesti hyvin eristetty laatikonmallinen elementti, jonka aurinkoon päin tarkoitettu taso on valmistettu vähärautaisesta erikoispinnoitetusta lasista, jonka auringonsäteily säteily läpäisee erinomaisesti. Tasokeräin on esitetty kuviossa 9. (Aurinkokeräin.fi 2010.)

Laatikon elementin sisällä kiertää selektiivisellä absorptiomateriaalilla pinnoitettu kuparinen keräysputkisto. Pinnoitettu putkisto imee hyvin lämpöenergiaa, muttei luovuta sitä ulospäin. Tämän lisäksi jokaiseen keräysputkeen on liitetty joko lämmönkeräysputkien alle kuparilevy absorptiopinta-alan kasvattamiseksi tai sivulevyt, kuten kuvion 10 tasokeräimen poikkileikkauksesta voimme nähdä. (Aurinkokeräin.fi 2010, Solar Thermal Systems 2010.)



KUVIO 10. Poikkileikkaus tasokeräimen rakenteesta.

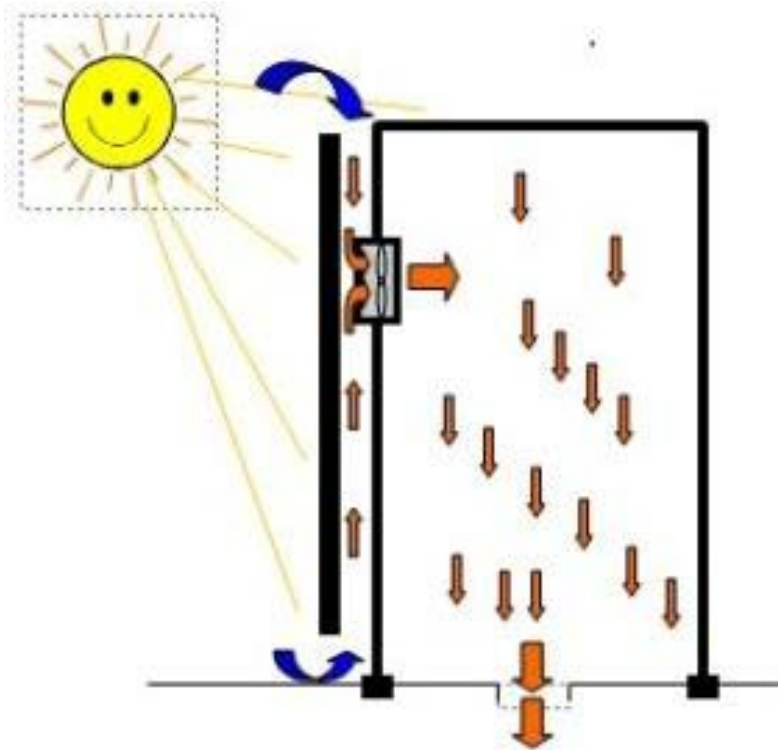
### 3.2.3 Ilmaa lämmittävä aurinkokeräin

Ilmaa lämmittävä aurinkokeräin hyödyntää auringon lämmittämää rakennuksen seinää tai kattoa. Näin rakennukseen saadaan puhallettua suuriakin määriä raikasta, kuivaa ja lämmintä ilmaa ilmaiseksi. Rakennuksen katolle ei tarvitse asentaa isoja keräimiä, koska rakennuksen pinta on jo valmiiksi auringon lämmittämä. Menetelmällä säästää huomattavan summan rahaa, ja saa myös huomattavasti paremman sisäilman laadun. Ilmaa lämmittävä aurinkokeräin sopii erityisen hyvin teollisuusrakennuksiin, halleihin ja varastoihin, joissa halutaan pitää ilma lämpimänä ja kuivana. Työkalut ja koneet eivät pääse ruostumaan yhtä nopeasti kuivassa rakennuksessa. (Solarmagic.fi 2012.)

Aurinko lämmittää omakotitalon ulkopintaa vuosittain jopa 100 000 kWh:n lämpömäärällä. Lämmitysöljynä tämä vastaa noin 10 000 litraa. Säästö lämmityskuluissa voi siis olla hyvinkin merkittävä. (Solarmagic.fi 2012.)



Keräin on helppo asentaa jo olemassa oleviin rakennuksiin tai suunnitella asennettavaksi rakennusvaiheessa. Keräin on melkein huomaamaton ja ainoastaan tuulettimelle sähköä tuottavat aurinkokennot ovat näkyvillä rakennuksen ulkopuolella. Kattotyypistä ja katon tai seinän väristä riippuen, keräin puhaltaa suurenkin määrän ilmaa, joka on jopa 25 astetta ulkoilmaa lämpimämpää, (kuvio 11). Aurinkoenergiaa hyödynnetään näin entistä tehokkaammalla ja yksinkertaisemmalla tavalla. (Solarmagic.fi 2012.)



KUVIO 11. Ilmaa lämmittävän aurinkokeräimen toimintaperiaate.

Ilmaa lämmittävä aurinkokeräin antaa lämpöä syksyllä ja keväällä, ja siihen voi myös liittää viilennystuulettimen kesän kuumimpia päiviä varten. Viilennystä tai lämpöä voidaan siis tuottaa rakennuksiin täysin ilman käyttökustannuksia hyödyntämällä aurinkoenergiaa. (Solarmagic.fi 2012.)

### 3.2.4 Itse rakennettu keräin

Aurinkolämmitysjärjestelmän voi rakentaa omatoimisestikin. Itse rakennettu aurinkokeräin voi olla teknisesti ainakin yhtä hyvä kuin kaupallinen aurinkokeräin, ja ulkonäöltään jopa parempi. Aurinkolämmön omatoimiselle rakentamiselle on monia syitä. Jotkut haluavat käyttää ympäristöystävällistä energiaa, toiset haluavat säästää energiakustannuksissa ja jotkut pitävät rakentelusta ja uusista tekniikoista. Jos omille työtunneille ei lasketa hintaa, voi omatoimiraikentaja säästää aurinkolämpöjärjestelmän hinnasta jopa 30–40 %. (Motiva 2012.)

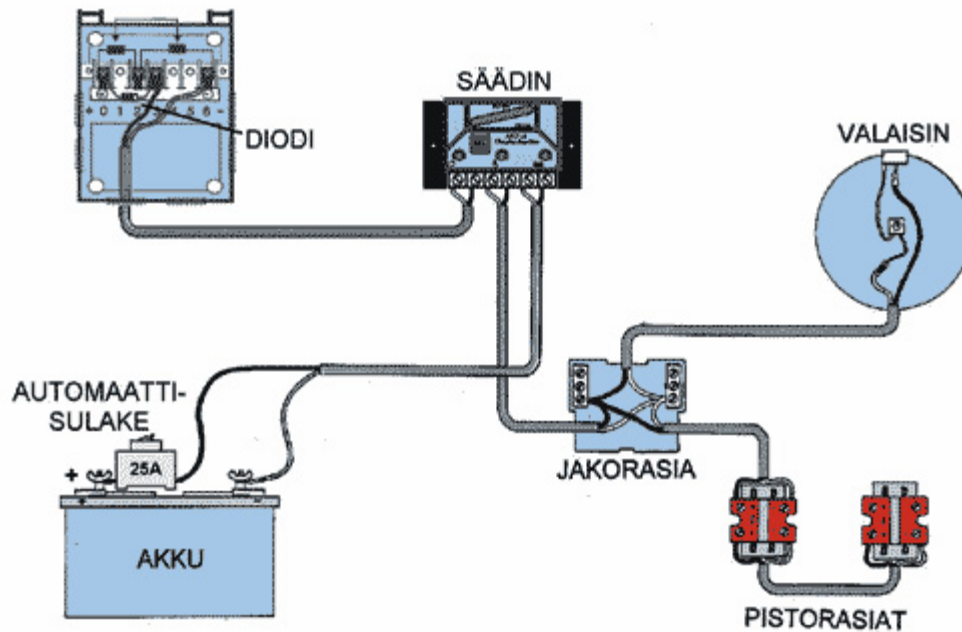
Aurinkolämpöjärjestelmän rakentaminen ei vaadi mitään erikoistaitoja. Ammattimestä saateen tarvita, kun aurinkolämpöjärjestelmä liitetään peruslämmitysjärjestelmään ja vesijohtoihin. Ammattimiehellä on teetettävä myös sähkötyöt, jos itsellä ei ole tarvittavaa koulutusta työn tekemiseen. Jos aurinkokenno tulee osaksi vesikattoa, on erityisesti kiinnitettävä huomiota vesi- ja sadetiiviyteen. Vuotojen välttämiseksi seuraavat työvaiheet on tehtävä huolella: juotokset, koeponnistus, pellitys ja lasitiivisteet. (Motiva 2012.)

Perinteinen LVI-tekniikka on keräinten ohella aurinkolämpöjärjestelmissä tarvittava ja käytetty tekniikka. Aurinkolämmitysjärjestelmän rakentamisessa tarvitaan sekä LVI-taitoja että aurinkolämmityksen erityispiirteiden tuntemusta. Aurinkolämpöjärjestelmän omatoiminen rakentaminen on kaupallisten ratkaisujen yksi vaihtoehto, jolla saavutetaan huomattava taloudellinen säästö. (Motiva 2012.)

Aurinkolämpölaitteiston mitoitukseen on olemassa laskentaohjelma SELFSOL 2000. Tällä helppokäyttöisellä ohjelmalla voidaan mitoittaa ja suunnitella aurinkolämpöjärjestelmiä, jokaisen omiin tarpeisiin sopivaksi. Erityisesti se soveltuu aurinkolämmön suunnitteluun erilaisissa lämmityssovelluksissa ja lämpimässä käyttövedessä. Yksityishenkilöt saavat käyttää SELFSOL 2000 -ohjelmaa ilman korvausta. (Motiva 2012.)

## 4 AURINKOSÄHKÖ

Aurinkosähköjärjestelmiä on yleensä käytetty kohteissa, joissa verkkosähköä ei ole saatavissa. Hyvinä esimerkkeinä toimivat kesämökit tai saaristossa sijaitsevat rakennukset, jotka on mahdotonta kytkeä verkkovirtaan. Tällöin tuotettu sähkö varastoidaan yhteen tai useampaan akkuun kuten kuviossa 12 on esitetty. Verkkoon kytkettävät aurinkosähköjärjestelmät ovat kuitenkin yleistymässä nopeasti, koska aurinkosähköllä voidaan tuottaa huomattava osa kotitalouden tarvitsemasta sähköstä. Aurinkosähköjärjestelmä on varsin helppo sovittaa yhteen kodin yleiseen sähköverkkoon kytketyn järjestelmän kanssa. Asuin- ja toimirakennuksiin voidaan myös asentaa aurinkosähköjärjestelmiä, jolloin ne tuottavan vaihtelevan osan rakennuksessa tarvittavasta sähköstä. Tällaiset järjestelmät kytketään yleensä suoraan sähköverkkoon, jolloin ne syöttävät omasta kulutuksesta ylijääneen energian yleiseen sähköverkkoon. Verkkoon kytkentä ja järjestelmän asennus vaatii aina sopimuksen sähköyhtiön kanssa ja sähköturvallisuuden varmistamista. Tähän on mahdollisesti tulossa helpotuksia, sillä äskettäin on jo ollut esillä, että verkkoyhtiöt velvoitetaan ostamaan ylijäämäsähkö tulevaisuudessa. (Motiva 2012.)



KUVIO 12. Aurinkosähköjärjestelmä.

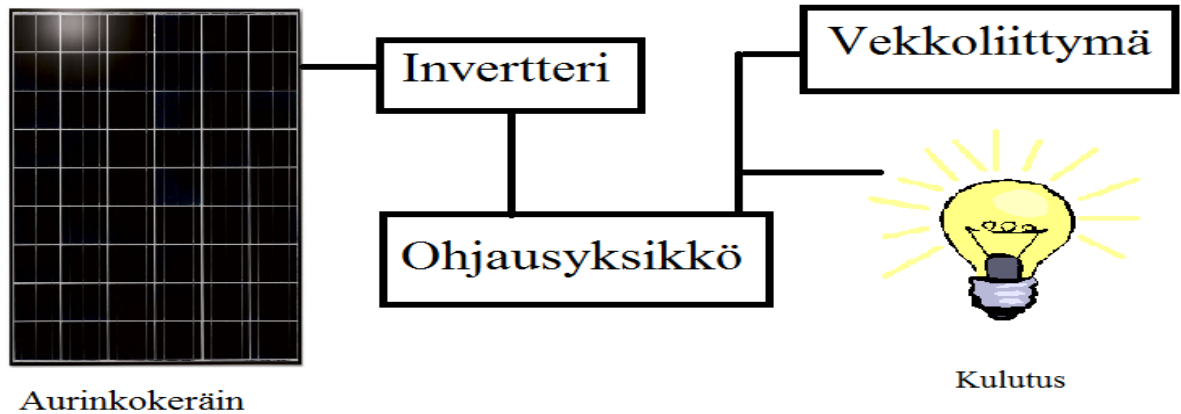
#### 4.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli hyödyntää tehokkaasti auringosta tulevaa säteilyä muuntamalla sen sähköksi. Nykyisellä aurinkopaneelitekniikalla pystytään hyödyntämään ainoastaan päivällä paistavaa aurinkoa. Yleensä aurinkopaneelit asennetaan katolle, etteivät ne olisi kenenkään tiellä, kuten kuviossa 13 voimme nähdä. Katolla ne saadaan asennettua myös parhaaseen mahdolliseen asentoon auringonvalon hyödyntämisen maksimoinniksi. Maahan ja seiniinkin aurinkopaneeli voidaan asentaa, mutta silloin on huolehdittava riittävästä auringonvalon saannista. (Motiva 2012.)



KUVIO 13. Aurinkopaneelit omakotitalon katolla.

Aurinkopaneelin tuottamaa sähköä voidaan varastoida yhteen tai useampaan akkuun. Hyvälaatuinen ja oikeantyyppinen akku on olennaisen tärkeä osa hyvin toimivaa ja tehokasta järjestelmää. Akkua käytetään yöllä ja pilvisinä päivinä, jolloin auringosta ei saada tuotettua energiaa. Akkujen kapasiteetti mitoitetaan kattamaan ainakin kahden päivän normaalikulutus ilman latausta. Aurinkoenergiansovelluksiin on kehitetty akku, joka kestää hyvin usein toistuvaa latausta ja purkausta. Ilman akkua voidaan aurinkopaneelin tuottamaa energiaa käyttää suoraan vaikkapa rakennuksen ilmastointiin tai veden pumppaamiseen vesisäiliöön. aurinkopaneeli voidaan liittää myös suoraan yleiseen sähköverkkoon. Aurinkopaneeli tuottaa tasasähköä, joten sen tuottama sähkö tulee muuntaa 230 voltin vaihtosähköksi, jotta se pystytään liittämään suoraan sähköverkkoon. Tasasähkön muuntamiseen vaihtosähköksi käytetään vaihtosuuntaajaa eli invertteriä, kuten kuviossa 14 on havainnollistettu. (Motiva 2012.)



KUVIO 14. Verkkoon kytketty aurinkopaneeli.

Aurinkopaneeli koostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista, joissa jännitteen saa aikaan auringonsäteiden energia. Yleisin kennoissa käytetty raaka-aine on yksikiteinen, monikiteinen tai amorfinen pii. Aurinkokenno on elektroninen puolijohde, jossa auringonsäteily synnyttää kennon ylä- ja alapinnan välille jännitteen. Haluttu jännitteen taso saadaan kun kytketään tarpeellinen määrä kennoja sarjaan. Aurinkopaneelien tehoa voidaan tarvittaessa lisätä sijoittamalla niiden ympärille peilejä. Peilit suuntaavat auringon säteet tehokkaasti aurinkopaneeliin ja lisääntynyt säteily lisää paneelin tehoa merkittävästi. Kyseistä tekniikkaa käytetään yleisesti esimerkiksi aurinkosähkövoimaloissa. (Aurinkopaneeli.org 2012.)

Yleisimmin nykyisissä aurinkokennoissa käytetään yksikiteistä piitä, mutta myös muita käytössä olevia tekniikoita kehitetään kovaan tahtiin. Aurinkokennoissa yksikiteinen pii on monikiteistä piitä käytetympää sen paremman hyötysuhteen vuoksi. Yksikiteinen pii pystyy hyödyntämään auringon säteilyä tehokkaammin kuin monikiteinen. Aurinkokennossa yksikiteisen piin tunnistaa helposti sen pyöreistä kulmista, kun taas monikiteisestä piistä koostuva aurinkokenno on neliskulmainen, koska se muodostuu useammasta piikiteestä nimensä mukaisesti. (Aurinkopaneeli.org 2012.)

Aurinkopaneeleilla on useita hyviä ominaisuuksia:

- Käyttää sähkön tuottamiseen ehtymätöntä energian lähdettä aurinkoa
- Ei aiheuta haitta ympäristölle
- Tuottaa ilmaista sähköä ilman kustannuksia
- Hyvin pitkäikäinen ja kestävä
- Monipuoliset käyttötavat / käyttökohteet
- Helppo ja halpa huoltaa

Aurinkopaneelista löytyy muutamia tehokkuuteen liittyviä huonoja puolia:

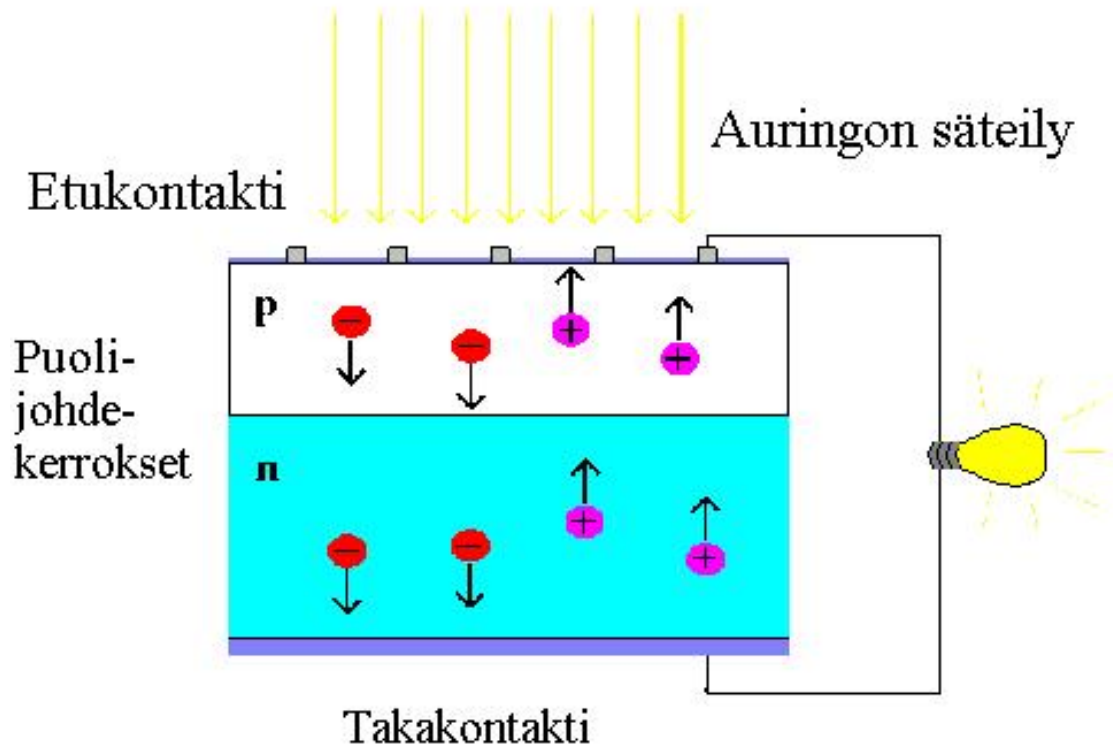
- Toimii vain päiväsaikaan, kun auringonvalo tulee oikeassa kulmassa
- Sää vaikuttaa vahvasti aurinkopaneelin toimintaan
- Ei tuota suuria määriä sähköä
- Jos haluaa enemmän sähköä, pitää pystyttää useampia aurinkopaneeleita

## 4.2 Aurinkokenno

Aurinkopaneeli koostuu useista pienistä aurinkokennoista, jotka on kytketty yhteen. Tavallisen aurinkokennon toiminta perustuu auringonvalon absorptioon puolijohteessa. Puolijohteet ovat kiteisen rakenteen omaavia materiaaleja, joissa atomit järjestäytyvät säännöllisesti tiettyjen tasapainoehtojen mukaan. Puhtaat puolijohteet johtavat sähköä heikohkosti huoneenlämpötilassa, mutta puolijohteiden hyödyllisyys perustuu siihen, että niiden sähkönjohtavuusominaisuuksia voidaan säädellä lisäämällä niihin tiettyjä vieraita alkuaineita. (Aurinkopaneeli.org 2012.)

Aurinkokenno muuttaa auringon säteilyn sähköksi seuraavasti:

Auringon säteily koostuu fotoneista, jotka voivat vapauttaa elektroneja aurinkokennomateriaalissa. Fotonien energia siirtyy positiivisille ja negatiivisille varauksenkuljettajille, jotka ovat vapaita liikkumaan kennossa. Aurinkokenno koostuu kahdesta melkein samanlaisesta puolijohdemateriaalista (p- ja n-materiaali), jotka kuitenkin eroavat hieman toisistaan atomien varausjakauman suhteen. Tämä pieni ero synnyttää kennon sisälle sähkökentän, joka vie auringonvalon vapauttamat positiiviset ja negatiiviset varauksenkuljettajat eri suuntiin kennossa. Varauksenkuljettajat kulkeutuvat ulkoiseen piiriin, jossa niitä voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi sähkölampussa, kuten kuviossa 15 on esitetty. (Aurinkopaneeli.org 2012.)



KUVIO 15. Aurinkokennon toimintaperiaate.



### 4.3 Energian tuotto ja järjestelmän seuranta

Aurinkopaneelin eli kennoston tuottaman virran suuruus on suoraan verrannollinen auringonsäteilyn voimakkuuteen. Kirkkaaseen auringonpaisteeseen verrattuna on säteilyn voimakkuus pilvisellä ilmalla huomattavasti heikompaa. (Motiva 2012.)

Aurinkosähköjärjestelmän energiantuottoa esimerkiksi kesämökillä voidaan hahmottaa seuraavasti: Kesämökkijärjestelmät, joissa on yleensä 50–150 W:n paneelit, maksavat noin 1000–2000 euroa. Kesämökin sähköistyksessä aurinkosähkö on hyvä ratkaisu, jos sähkön kulutus on vähäistä tai sähköverkko on kaukana kulutuspisteestä. Pieni järjestelmä riittää muutamaan valaistuspisteeseen. Isompi 50 W:n aurinkopaneeli yhdessä 150 Ah:n akun kanssa riittää kesämökin kohtuulliseen valaistukseen sekä radion ja television käyttöön. Aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa on syytä varmistaa sen laajennettavuus, sillä toiveet saattavat kasvaa ajan myötä. (Motiva 2012.)

Motiva aloitti neljän aurinkosähkökohteen seurannan vuoden 2012 alussa. Työn taustalla on nopeasti kasvanut kiinnostus omaan uusiutuvaan energiaan perustuvaan sähköntuotantoon.. Seurantajärjestelmän on suunnitellut Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK), joka vastaa myös tuotantotietojen keräämisestä. Seurantaan valitut järjestelmät ovat vaihtosuuntaajilla varustettuja ja tuottavat vaihtosähköä rakennuksen verkkoon. Järjestelmät hyödyntävät PV-tekniologiaa. Tuottoa seurataan kuukausitasolla. Tuotot raportoidaan 3 kuukauden välein tätä varten laadituilla lomakkeilla. Seurantaan valitut kohteet sijaitsevat 61. ja 63. leveyspiirin välissä. Tällä alueella odotettu säteily vaakatasoon asennetulle pinnalle on keskimäärin 900 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Tutkimuksessa on käytetty mc-Si = monikidepiitekniikkaa, sekä a-Si / c-Si = komposiitti - yksikidepiitekniikkaa. Kohteiden tarkempi esittely on esitetty taulukossa 1. (Motiva 2012.)

TAULUKKO 1. Motivan suorittama neljän aurinkosähkökohteen seuranta 2012 vuoden alussa.

sijainti	kohde	asennettu	teknologia	asennuskulma	pinta-ala	huipputeho	vuotuinen säteily alueella
<b>Pori</b>	uimahalli	9/2011	mc-Si	35°	360m <sup>2</sup>	52,5 kW	920 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Saarijärvi</b>	koulurakennus	10/2005	a-Si/c-Si	45°	38m <sup>2</sup>	6,25 kW	869 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Jyväskylä</b>	yliopisto-rakennus	6/2009	mc-Si	40°	20m <sup>2</sup>	2,6 kW	872 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Mikkeli</b>	omakotitalo	6/2011	mc-Si	35°	10m <sup>2</sup>	1,44 kW	891 kWh/m <sup>2</sup>

#### 4.4 Erilaisten aurinkojärjestelmien vertailu ja valinta yritykseen

Ennen järjestelmän valintaa on kartoitettava huolellisesti sen käyttökohde ja järjestelmältä vaadittavat ominaisuudet. Valinnalla on suuri merkitys järjestelmän toimivuuteen ja siitä saatavaan hyötyyn. Aluksi on mietittävä, halutaanko auringosta saada sähköä vai lämpöä. Seuraavaksi on mietittävä rakennuksessa jo olevaa lämmitysjärjestelmää ja sitä, kuinka uusi aurinkojärjestelmä voidaan liittää siihen niin, että saatava hyöty olisi mahdollisimman suuri. Esimerkiksi aurinkolämpöjärjestelmä on ehdottomasti tehokkain vaihtoehto kohteeseen, jossa halutaan tuottaa aurinkolämpöä rakennuksen lämmittämiseen ja rakennuksessa on jo ennestään vesivaraaja. Tämän jälkeen on mietittävä, mikä keräintyyppi sopii parhaiten omiin käyttötarpeisiin. Keräimen valinnan jälkeen on laskettava kohteessa tarvittava energiantarve ja mitoitettava järjestelmä sen mukaan. Näin saadaan aikaan yksilöllinen omiin tarpeisiin täydellisesti sopiva aurinkojärjestelmä.

Kerron nyt hieman vertailuista, joita Rakennus- ja sähköpalvelu Korpi oy teki valitessaan itselleen sopivinta aurinkojärjestelmää ja siihen sopivinta keräintä ennen sen valmistamisen aloittamista. Ensimmäisenä mietittiin, valitaanko aurinkolämpöjärjestelmä vai aurinkosähköjärjestelmä. Tämä valinta oli helppo, koska kohteessa tarvittiin aurinkolämpöä hallin lattian ja

lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Niinpä valittiin aurinkolämpöjärjestelmä, koska aurinkosähkölle ei ollut tarvetta. Aurinkolämpöjärjestelmä oli myös helppo yhdistää hallissa jo olevaan vesivaraajaan.

Järjestelmän valinnan jälkeen lähdettiin miettimään, mikä keräin sopisi parhaiten järjestelmään. Huomioon oli otettava myös se, että keräin valmistetaan alusta loppuun asti itse. Tällä oli suuri merkitys keräintä valittaessa, koska tyhjiöputkikeräin oli huomattavasti haastavampi ja kalliimpi valmistaa kuin tasokeräin. Siispä keräintyypiksi valittiin tasokeräin sen helpomman valmistettavuuden ja edullisemman hinnan vuoksi. Tasokeräin sopi myös erinomaisesti aurinkolämmön tuottamiseen, mikä oli myös valintaan vaikuttava tärkeä ominaisuus.

Aurinkolämpöjärjestelmän ja tasokeräimen valinnan jälkeen alettiin mitoittaa aurinkolämpöjärjestelmää ja vaadittavaa keräinpinta-alaa, jotta niistä saataisiin riittävä määrä tehoa hallin lämmitykseen. Alustavien laskelmien mukaan keräimen tulisi tuottaa noin 10 kW, jotta se riittäisi täyttämään tarvittava energianmäärä. Tasokeräintä lähdettiin siis mitoittamaan sen mukaan, että sen energiantuottoteho olisi noin 10 kw. Suunnittelusta ja valmistuksesta lisää seuraavissa kappaleissa.

## 5. TYÖN LÄHTÖKOHDAT

### 5.1 Aloitustilanne

Työn lähtökohtana oli sellaisen aurinkokeräimen valmistus, jonka kapasiteetti riittää tuottamaan 300m<sup>2</sup> metallipajan lattialämmitykseen vaadittava lämpö heti alkuvuoden auringonsäteistä kesän loppuun asti. Järveltä aurinko pääsee paistamaan suoraan hallin takaseinään, jonne keräin asennetaan, kuten kuviosta 16 voimme havaita.



KUVIO 16. Rakennus ja Sähköpalvelu Korpi oy halli.

## 5.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on suunnitella ja valmistaa riittävän tehokas aurinkokeräin, jonka kapasiteetti riittää lämmittämään 300m<sup>2</sup> metallipajan lattian. Keräimelle asetetut tavoitteet liittyvät rakenteeseen, valmistettavuuteen, ja kustannuksiin. Keräimen tärkeimmät ominaisuudet ovat sen sopivuus järvenpuolipäähän hallia sekä sen kiinnitettävyyden. Halli sijaitsee Kuusaa nimisessä kylässä Kuusaan järven rannalla.

Keräimen vaatimuksia:

- kestävyys ja siirrettävyys
- yksinkertainen valmistettavuus
- ulkonäköseikat (sulautuu hallin seinään)
- käytännöllisyys

Asetettujen tavoitteiden pohjalta toteutettiin aurinkokeräimen suunnittelu, komponenttien valinta ja valmistus.

## 6 KERÄIMEN SUUNNITTELU

Aurinkokeräimen suunnittelu alkoi mitoittamalla lattialämmitykseen tarvittava energiamäärä, mutta päätimme tehdä keräimestä mahdollisimman ison ja näyttävän joten mitoitimme hallin seinän, johon se olisi tulossa kiinni. Tarkoituksena suunnitella mahdollisimman iso ja tehokas keräin, joka mahtuisi seinälle kuitenkin helposti ja käytännöllisesti. Aurinkokeräimestä tulisi tulla niin tehokas että sitä voisi mahdollisesti hyödyntää myös omakotitalon käyttöveden lämmityksessä aurinkoisina aikoina.

Aurinkokeräimien kohdalla puhuttaessa hyötysuhteesta tarkoitetaan keräimeen tulevan ja siitä saatavan energian suhdetta. Laskettiin keräimelle vaadittavan tehon kun lämminvesivaraajan tilavuus on noin 1500 litraa, myös kennoston sisällä oleva vesi on otettu huomioon. Arvioitiin käyttöveden lämpötilaksi 10 astetta, koska se riittää lattialämmitykseen eli toisin sanoen keräimen on tuotettava vuodessa kyseinen määrä energiaa voidakseen pitää varaajan vesimäärän tarpeeksi lämpimänä. Keräinjärjestelmässä pyörii koko ajan sama määrä nestettä, joten päädyttiin siihen teoreettiseen tulokseen että keräin pystyy tuottamaan teoriassa kyseisen energiamäärän helposti yhden kauden aikana.

Kaava:

$$QLKV = (\text{lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä}) \\ (\rho v \cdot c_{pv} \cdot V_{lkv} \cdot (T_{lkv} - T_{kv})) / 3600$$

jossa

$\rho v$  on veden tiheys

$c_{pv}$  on veden ominaislämpökapasiteetti

$V_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden kulutus

$T_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden lämpötila

$T_{kv}$  on kylmän käyttöveden lämpötila

3600 on muuntokerroin kilowattitunneiksi

$$QLKV = (1000 \text{g/m}^3 \cdot 4,2 \text{kJ/kgK} \cdot (1,6 \text{m}^3) \cdot (15^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C})) / 3600 = 18,6 \text{kWh}$$

## 6.1 Materiaalin valinta

### 6.1.1 Rungon materiaali

Aurinkokeräimen rungon rakennusmateriaaliksi mietittiin alustavasti tavallista terästä eli perus rautakaupan terästä S225, mutta päädyttiin kuitenkin alumiiniin joka on huomattavasti kevyempää ja kattaa kestävyysvaatimukset hyvin sekä on ulkonäöltäänkin hieno ilman ylimääräistä pintakäsittelyä. Lisäksi alumiinia ei tarvitse käsitellä millään, jotta pinta pysyisi hyvänä, koska alumiini ei hapetu ruman oranssin väriseksi, kuten normaali teräs sään vaihteluiden armoilla.

**Alumiini** (lat. *aluminium*) (Al) on alkuaineiden jaksollisen järjestelmän kolmanteen pääryhmään kuuluva metalli. Sitä on noin 8 % maankuoresta, jossa se on kolmanneksi yleisin alkuaine (hapen ja piin jälkeen) ja samalla yleisin metalli. Yleisyydestään huolimatta se on tullut tunnetuksi vasta 1800-luvulla, sillä se esiintyy luonnossa ainoastaan yhdisteinä, ja vasta elektrolyysin keksiminen teki mahdolliseksi eristää sitä vapaana alkuaineena. Nykyisin se on hyvin yleisesti käytetty metalli, jonka keveys ja lujuus tuovat merkittäviä säästöjä muun muassa kuljetusteollisuudessa.

Alumiini kestää melko hyvin ilman ja veden vaikutusta eikä siis ole altis korroosiolle, ja siksi sitä käytetään usein teräksen sijasta. Alumiinin korroosiokestävyys perustuu pintaan muodostuvaan suojaavaan oksidikerrokseen. Alumiinin pinta siis hapettuu, mutta pintaan muodostuva tiivis oksidikerros suojaa alempia kerroksia korroosiolta. Usein alumiinia seostetaan muilla metalleilla, esimerkiksi magnesiumilla. Alumiinin hyvää lämmönjohtavuutta hyödynnetään etenkin elektroniikkateollisuudessa. Myös alumiinin sähkönjohtokyky on erittäin hyvä. (Hamilo 2010,)

Alumiinista on tullut yhä yleisempi ja tärkeämpi rakennusaine, jota käytetään esim. junien, veneiden ja autojen rakentamisessa. Hitsaus ja niittaus on alumiinin yleisin tapa liittää metalleja. Alumiinin käyttö edellyttää tietoa sen hitsaamisesta ja materiaalista. Yleisimmät hitsaus-

prosessit alumiinille ovat MIG-hitsaus sekä TIG-hitsaus. Tässä projektissa alumiinin yhteen liittämiseen käytettiin MIG-hitsausta ja ruuvausta ruostumattomilla ruuveilla.

Aurinkokeräimen nestekierto putkiksi valittiin 15mm kupariputken ja ostettiin niihin valmiit 180 asteen mutkat, jotta säästyisimme turhilta taivutteluilta putkia juotettaessa. Kupari johtaa erittäin hyvin lämpöä sekä sähköä. Kuparissa on myös se hyvä puoli, että se ei hapetu eli ruostu eikä se tarvitse pintakäsittelyä. Kuparin yleisin liittämistapa on juottaminen, jossa kupari kuumennetaan punahehkuun ja siihen syötetään sidosaine saumakohtiin. Nestekiertoputket tulisi juottaa pakettina kasaan ennen keräimen runkoon kiinnitystä, jotta eristeet eivät palaishi juottamisen aikana.

### 6.1.2 Kennoston ja eristeen materiaali

**Kupari** (lat. *cuprum*, muinaiskreikaksi *Χαλκός*, khalkos), vanhalta suomalaiselta nimeltään vaski, on alkuaine, jonka kemiallinen merkki on **Cu** ja se kuuluu metallien ryhmään. Kemiallisen määritelmän mukaan se on jalometalli, mutta tavanomaisessa kielenkäytössä sitä ei sellaisena pidetä. Kuparin CAS-numero on 7440-50-8. Kupari on punaruskeaa, venyvää, pehmeää ja sitkeää metallia. Maankuoressa kuparia on keskimäärin noin 0,07 promillea eli 70 grammaa tonnissa. (Kuparin kanainvälinen kemikaalikortti.)

Aurinkokeräimen eristeeksi mietimme tavallista styroksia sekä finfoam levyä, johon lopulta päädyimme. Finfoam uretaanilevy on paljon vahvempaa eikä ole niin huokoista kuin normaali styroks levy, joten sitä ei tarvitse laittaa kovinkaan paksusti ja keräimestä voi rakentaa ohuemman ja säästää materiaaleissa.

Finfoam-eristelevyt on valmistettu ekstruusiomenetelmällä eli suulakepuristamalla polystyreenistä (XPS). Polystyreeni on kestonuovi, joka voidaan uudelleen sulattaa ja käyttää raaka-aineena. Se ei ole terveydelle vaarallinen aine, mistä syystä sitä käytetään mm. elintarviketeollisuuden pakkauksissa. Tuotannon toinen tärkeä raaka-aine on hiilidioksidi, jota Finfoam saa muun teollisuuden sivutuotteena eli se ei lisäkuormita ympäristöä. Hiilidioksidi poistuu levyistä muutaman viikon kuluessa valmistuksesta ja korvautuu ilmalla.



Polystyreenin ja hiilidioksidin lisäksi levyissä käytetään lisäaineita kuten väriä, prosessin stabilointiaineita ja solurakenteen modifiointiaineita. Eristevalmistuksessa käytetään maailmalla yhä CFC-, HCFC- tai HFC -kaasuja ja terveydelle haitallisia bromiyhdisteitä sisältäviä palonestoaineita. Finnfoam on kuitenkin onnistunut korvaamaan nämä yhdisteet turvallisemmilla aineilla, kuten hiilidioksidilla. Finnfoam-levyjen sisäilman päästöluokitus on M1, eli siitä ei haihdu sisäilmaan haitallisia aineita. Valmistusmenetelmän ansiosta eristeen solurakenne on täysin yhtenäinen ja suljettu. Eristeen sisälle ei myöskään pääse home. Tiiviin solurakenteen etu on myös levyjen korkea lujuus. (Plastic food service facts 2010-2013)

## 6.2 Materiaalien ja komponenttien hinnat

Keräimen runkoon meni monta metriä alumiiniputkea, jonka hinta oli 8€/metri, joten rungon hinnaksi tuli 240€. Erikoislasit Veijo Korpi löysi sattumalta todella edullisesti 20€/kpl, joita meni neljä kappaletta, eli lasit maksoivat 80€. Finnfoam uretaanilevy maksoi noin 6,3€/m<sup>2</sup>, joten niille hintaa tuli 50,3€. Nestekierto-kennoston kupariputkiin meni kaikista eniten rahaa muihin osiin verrattaessa, koska kupari on erittäin kallista. Kupariputket olivat 5 metrin mittaisia salkoja, joita meni yhteensä 26 kappaletta. Kupariputkiin meni yhteensä 1495€, koska sen hinta on 11,5€/metri, lisäksi kennoston valmiiksi taivutetut 180 asteen mutkat olivat 3,2€/kappale niitä ostettiin 50 kappaletta, eli rahaa kupareihin meni yhteensä 1660€. Alumiinilevy maksoi 10€/m<sup>2</sup>, jota kului kahdeksan neliometriä, eli hinnaksi tuli 80€. Ruostumattomat teräsruuvit maksoivat 28€/paketti, joita meni vähän yli yksi paketti eli ruuvien hinnaksi tuli noin 35€. Keräinjärjestelmälle tarkoitetun lämminvesivaraajan Veijo Korpi löysi 200€n hintaan. Levyjen ja lasien tiivistykseen käytettiin erittäin jämääkää sään kestäväää silikoniliimaa, sekä uretaanivaahtoa, joiden yhteishinnaksi tuli 45€. Käytettyjä työtunteja ei laskettu, mutta seuraavan keräimen saisi tehtyä helposti viikossa näiden opittujen tietojen perusteella. Keräimen materiaalien kokonaishinnaksi tuli siis 2380,3€ hinta sisältää lämminvesivaraajan. Keräimen rakennukseen tarvittavien materiaalien lisäksi tarvitsimme laikkoja, lisäaineita yms. kuluva tavaraa, joten keräimen materiaalien hinnaksi tuli näiden lisäksi noin 2500€.

## 7. KERÄIMEN RAKENTAMINEN

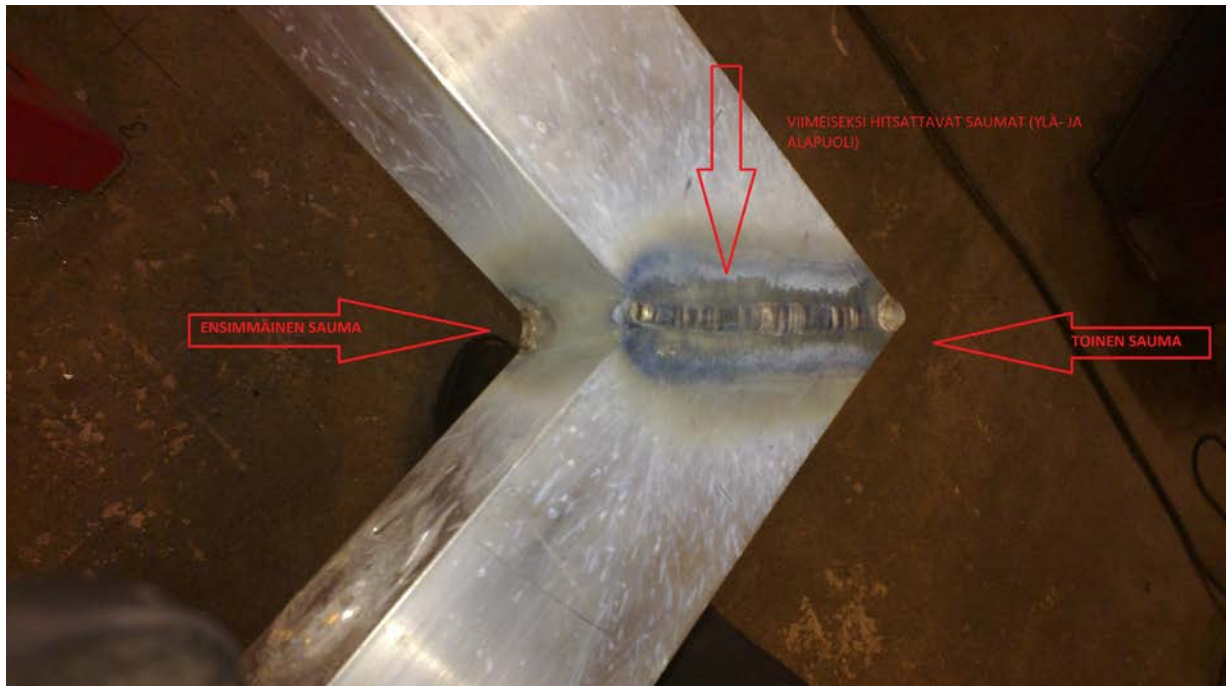
### 7.1 Runko

Aurinkokeräimen valmistus alkoi runkoputkien sahaamisesta oikeaan mittaansa. Runkoputkien päät sahattiin 45 asteen kulmaan, jotta hitsattaessa runkoon ei jäisi avonaisia putken päitä. Sahauksen jälkeen porattiin pylväsporakoneella yhteen pitkään runkoputkeen reiät vesiputkiston meno- ja paluuputkille. Porauksen jälkeen asennettiin sahatut runkoputket pöydälle ja alettiin kohdistaa ne ristimitaan, jonka jälkeen silloitin ne mig-hitsaimella kiinni toisiinsa. Keräimen rungon silloitettua tarkistin vielä, että ristimita on kohdillaan. Puristimia lisättiin pitämään runkoputkia paikallaan, jotta liialliset lämpötilamuutokset voitaisiin estää. Alumiini on tunnettu rajuista lämpötilamuutoksistaan hitsauksen aikana, kuten hitsausmaailmassa tiedämme sitä kutsuttavan ”vetelyksi” eli tässä tilanteessa runko vääntyilisi sauman suuntiin holtittomasti, mutta runko saatiin pysymään suorana puristimia lisäämällä ja hitsaamalla saumat oikeassa järjestyksessä.

Alumiinia on lähes mahdoton hitsata ilman lämmöstä johtuvia muutoksia, joten ne täytyy hyväksyä ja pyrkiä työskentelemään niin, että ne jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Oikea hitsausjärjestys oli tässä tilanteessa se, että ensin hitsasin rungon putken sisäpuolen alamäkeen ja heti perään ulkopuolen alamäkeen, koska se estää rungon reunojen kierouden kuten kuviossa 17 käy ilmi.

Hitsaus alamäkeen tarkoittaa nimensä mukaan alaspäin hitsaamista. Sula liikkuu alaspäin vertikaalisuunnassa materiaalin hitsausrailoa pitkin. Kun kaikki rungon reunat oli hitsattu kyseessä olevalla tavalla, hitsattiin rungon yläpuolella jääneet saumat järjestyksessä, kuten kuviossa 17 näkyy. Hitsauksen jälkeen käännettiin runko katonosturilla ympäri ja hitsattiin alapuolelle jääneet saumat. Rungon hitsauksen valmistuttua tarkistin ristimitan jälleen ja totesin että runko on vedellyt noin 8mm mitastaan. Tällä ei ollut käytännössä mitään merkitystä näin kookkaassa rungossa (6000mm x 1500mm). Rungon hitsauksen valmistuttua hiottiin kulma-

hiomakoneella rungon yläpuolella olleet saumat sileäksi runkoputken tasoon asti, mikä tehtiin myöhemmin myös alapuolelle.



KUVIO 17 Oikea hitsausjärjestys

Tarkoituksena oli levyttää 2:n mm paksulla alumiinilevyllä keräimen rungon takapuoli (seinänpuoli). Alumiinilevyt leikattiin oikeaan kokoon nakertajalla ja asennettiin ne keräimen rungon päälle, jonka jälkeen ruuvattiin levyt runkoon kiinni alumiinilistojen avulla kuten kuviossa 20 käy ilmi. Ruuveina käytettiin 4mm x 32mm ruostumattomia teräsruuveja, koska normaaleilla teräsruuveilla alumiini syöpyy ajan kanssa alumiinin ollessa epäjalompi teräs. Alumiinilistojen koko oli 30mm x 8mm, jolla kiersin kaikki rungon levyt kiinni. Rungon levytyksen valmistuttua saahasin rungon kiinnikkeet sahalla oikeaan mittaan ja porasin niihin reiät päihin tulevaa seinään kiinnitystä varten. Kiinnikkeitä tuli yhteensä viisi kappaletta. Kiinnikkeet mitoitettiin rungon päälle siten, että levyn saumakohtat jäivät kiinnikeputken keskelle ja ne saisi ruuvattua kiinnikkeeseen kiinni myöhemmin hitsauksen jälkeen. Kiinnikeputket hitsattiin pienillä saumoilla runkoon kiinni, jotta putken alla olevat levyt eivät sulaisi, kuten kuviossa 19 selviää. Kiinnikkeiden asennuksen jälkeen alettiin lisätä finfoam-eristettä keräimen rungon sisään. Eristeen oltua paikoillaan leikattiin mattoveitsellä railot levyjen liitoksien väliin tulevaa uretaanivaahtoa varten. Railot leikattuani laskettiin uretaanivaahtoa levyjen väliin ja asetin painot

levyjen päälle siksi aikaa kun vaahdot kuivaa. Vaahdon kuivuttua leikattiin eristeen tason yläpuolelta vaahdot pois mattoveitsellä, jotta ne eivät häiritse tulevaa kupariputkikennostoa. Veijo Korpi keksi laittaa eristeen päälle myös 2mm alumiinilevyä, jota jäi yläpuolelta keräimen levytyksestä. Tarkoituksena oli maalata eristeen päällä oleva alumiinilevy mattamustan väriseksi tehokkaamman lämmön keräämisen vuoksi. Keräimen runko eristeineen on valmis, kuten kuvista 18 käy ilmi.



KUVIO 18. Kupariputkien kokeilu kennon sisälle.





KUVIO 19. kiinnikeputkien hitsausaumamat



KUVIO 20. Alumiinilevyjen liittäminen aurinkokeräimen runkoon.

## 7.2 Kenno

Seuraavaksi vuorossa oli nestekiertoputkiston eli kuparikennoston juottaminen. Tarkoituksena oli juottaa kupariputket pakettina toisiinsa kiinni ja nostaa koko kennosto pakettina aurinkokeräimen rungon sisään ja kiinnittää se muovikiinnikkeillä runkoon, kuten kuviosta 21 havaitsee. Kupariputket ovat 5 metriä pitkiä ja keräin suunniteltiin niin, että putket menevät kokomittaisina keräimen sisään ilman turhia katkaisuja. Kuparikennon juottaminen alkoi siitä, että otettiin täysimittaiset kupariputket ja asennettiin ne pöydälle riviin käyttäen muovikiinnikkeitä, joissa on reiät valmiina. Toisin sanoen putkien jako on sama joka kohdassa ja ne ovat tasavälein toisiinsa nähden. Putkien päät tasattiin samaan kohtaan ja ruvettiin asettamaan 180 asteen kupariputkia putkien päihin, jotka juotettiin kiinni. Kennostossa alkoi olla useampia putkia, joten se oli laitettava roikkumaan kattonosturiin, jotta putket voisi juottaa kertapyöräytyksellä ilman katkoja. Tämä estää sen, että putkiin ei jäänyt kylmiä kohtia ja tätä myötä ne eivät toivottavasti vuoda. Kennoston koeponnistus eli testaus oli tarkoitus tehdä laittamalla kennoston toinen pää tukkoon sekä toiseen päähän juottaa venttiili, johon saa ilmanpaineletkun kiinni. Tarkoituksena oli laittaa kennostoon hieman painetta ja suihkuttaa saumakohtat saippuavedellä, jotta mahdolliset vuotokohdat löytyisivät. Vuotoja löytyi muutama, mutta kun ne oli juotettu, kennosto piti paineet sisällään ja sitä myöten valmistui. Kennostoon asetettiin 7,6 baaria painetta, kuten kuviosta 21 näkyy, kennosto piti paineen hyvin ja todettiin se valmiiksi rungon sisään asetettavaksi.



KUVIO 21. Kennoston koeponnistus ja muovikiinnikkeet.

### 7.3 Kennon asettaminen runkoon

Rungon ja kennoston valmistuttua oli aika yhdistää ne ja saattaa kokoonpano valmiiksi. Runko makasi pöydällä ja alettiin kennostoa siihen sovittaa, jotta saatiin merkittyä ulostulojen reikien paikat runkoon. Tulojen ja lähtöjen paikat merkittiin ja porasimme ne reilun kokoisiksi, 20mm tarkoituksena tiivistää putken ympärys silikoniliimalla hankautumiskulman estämiseksi. Kupari laajenee lämmöstä, joten on hyvä olla joustava kiinnitysaine. Porasimme reiän reilun kokoiseksi, jotta kennoston voisi sujauttaa runkoon ilman turhia kupariputken taivutuksia. Kennoston asetettiin varovaisesti rungon sisään ja taivutettiin kupariputket varovasti niille porattuihin paikkoihin. Kennosto oli paikoillaan, joten alettiin porata muovikiinnikkeiden ja rungon läpi reikiä, jotta saisimme kennoston kiinnitettyä tiukasti runkoon. Kiinnitimme kennoston kiinnikkeet pitkillä 8:n mm pulteilla. Kiinnikkeitä oli 5 kappaletta, kuten kuviosta 22 ilmenee, joten pultteja meni 15 kappaletta. Kuparikennosto oli rungossa kiinni, joten seuraavana työvaiheena oli lasien asennus. Lasien asennus alkoi niiden kohdistamisella runkoon. Lasit mitoitettiin rungon päälle ja liitettiin lasille alakarmin pulttaamalla alumiinisen kulmaraudan runkoon kiinni. Kun alakarmi oli liitetty, käännettiin keräimen runko noin 45 asteen kulmaan



ja alettiin lasien kohdistamisen paikoilleen karmin päälle runkoon nojaamaan. Lasit keskitettiin tasajaolle liimavaran jättäen ja mitoitettiin yläkarmi runkoon, joka lukitsee lasit paikoilleen. Lasit käytettiin kertaalleen irti ja yläkarmin reiät porattiin ja liimat lisättiin runkoon, jonka jälkeen lasien asennus alkoi. Kun lasit oli liimattu, asennettiin lopullisesti yläkarmi kiinni pulteilla. Aurinkokeräin valmistui kokeilua varten.



KUVIO 22. Keräin valmiina.

#### 7.4 Käytetyt työstömenetelmät

Alumiinin yhteen liittämiseen käytettiin MIG-hitsausta, joka on kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa sähkövirran avulla saatava valokaari palaa hitsattavan kappaleen ja lisäainelangan välissä suojakaasun ympäröimänä. Hitsattaessa valokaari sulattaa perusaineen ja lisäaineen yhtenäiseksi hitsisulaksi jäätyessään muodostaa kiinteän yhteyden kahden kappaleen välille.

Mig hitsauksen etuja ovat sen nopeus ja hitsin puhtaus, MIG-hitsaus on kiistatta nopein tapa hitsata kun puhutaan ihmisen manuaalisesti tehtävästä hitsaustyöstä. Hitsatun sauman päälle ei muodostu kuonakerrosta ellei käytetä tiettyntyyppistä ydintäyte lankaa. MIG-hitsauksen huono puoli on vaikea tunkeuman ja hitsin muodon hallinta kuten esimerkiksi TIG-hitsauksessa se on



paljon helpompaa. Myös huomaamaton vapaalangan pituuden muuttuminen vaikuttaa voimakkaasti perusaineeseen kohdistuvaan sulatustehoon, minkä vuoksi hitsiin jää helposti huomaamattomia virheitä kuten kylmiä kohtia ja huokosia. Valmistelimme MIG-hitsaus koneen alumiinin hitsaukseen vaihtamalla siihen alumiinihitsauslangan sekä pehmeämmät vetorullat, kuten kuvioista 23 ilmenee. Pehmeämmät vetorullat jouduttiin vaihtamaan, koska alumiinilanka on huomattavasti pehmeämpää kuin esimerkiksi teräksen hitsaamiseen tarkoitettu lisäainelanka. Hitsauspoltin ei tarvinnut minkäänlaista muutosta alumiinin hitsaukseen. Suojakaasuksi vaihdoin puhtaan argonin, koska vain sitä voi käyttää puhtaan alumiinin suojakaasuna hitsauksen aikana.



KUVIO 23. Kuva alumiinin hitsaukseen tarvittavista laitteista sekä alumiini lisäainelangasta

Aurinkokeräimen runkoputkien sekä muiden osien katkaisuun käytimme automaattisaha, jossa automaattinen kappaleen siirto sekä katkaisutoiminto, kuten kuvioista 24 näkyy. Katkoimme alumiinit sahalta, koska alumiinia työstettäessä esimerkiksi kulmahiomakoneella siitä irtoaa terveydelle haitallisia hiukkasia. Saha oli turvallinen ratkaisu alumiinin katkomiseen, koska sahan leikkuuneste sitoo alumiinista irtoavan pölyn ja hiukkaset tehokkaasti. Sahalla saimme runkoputkien kaikki kulmat samanlaisiksi, mikä helpotti rungon hitsaamista.



KUVIO 24. Automaattisaha

Aurinkokeräimen rungon läpi tuleville kupariputkille porattiin reiät isolla pylväsporakoneella, joka kuvioista 25 käy ilmi. Reiät porasimme pylväsporakoneella, koska reiät olivat niin isoja että käsiporakoneeseen ei olisi saanut niin kookasta terää kiinni. Porasimme myös kupariputkien kiinnikemuoveihin sekä keräimen rungon tuuletusreiät pylväsporakoneella, koska työn tulos on todella tarkka. Pylväsporakoneessa pora on asennettu kiinteästi pylväaseen ja porattava kappale asetetaan suoraan poran alapuolella olevaan pöytään kiinni. Poran alaspäin suuntautuva syöttöliike saadaan aikaan kammesta vääntämällä tai käyttämällä automaattisyöttöä, jonka voi säätää kappalekohtaisesti sopivaksi. Alumiinia työstettäessä syöttönopeudet ovat huomattavasti isompia kuin esimerkiksi teräksellä.



KUVIO 25. Pylväsporakone

Vesikiertoputkien pehmeäjuottamiseen käytettiin happi-asetyleeni kaasuja, koska hallissa sattui olemaan pullot valmiina sekä niillä saavutetaan vaadittu juottamislämpötila todella nopeasti ja kuparin juottaminen tapahtuu nopeasti ja vaivattomasti katso kuvio 26. Lisäaineena käytimme fosforia sisältävää juotetta. Valitsimme pehmytjuottamisen, koska putkistoissa ei ole painetta juurikaan ja kiertoveden lämpötila ei nouse todennäköisesti yli kiehumispisteen.



Pehmeäjuotossa saavutetaan tyydyttävä tulos vain käyttämällä kapillaariliitoksiin tarkoitettuja tehdasvalmisteisia putkiyhteitä. Juotettaessa on työlämpötila aina alle 450 °C, tavallisesti 200... 250 °C. Myös pehmeäjuotossa täytyy liitettävien osien väliin jäävän raon olla tietyn suuruinen (0,05...0,2 mm), jotta sula juote leviäisi kapillaarivoiman ansiosta kunnolla. Pehmeäjuotetun liitoksen lujuus on huonompi kuin kovajuotetun liitoksen. Väsyttävän kuormituksen tai korkeampien lämpötilojen (>+ 110 °C) alainen liitos on syytä kovajuottaa. Liitoksen onnistuminen riippuu paitsi tarkoista mitoista myös liitettävien osien puhtaudesta. (Pehmeäjuotto 2009)

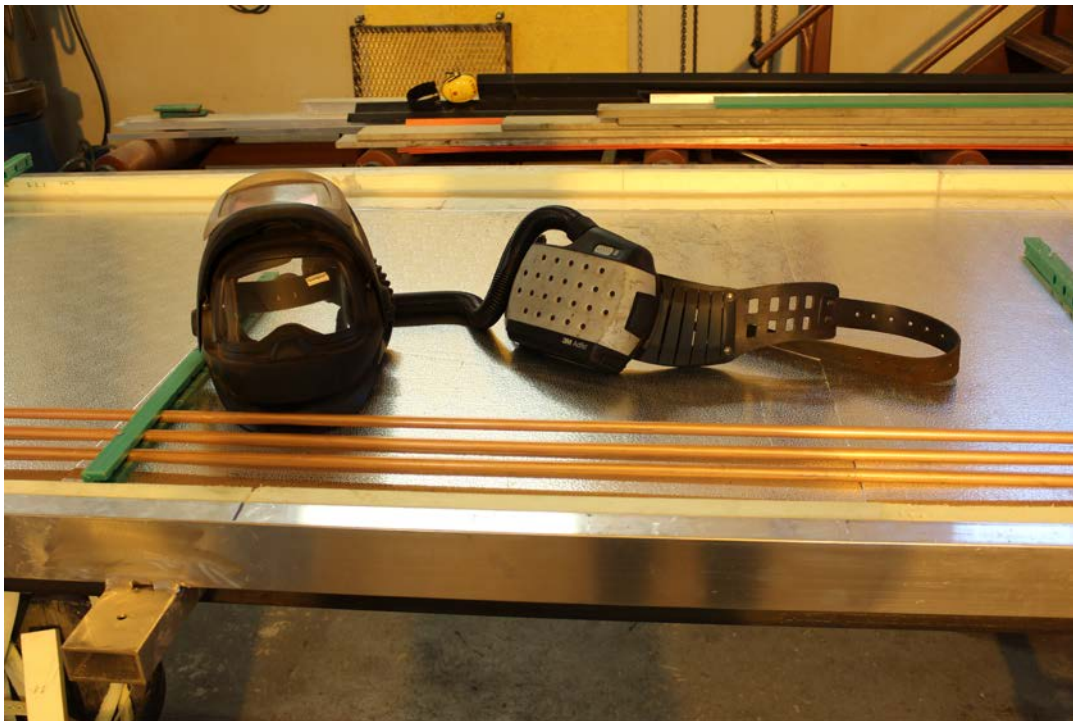


KUVIO 26. Kaasupillit

Alumiinin hitsauksen ja työstön myrkyllisyyden tiesin jo aiemmasta työpaikastani, jossa alumiinhitsarit käyttivät raitisilmamaskia ja varoittivat alumiinista nousevista kaasuista ja hiukkasista jotka eivät poistu elimistöstä koskaan. Kun aiemmin olen työstänyt alumiinia ilman vaadittavia suojavaarusteita, olen tehnyt sen havainnon että hengitystiet menevät ahtaalle ja hengittäminen vaikeutuu sekä ilmenee välitöntä päänsärkyä, joka menee ohi muutamassa tunnissa, kunhan ei ole lähellä alumiinin työstöä. Olimme heti samaa mieltä pomoni kanssa rai-

tisilmamaskin ostamisessa yritykseen kyseistä projektia varten ja voihan sitä käyttää toki muissakin tulevaisuuden hitsauksissa. Maskiksi valittiin 3M Speedglas 9000 raitisilmamaski, jossa automaattinen lasin tummennus eli kun valokaari välähtää maski tummentuu automaattisesti hitsauksen ajaksi kuvio 27. Maski ei sovellu kovin hyvin siltahitsaukseen eli heppaamiseen. Automaattimaskissa on pieni viive siihen, että lasi tummuu, joten sillä ei ole hyvä tehdä siltahitsejä. Voin väittää, että silmät kipeytyvät jatkuvasta välkkymisestä.

Hitsatessa syntyy mitä erilaisimpia kaasuja. Kaasut voivat olla lähtöisin hitsattavasta materiaalista, hitsauslisäaineista tai hitsattavien kappaleiden epäpuhtauksista. Kaasujen hengittäminen voi aiheuttaa muun muassa erilaisia hengityselinoireita tai metallikuumeen. Tämän vuoksi hitsatessa on syytä huolehtia hyvästä ilmanvaihdosta. Usein hitsauskohteen lähelle järjestetään tehokas imuri. Joskus on syytä käyttää jopa raitisilmamaskia, ylipaineista kasvosuojusta, johon johdetaan puhdasta ilmaa. (SFS 3052 *Hitsaussanasto*)



KUVIO 27. Raitisilmamaski aurinkokeräimen rungon päällä.

Halliin asennettu 4000:n kg radio-ohjattu kattonosturi hoiti keräimen ja kupariputkiston nostot sekä siirrot, kuten kuviosta 28 saa huomata.



KUVIO 28. 4000kg kattonosturi

## LÄHTEET

Marko Hamilo: Alumiinin valmistus vie paljon energiaa Helsingin Sanomat 8.5.2007. Viitattu 14.7.2010.

SFS 3052 *Hitsaussanasto. Yleistermi (de en fi sv.)* Hitsaajan standardit -käsikirjasta 402-2 (2011)

Aurinkoenergia.fi 2013, löytyy verkko-osoitteesta [www.aurinkoenergia.fi](http://www.aurinkoenergia.fi), luettu 10.2.2013.

Suomen Koneco Oy 2012, löytyy verkko-osoitteesta [www.aurinkokeräin.fi](http://www.aurinkokeräin.fi), luettu 12.10.2012.

Aurinkopaneeli.org, löytyy verkko-osoitteesta [www.aurinkopaneeli.org](http://www.aurinkopaneeli.org), luettu 23.1.2013.

Energia-auringosta.fi, löytyy verkko-osoitteesta [www.energia-auringosta.fi](http://www.energia-auringosta.fi), luettu 2.12.2012.

International Chemical Safety Cards 2012, löytyy verkko-osoitteesta [www.kappa.ttl.fi](http://www.kappa.ttl.fi), luettu 15.2.2013.

Kupari.com, löytyy verkko-osoitteesta [www.kupari.com](http://www.kupari.com), luettu 12.2.2013.

Motiva Oy, löytyy verkko-osoitteesta [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi), luettu 13.2.2012.

Nereus Oy, löytyy verkko-osoitteesta [www.nereus.fi](http://www.nereus.fi), luettu 20.1.2013.

Yourwebsite.com 2013, löytyy verkko-osoitteesta [www.yourwebsite.com](http://www.yourwebsite.com), luettu 4.2.2013

Savonia 2012, löytyy verkko-osoitteesta [dmkk.savonia.fi](http://dmkk.savonia.fi), luettu 22.11.2012.

Frisnet Oy 2006, löytyy verkko-osoitteesta [www.solarbiox.fi](http://www.solarbiox.fi), luettu 28.11.2012.

MG Engineering 2010–2012, löytyy verkko-osoitteesta [www.solarmagic.fi](http://www.solarmagic.fi), luettu 12.2.2013.