

Niklas Koivula

# Rakennuksen lämmön ja sähkön yhteistuotanto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

17.03.2014

Tekijä Otsikko	Niklas Koivula Rakennuksen lämmön ja sähkön yhteistuotanto
Sivumäärä Aika	25 sivua + 4 liitettä 17.3.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkövoimatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	suunnittelu ja urakointi
Ohjaaja	yliopettaja Jarno Varteva
<p>Tämä insinöörityö tehtiin kirjallisuustutkimuksena Metropolia Ammattikorkeakoululle. Työssä päätavoitteena oli selvittää, kuinka uusiutuvaa energiaa voisi käyttää rakennusten lämmittämiseen ja sähköistämiseen. Uusiutuvien energioiden käyttö ei ole vielä niin yleistä, mutta tulevaisuudessa uusiutuvien energioiden markkinat kasvavat massiivisesti.</p> <p>Tutkimuksessa käytiin läpi pieniä lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksia sekä erilaisia uusiutuvia energialähteitä, joita voidaan käyttää rakennuksen lämmön ja sähkön yhteistuotantoa varten. Tutkimuksessa havainnollistettiin nykypäiväisten aurinko- ja tuulienergiajärjestelmien toiminnallisuus, sekä miten maalämpöä ja ilmalämpöä voidaan hyödyntää rakennuksissa. Työssä on havainnollistettu erilaisten uusiutuvien energialähtejärjestelmien yhteensopivuudet sekä käyttömahdollisuudet. Suomen sääolosuhteet on myös otettu huomioon uusiutuvien energiajärjestelmien kannalta.</p> <p>Työ osoitti, että rakennusten toissijaisena lämmitys- ja sähköistysjärjestelmänä, uusiutuva energia on hyvä vaihtoehto. Erilaisten uusiutuvien energiajärjestelmien avulla voidaan helposti alentaa rakennusten lämmitys ja sähköistyskustannuksia. Tulevaisuudessa, kun teknologia on kehittynyempää, uusitut energialähteet voivat kattaa koko rakennuksen energiatarpeet. Lämmön ja sähkön yhteistuotanto kasvaa tulevaisuudessa EU 2020 strategian takia, sen mukaisesti 20 % energiasta tulisi tulla uusituvista energioista.</p>	
Avainsanat	yhteistuotanto, aurinkolämpö, aurinkosähkö, tuulivoima, maalämpö, ilmalämpöpumppu

Author Title	Niklas Koivula Joint Production of Heat and Power in a Building
Number of Pages Date	25 pages + 4 appendices 17 March 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Senior Lecturer Jarno Varteva
<p>This bachelor's thesis was carried out for Metropolia University of Applied Sciences as a literature review. The aim of this thesis was to examine, how joint production of heat and power from renewable energy, could be used in buildings. The usage of renewable energy is not so common yet, but in the future the renewable energy market is expected to grow massively.</p> <p>The review goes thorough small combined heat and power plants, as well as renewable energy sources that could be used in joint production of heat and power for buildings. The review illustrates the functionality of solar and wind energy systems nowadays, as well as how geothermal- and air-source energy could be used in buildings. The thesis demonstrates affordance and compatibility between different renewable energy systems. Also the Finnish weather conditions are taken in consideration in renewable energy systems.</p> <p>Results indicate that as secondary heat and power source in a building renewable energy is a good option. With different renewable energy systems the costs of heating and electrifying a building can easily be lowered. In the future when the technology is more advanced, renewable energy sources could be the only energy source a building would need. Joint production of heat and power will increase in the future because of the EU 2020 strategy, where 20% of energy should come from renewable energy.</p>	
Keywords	Joint production, solar thermal energy, solar power, wind power, geothermal heating, air-source heat pump

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lämmön ja sähkön yhteistuotanto (CHP)	2
2.1	Pienvoimalan tuotantoprosessi	2
2.1.1	Höyryvoimalaitokset	3
2.1.2	Polttomoottorit ja kaasuturbiinit	4
2.1.3	Polttokennot	5
2.1.4	Välittäjäaineisiin liittyvät tekniikat	6
3	Aurinkoenergia	8
3.1	Aurinkosähkö	9
3.2	Aurinkosähkön varastointi	10
3.3	Aurinkopaneelin toimintaperiaate	11
3.4	Aurinkolämpö	12
3.5	Aurinkolämpöjärjestelmän komponentit	13
3.5.1	Aurinkolämpökeräimet	13
3.5.2	Lämmönsiirtimet	14
3.5.3	Lämminvesivaraaja	14
3.5.4	Aurinkolämpöjärjestelmän ohjaus ja säätö	14
4	Tuulivoima	15
4.1	Tuuliturbiinin toimintaperiaate	15
4.2	Pieni tuuliturbiini liitettynä rakennukseen	17
5	Maalämpö	18

6	Ilmalämpöpumput	18
6.1	Ilma-ilmalämpöpumppu	19
6.2	Ilma-vesi-lämpöpumppu	20
6.3	Poistoilmalämpöpumppu	21
7	Yhteenveto	22
	Lähteet	24
	Liitteet	
	Liite 1. Yhteistuotanto verrattuna erillistuotantoon	
	Liite 2. Aurinkolämmitysjärjestelmä öljylämmityksen rinnalla	
	Liite 3. Rakennuksen aurinkosähköjärjestelmä	
	Liite 4. Maalämpöjärjestelmä	

## Lyhenteet

AFC	alkalipolttokenno
CHP	Combined Heat and Power. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto.
KWh	kilowattituntia
MCFC	sulakarbonaattipolttokenno
MW	megaWatti
MWh	megawattituntia
ORC	Organic Rankine Cycle
PAFC	fosforihappopolttokenno
PEMFC	polymeeripolttokenno
SOFC	kiinteäoksidipolttokenno

## 1 Johdanto

Rakennuksia on yleisesti jo kauan lämmitetty sähkön tai öljyn avulla ja rakennusten sähköt on saatu kunnallisesta sähköverkosta. Uusiutumattomia luonnonvaroja ei ole loputtomasti jäljellä, joten uusia menetelmiä tarvitaan tulevaisuudessa. Vaihtoehtoisia menetelmiä on olemassa ja niiden käyttö kasvaa, koska ydinvoimasta pyritään luopumaan tulevaisuudessa.

Tässä insinööriyössä tarkastellaan eri pienvoimaloiden sähkön ja lämmön yhteistuotanto ja hyödyntämismahdollisuuksia. Euroopan Unionissa sähkön ja lämmön yhteistuotantoa pidetään merkittävänä tapana vähentää kasvi-huonepäästöjä. Tämän takia yhteistuotantolaitosten määrä luultavasti kasvaa merkittävästi tulevaisuudessa. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa Suomi on jo yksi johtavista maista maailmalla.

Lisäksi tarkastellaan eri mahdollisuuksia käyttää uusiutuvaa energiaa rakennusten lämmityksessä ja sähköistyksessä. Työssä tarkastellaan, miten aurinkoenergia, tuulivoima ja maalämpö soveltuu rakennusten lämmittämiseen ja sähköistämiseen. Työssä tutkitaan, miten paljon ja mihin vuodenaikaan uusiutuvista energioista on eniten hyötyä ja miten paljon niillä voi säästää perinteisiin menetelmiin verrattuna. Eri järjestelmien käyttömahdollisuudet tarkastetaan sekä niiden yhteensopivuudet toistensa kanssa.

Insinööriyössä keskitytään pienten rakennusten lämmittämiseen ja sähköistämiseen uusiutuvilla energioilla, joten työssä käsitellään pieniä yhteistuotantojärjestelmiä. Aurinkoenergian kohdalla keskitytään kiinteisiin aurinkopaneeli- ja aurinkokeräinratkaisuihin, joita yleisimmin käytetään rakennusten katoilla.

## 2 Lämmön ja sähkön yhteistuotanto (CHP)

Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa CHP (Combined Heat and Power) Suomi on yksi edelläkävijöistä maailmalla. Suomen kaukolämpötuotannosta 80 % saadaan sähkön ja lämmön yhteistuotannosta. Yhteistuotannosta saadaan myös yksi kolmasosa Suomen sähköstä. Koska sähkön ja lämmön yhteistuotantoa katsotaan Euroopan Unionissa huomattavana tapana vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä, niin yhteistuotannon merkitys kasvaa tulevaisuudessa. [1.]

### 2.1 Pienvoimalan tuotantoprosessi

Sähkön ja lämmön tuotannossa pienvoimalaksi lasketaan laitos, jonka sähköntuotantoteho on 1 - 2 MW ja lämpöteho 3 - 5 MWh. Järjestelmän etuna on tällöin hyvä kokonaishyötysuhde.

Pienvoimalan neljä perustuotantomenetelmää ovat

- höyryturbiinit ja muut höyryvoimalaitteet
- polttomoottorit ja kaasuturbiinit
- polttokennot
- muut välittäjäaineisiin liittyvät tekniikat.

Näihin tekniikkoihin, kun liitetään eri polttoaineita, saadaan lukuisia eri voimalaitosratkaisuja. On olemassa paljon lisää tekniikoita, mitkä ovat vielä kehitysvaiheessa. [2.]



### 2.1.1 Höyryvoimalaitokset

1 MWe höyryturbiini-, höyrykone- ja moottorivoimalat tulevat kyseeseen kun puhutaan pienvoimaloista. Lämpöenergia tuotetaan näissä pienvoimaloissa hakekattilalla. Kun puhutaan itse höyryvoimalaitoksista, niin puhutaan energiatuotannosta isossa kokoluokassa. [2.]

Höyryvoimalaitokset toimivat lauhde- tai vastapaine tekniikalla. Molemmista laitoksista löytyy höyryturbiini, jonka takana on lauhdutin. Höyryvoimalaitos jossa tuotetaan sähköä toimii kiehumispisteeseen lämmitetyn veden avulla. Vesi höyrystetään minkä, jälkeen se tulistetaan. Höyryturbiinia varten höyryn painetta kasvatetaan, jonka jälkeen höyry menee turbiinin läpi ja turbiinin siivekkeet alkavat pyöriä. Generaattorissa pyörimisliike muunnetaan sähkövirraksi.

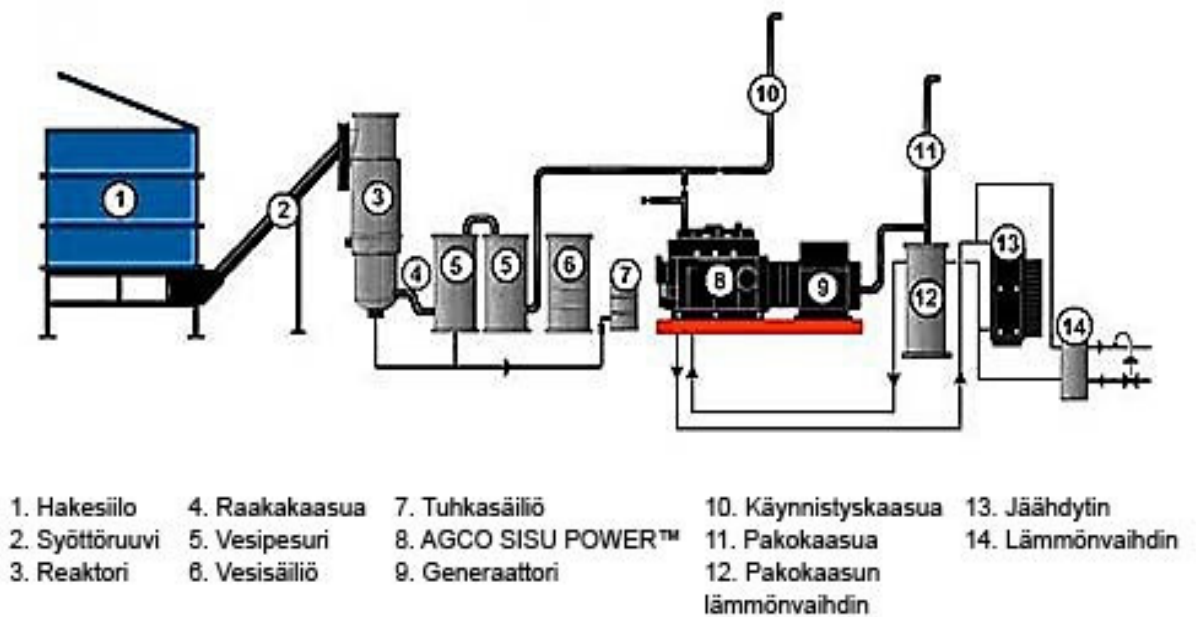
Lauhdevoimalaitoksessa sähköä saadaan, kun höyryyn kietoutunut energia muutetaan sähköksi. Tarkoittaen käytännössä että turbiinin jälkeisessä vedessä ei ole lämpöä eikä painetta. Lauhdevoimalaitoksessa 44 % energiasisällöstä saadaan polttoaineista, jotka voidaan muuttaa sähköksi.

Vastapainelaitoksessa turbiinista tulevan höyryn lämpötila ja paine on paljon korkeampi. Tässä prosessissa lauhduttimessa on painetta. Enimmäkseen vastapainelaitoksessa tuotetaan lämpöä ja toisena tuotteena sähköä. Laitoksessa sähköä tuotetaan eniten talvella. [3.]

## 2.1.2 Polttomoottorit ja kaasuturbiinit

Nykyään parhaiten toimiva pienvoimalatyyppi, jossa tuotetaan sähköä ja lämpöä, on biokaasulla toimiva polttomoottori tai kaasuturbiini. Kaasu, jota tarvitaan polttomoottoreihin ja kaasuturbiineihin, on melko helppoa puhdistaa käyttökelpoiseksi. Jätevesipuhdistamojen lietebiokaasureaktoreiden yhteyteen on jo pitkään ymmärretty rakentaa biokaasuvoimalaitoksia, sillä tämä on havaittu toimivaksi ratkaisuksi. [2.]

Kaasu- ja dieselmoottoreista perustuvat moottorivoimalat toimivat mäntämoottoreihin liitettyjen generaattoreiden avulla. Kuvassa 1 voidaan havaita, kuinka prosessi toimii. Lämpö, joka syntyy prosessissa, käytetään myös hyväksi. Moottorivoimalaitoksella saavutetaan hyvä sähköhyötysuhde ja tehoalue. Tämän tyyppisen voimalaitoksen etuja ovat nopea rakennettavuus ja käytettävien polttoaineiden suuri valikoima. [4.]



Kuva 1. Prosessi, joka soveltaa kaasutusta ja kaasukäyttöistä polttomoottoritekniikkaa

[5]

### 2.1.3 Polttokennot

Polttokennot hyödyntävät polttoaineesta saatavaa kemiallista energiaa. Tämä energia muutetaan sähköksi. Eniten käytetty polttoaine tässä prosessissa on vety. Polttokennossa on kaksi elektroodia, joista yhdelle syötetään polttoainetta, kun taas toiselle hapetinta. Elektrolyytti kuljettaa kennon varausta, ja sähkövirta syntyy, kun elektrodit kulkevat ulkoisessa virtapiirissä. Polttoaine ja elektrolyytti, jota käytetään määrittävät syntyvän reaktion.

Alkalipolttokenno (AFC), polymeeripolttokenno (PEMFC), fosforihappopolttokenno (PAFC), sulakarbonaattipolttokenno (MCFC) ja kiinteäoksidipolttokenno (SOFC) ovat viisi yleisintä polttokennotyyppiä, kun ne jaotellaan elektrolyytin mukaan. Taulukossa 1 esitetään polttokennojen ominaisuuksia. [4.]

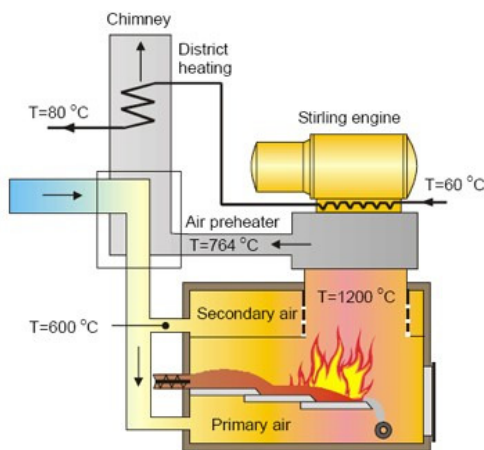
Taulukko 1. Tekniset tiedot tyypillisille polttokennoille [4]

	<b>PEMFC</b>	<b>PAFC</b>	<b>MCFC</b>	<b>SOFC</b>
Tehoalue	1-250 kW	1-500 kW	0,1-10 MW	0,1-50 MW
Sähköhyötysuhde (%) *	38-43	38-43	50-55	48-52
Kokonaishyötysuhde (%)	70-80	75-85	85-95	85-95
Toimintalämpötila (°C)	60-80	150-200	500-600	800-1000
Polttoaine	vety, maakaasu, metanoli	vety, maakaasu	vety, maakaasu	vety, maakaasu, hiilimonoksidi
Kennon elinikä (h)	-	40000-60000	-	-
Käytettävyys (%)	-	95-97	-	-

## 2.1.4 Välittäjäaineisiin liittyvät tekniikat

Stirlingmoottorit sekä ORC-teknologiaa käyttävät laitokset edustavat teknologioita, joissa höyryn sijasta käytetään muuta tapaa muuttaa lämpöenergia sähköksi välittäjäaineiden avulla. Auringon lämpöä, sekä mitä tahansa biopoltoainetta, voidaan käyttää lämmitykseen. [2.]

Stirlingmoottorin toimintaperiaate on työkaasun laajentaminen lämmönvaihtimessa sekä työkaasun tilavuuden pienentäminen kylmään sylinterissä. Kuvassa 2 havainnollistetaan Stirling-koneen toimintaperiaate. Työkaasun tilavuus-muutoksista tehdään mekaanista energiaa eri komponenttien avulla. *Alfa*, *beta* ja *gamma* ovat kolme erityyppistä Stirling-konetta. Alfa-tyyppin koneissa on sylintereitä eri lämpötiloissa, ja yhdistämällä sylinterien männät niin pystytään liikuttamaan kaasua. Kaasu siirtyy saman sylinterin sisällä lämpimään ja kylmään päähän edestakaisin erillisen syrjäyttäjämännän avulla, beta- ja gammatyyppin koneissa. Vety ja helium ovat yleisimmin käytettyjä työkaasuja. Isoin ero otto- ja dieselmoottorin ja Stirlingmoottorin välillä on sylinterin ulkopuolella tapahtuva palaminen Stirlingmoottorissa. [6.]



*A process diagram of Stirling engine CHP plant. (Source: Henrik Carlsen, DTU, Denmark, 2001)*



*The newly developed 35 kW<sub>e</sub> Stirling engine for biomass combustion plants (Source: BIOS Bioenergy Systems, Austria & Henrik Carlsen, Denmark, 2003)*

Kuva 2. Pien-CHP-prosessi hyödyntäen Stirling-tekniikkaa [5]

ORC-prosessi (Organic Rankine Cycle) on Rankine-prosessi, missä käytetään orgaanista nestettä veden sijasta kiertoineena. Tämä mahdollistaa lämmön hyödyntämisen matalalla lämpötilatasolla, mikä olisi erittäin vaikeaa vesihöyryprosessissa. Sähkö tuotetaan siis matalan lämpötilan lämpöä hyödyntämällä.

Prosessissa käytettäviä kiertaineita ovat

- isobutaani
- isopentaani
- tolueni
- erinäiset silikoniöljyt.

Sellaisissa kohteissa, joissa on hukkalämpöä, voidaan käyttää ORC-tekniikkaa. Esimerkiksi polttomoottoreiden, kaasuturbiinien ja erilaisten teollisuusprosessien hukkalämpöä voidaan hyödyntää. ORC-prosessi soveltuu myös biomassan sekä bio- ja kaatopaikkakaasun energiasisällön muuntamiseen sähköksi. [7.]

### 3 Aurinkoenergia

Energialähteenä auringon energia on rajaton. Maan pinnalla auringosta tulevan säteilyn energiamäärä on huomattava, mutta siitä ei pystytä vielä käyttämään kuin murtoosa. Energia, mitä saadaan auringosta on ilmaista sekä lämpö ja sähkö, mitä tuotetaan tämän energian avulla, on melkein hiilidioksidipäästötöntä.

Vaikka meillä on Suomessa pimeä talvi, niin auringonsäteilyä on täällä suurin piirtein yhtä paljon kuin Keski-Euroopassa. Suomessa kuitenkin vuodenaikojen vaihtelut ovat paljon merkityksellisemmät. Vaihtelua pystytään joka tapauksessa hiukan kompensoimaan fokuoimalla järjestelmän mitoittamiseen ja suunnitteluun. Suora auringonsäteily on erittäin vähäistä jos taivaalla on paljon pilviä. Tällöin hyödynnetään auringosta tulevaa hajasäteilyä.

Aurinkoenergiaa käytetään suurimmaksi osaksi joko lämmittämiseen tai sähkön tuottamiseen. Laitteistot, joita käytetään sähkön tuottamiseksi ja lämmitykseen ovat pitkäkestoisia. Ne tehdään yleensä kierrätetyistä materiaaleista. Kupari ja alumiini ovat yleisimmin käytettyjä materiaaleja. Laitteisto tarvitsee erittäin vähän huoltoa.

Energia, jota saadaan auringonsäteilystä voidaan muuntaa sähköksi tai lämmöksi, mutta teknillisesti järjestelmät ovat aivan erilaisia toisistaan. Järjestelmillä on kylläkin yksi ominaispiirre sama. Molemmissa otetaan talteen auringosta tuleva säteily pinnalla, joka vastaanottaa säteilyä.

Lämmön talteenottoa varten tarvitaan aurinkokeräin. Sen sisäpuolella kulkee nestettä tai ilmaa, joka vangitsee itseensä auringonpaisteesta tulevaa lämpöä.

Aurinkosähköpaneelia tarvitaan, kun halutaan tuottaa sähköä. Se koostuu aurinkokennoista, jotka ovat sarjaan kytkettyjä. Energia, joka tulee auringonsäteilystä tuottaa aurinkokennossa valosähköisen ilmiön. [8; 11.]

### 3.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähköä on hyödynnetty yleisimmin tähän asti kohteissa joissa, ei ole verkko-sähköliitännää. Kesähuvilat, saaristoalueet ja veneet ovat hyviä esimerkkejä näistä kohteista. Nykyään verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät ovat lisääntymässä kovaa vauhtia, koska auringosta saadulla energialla pystytään tuottamaan merkittävä osa tarvittavasta sähköstä kotitalouksissa. Järjestelmä, jossa käytetään aurinko-energiaa on helposti kytkettävä yhteen yleiseen sähköjärjestelmään. [9.]

Yhdistämällä aurinkosähköpaneeleja voidaan, mihin kohteeseen hyvänsä toteuttaa oikein mitoitettu kokonaisuus. Komponentit ovat hyvin samanlaisia, joten niistä voidaan koota tarvittavan suuri järjestelmä.

Aurinkosähköpaneeleista saatava sähkö on tasasähköä. Kuvassa 3 esitetään aurinkosähköpaneelista saatava sähköntuotto. Tämä sähkö voidaan muuntaa 230 v:n vaihtosähköksi vaihtosuuntaajalla. Säättöjärjestelmä on myös yksi osa aurinkosähköjärjestelmää. Ensisijaisesti sähköä syötetään rakennuksen omiin käyttökohteisiin verkkoon kytketyssä aurinkosähköjärjestelmässä. Sähkö, joka jää yli, siirretään yleiseen sähköverkkoon, josta taas otetaan sähköä, kun ulkona on pimeää.

Hybridijärjestelmä on järjestelmä, jossa omavarainen aurinkosähköjärjestelmä tuetaan jollakin toisella varavoimalähteellä. Tällaisina varavoimalähteinä voi toimia generaattori tai pientuulivoimala. [11.]

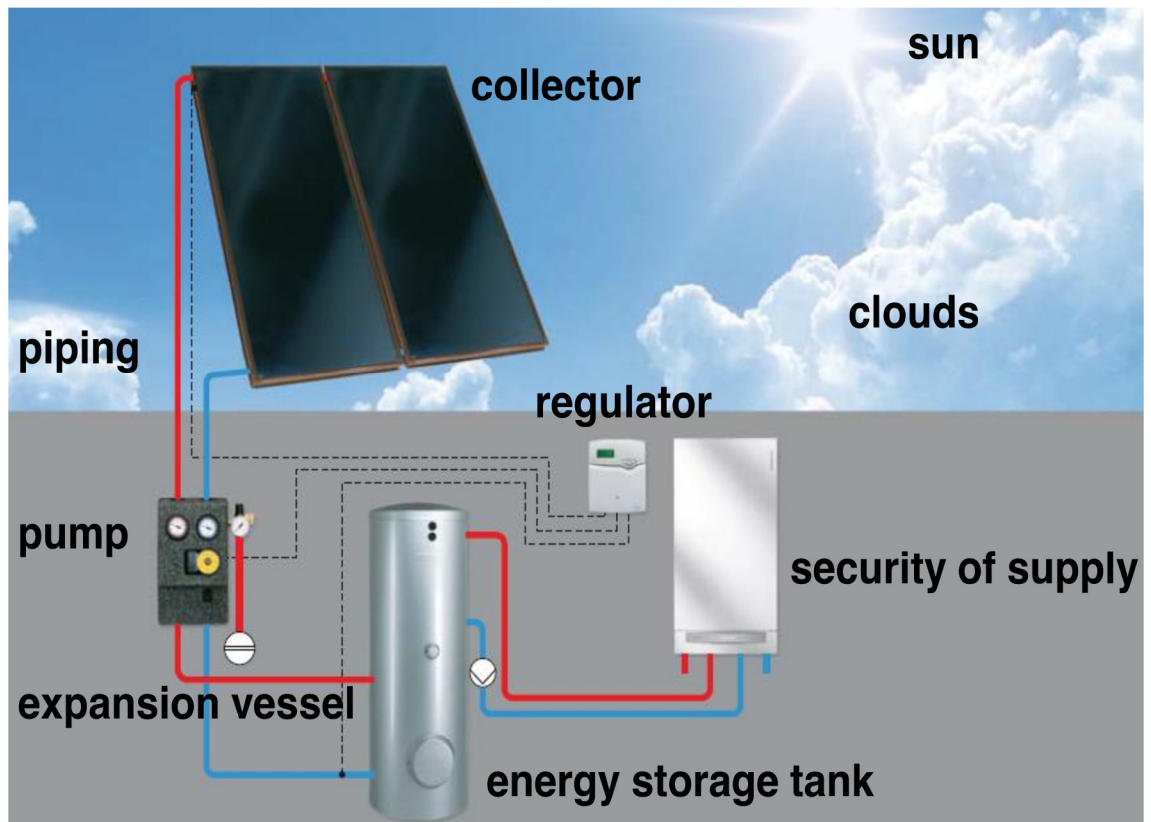


Kuva 3. Aurinkosähköpaneelin kuukausittainen tuotto Helsingissä [11]

### 3.2 Aurinkosähkön varastointi

Aurinkosähköjärjestelmä jota ei ole liitetty verkkoon tarvitsee yleensä energian varastointia. Sähkö varastoidaan akustoon.. Niitä käytetään öisin ja silloin, kun taivaalla on paljon pilviä. Akuston kapasiteetti mitoitetaan kestäämään kahden päivän keskimääräinen kulutus ilman latausta. Lyijyakkuteknikka on usein käytetty ratkaisu, koska sillä on hyvä hinta- suorituskyky suhde. Kuvassa 4 havainnollistetaan aurinkosähkön varastointi menetelmä.

Akusto ei ainoastaan varastoi energiaa vaan myös tasaa paneelistossa syntyviä jännitevaihteluja. Sen lisäksi akusto antaa mahdollisuuden suurille hetkellisille kuormatehoille. Akustoon varastoitava sähkö on tasasähköä. Yleensä kuitenkin sähkölaitteet, joita käytetään ovat vaihtosähköllä toimivia. Sähkö muunnetaan vaihtosähköksi vaihtosuuntaajan avulla. [9; 10.]



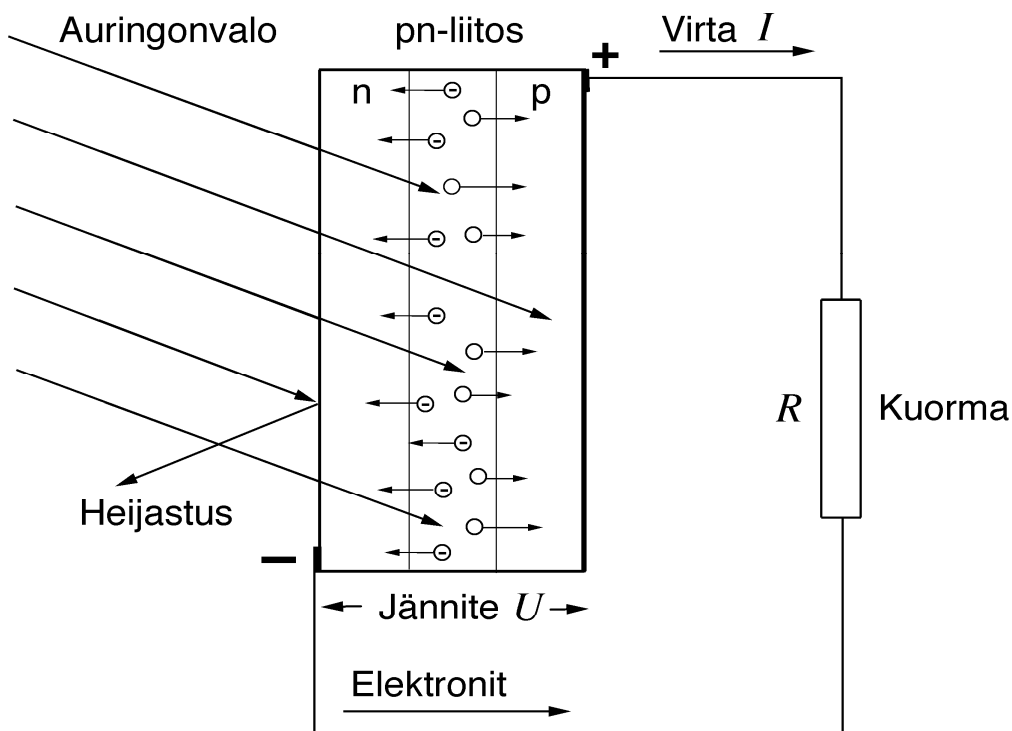
Kuva 4. Aurinkosähköjärjestelmä missä energia varastoidaan [12]



### 3.3 Aurinkopaneelin toimintaperiaate

Aurinkokennossa on yhdistetty kaksi toisistaan poikkeavaa puolijohdemateriaalia (p ja n), toimien näin hyvin suurena fotodiodina. Kun auringon valo osuu kennon pintaan, valo muuttuu sähkövirraksi. Auringonvalon osuessa kennoon osa hiukkasista menee pintakerroksen läpi pn-liitokseen, jossa ne muodostavat elektroniaukkopareja.

Näistä pareista elektronit menevät n-puolelle, kun taas aukot menevät p-puolelle. Rajapinnassa olevan sähkökentän takia elektronit voivat vain siirtyä tiettyä reittiä. Elektronit yhdistyvät aukkojen kanssa jälleen, kun ne ovat kulkeutuneet p-tyyppin puolijohteeseen. Tällöin, kun liitos on valaistu niin liitoksen molemmiin puolin, on vastakkaismerkkiset varauksenkuljettajat. Tämä tarkoittaa sitä, että liitos toimii jännitelähteenä. Kuvassa 5 esitetään aurinkokennon toimintaperiaate. [13.]



Kuva 5. Aurinkokennon toimintaperiaate [13.]

Materiaali, jota käytetään aurinkokennossa yleisimmin on pii (Si). Sitä käytetään kennoissa yksi- ja monikiteisenä tai amorfisessa muodossa [13]

### 3.4 Aurinkolämpö

Rakennusten lämmityksissä voidaan käyttää auringosta saatua energiaa aurinkokeräimien tai tyhjiöputkikeräimien avulla. Yleisin käyttötarkoitus aurinkokeräimelle on veden lämmittäminen, mutta rakennuksia voidaan myös lämmittää niillä. Kuvassa 6 on esitetty yhden aurinkolämpökeräimen tuotto. Neste-kiertoinen tasokeräin, missä pumulla kierrätetään vesi-glykoliseosta on useimmiten käytetty ratkaisu, vaikkakin tyhjiöputkikeräimet ovat tasokeräimiä tehokkaampia. Lämmönvaraajaan tulee keräimessä lämmitetty neste kokoomaputkia pitkin. [14.]

Yleinen käytäntö on, että aurinkolämpöä käytetään muun lämmitysmuodon yhteydessä. Aurinkolämmitys on yleensä sekundäärinen lämmönlähde rakennuksissa. Aurinkolämpöjärjestelmän eroavaisuus muihin järjestelmiin on se, että energian saanti on riippuvainen sääolosuhteista.

Aktiivinen aurinkolämpöjärjestelmä tarkoittaa auringonsäteilystä tulevaa energian talteenottoa aurinkokeräinjärjestelmällä. Passiivista järjestelmää, jossa käytetään aurinkolämpöä, voidaan suunnittelussa kohentaa miettimällä rakennuksen sijaintia ja arkkitehtuuria. [11.]



Kuva 6. Aurinkolämpökeräimen kuukausittainen tuotto Helsingissä [11]

### 3.5 Aurinkolämpöjärjestelmän komponentit

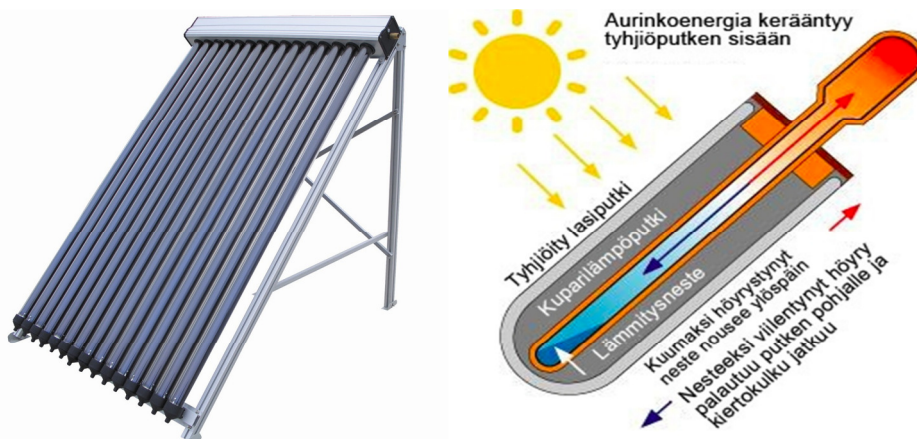
Aurinkolämpöjärjestelmässä tarvitaan seuraavat olennaiset komponentit

- aurinkolämpökeräimet
- lämmönsiirtimet
- lämminvesivaraaja
- aurinkolämpöjärjestelmän ohjaus ja säätö.

#### 3.5.1 Aurinkolämpökeräimet

Keräimen päällä oleva musta absorptiopinta lämpenee ja taltioi itseensä auringonsäteilyä tulevaa energiaa. Absorptiopinnan lämmönsitovuus maksimoidaan keräimessä selektiivisellä pinnoitteella. Sen päällä on joko muovilevy tai karkaistua lasia. Pinnoitteen tarkoitus on myös estää lämpösäteilyn karkaamista pois absorptiopinnalta.

Lämpö siirretään nesteeseen, joka kiertää keräimissä olevissa putkissa, kun absorptiopinta on lämmennyt. Kuvassa 7 esitetään kuinka aurinkolämpökeräin toimii. Suomen leveysasteilla on käytettävä jäätymätöntä nestettä, jos keräimiä käytetään vuoden ympäri. Jos keräimiä käytetään ainoastaan kesäkäytössä niin vesi on hyödyllisin neste jossa siirtää lämpöä. [11.]



Kuva 7. Aurinkolämpökeräimen toimintaperiaate [15]

### 3.5.2 Lämmönsiirtimet

Jos keräimissä kiertävä neste on esimerkiksi vesi-glykoliseos, on neste erotettava käytettävästä vedestä ja varaajasta. Tämä erotusprosessi tehdään lämmönsiirtimen avulla. Lämmönsiirrin löytyy varaajan alemmasta puoliskosta.

Varaajan alaosassa käytettävä vesi esilämmitetään aurinkolämmöllä. Sen jälkeen vesi lämmitetään kunnolla varaajan ylemmässä puoliskossa. Kupariputkikierukka on useimmiten käytetty lämmönsiirrin. [11.]

### 3.5.3 Lämminvesivaraaja

Aurinkolämmitysjärjestelmää asennettaessa iäkkääseen rakennukseen, tulee tarkistaa että, lämminvesivaraajassa vapaata tilaa. Tilaa tarvitaan joko lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille tai putkiyhteille. Paineistettua varaajaa käytetään rakennuksissa, jossa käytettävä vesi otetaan suoraan varaajasta.

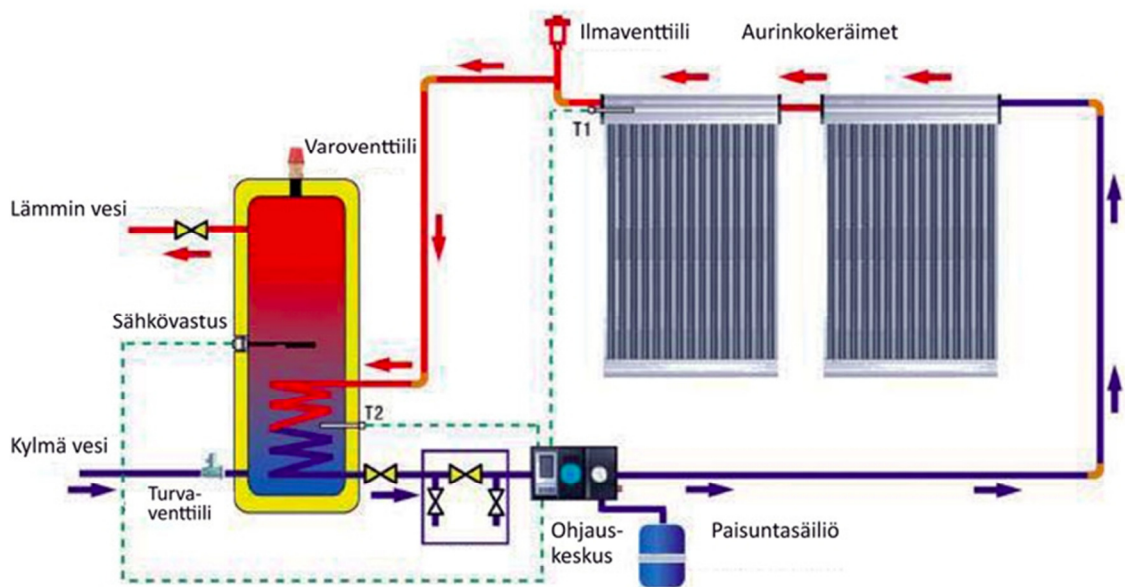
Lämpökerrostuneisuus yritetään taata asettamalla lämmönsiirtimet sekä putkiyhteet niin, että lämmin ja kylmä vesi eivät sekoittuisi. Aurinkolämpöjärjestelmässä paras ratkaisu on pystymallinen lämminvesivaraaja. [11.]

### 3.5.4 Aurinkolämpöjärjestelmän ohjaus ja säätö

Pumppu, joka on yksi järjestelmän osa, kierrättää nestettä järjestelmän eri komponenttien välillä. Pumpun käynnistämistä ja sulkemista ohjataan termostaatilla, joka on yhdistetty ohjausyksikköön. Keräimissä sekä lämminvesivaraajassa olevat lämpötilanturit ovat kytkettynä termostaattiin.

Pumppu voi olla esimerkiksi säädetty niin, että se lähtee kierrättämään nestettä, kun aurinkokeräimissä oleva neste on 5 - 10 Celsius astetta korkeampi kuin lämminvesivaraajassa. Pumppu pysähtyy kun keräimissä olevan nesteen lämpötila laskee alle varaajan asetustilanteen. Lämminvesivaraajalle löytyy myös maksimilämpötila, mikä on asetettu ohjausyksikköön. Jos tämä raja ylittyy, pumppu sammuu ettei varaaja ylikuumene. [11.]

Paisuntasäiliö ja tyhjennysventtiili ovat komponentteja, mitkä kuuluvat myös aurinkokeräinpiiriin. Jos ylipainetta syntyy, se päästetään ulos varoventtiilillä. Aurinkokeräimiä lukuun ottamatta kaikki muut järjestelmän komponentit sijoitetaan rakennuksen tekniseen tilaan. Kuvassa 8 on havainnollistettu, kuinka aurinkolämpöjärjestelmä toimii. [11.]



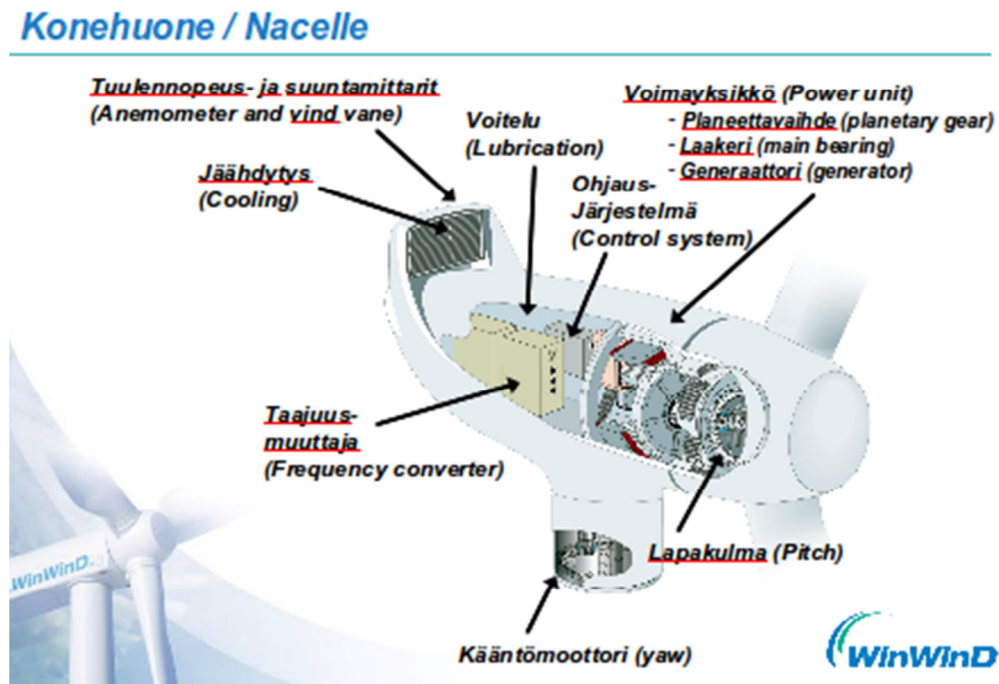
Kuva 8. Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta ja ohjaus [15]

## 4 Tuulivoima

### 4.1 Tuuliturbiinin toimintaperiaate

Tuuliturbiini muuttaa tuulen kineettisen energian mekaaniseksi tai sähköiseksi energiaksi. Tuuliturbiini koostuu sen perustuksesta, tornista, tuuliturbiinin konehuoneesta ja roottorista. Konehuoneesta löytyy pääakseli, vaihdelaatikko, generaattori, transformatori ja ohjausjärjestelmä, jotka ovat tuuliturbiinin pääkomponentit. [16.]

Roottori koostuu tuuliturbiinin lavoista ja sen keskiöstä. Keskiön tehtävä on pitää lavat oikealla paikalla, kun ne pyörivät. Kaikkein yleisimmissä tuuliturbiineissa on kolme lapa. Tuuliturbiinin tärkeimmät komponentit esitetään kuvassa 9. [16.]



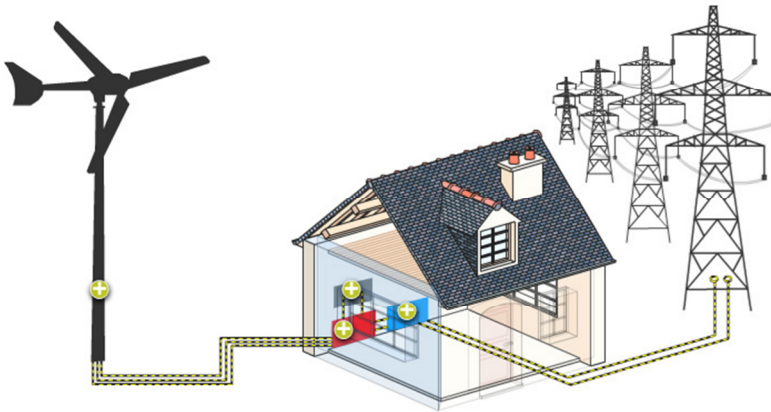
Kuva 9. Tuuliturbiinin komponentit [17]

Tuulennopeuden noustessa neljään metriin sekunnissa tuuliturbiini alkaa toimia ja tuulennopeuden noustessa 15 m:iin sekunnissa tuuliturbiini on saavuttanut maksimi energiantuotannon. Jos tuulen nopeus nousee yli 25 m:iin sekunnissa, esimerkiksi myrskyssä, tuuliturbiini sammuttaa itsensä.

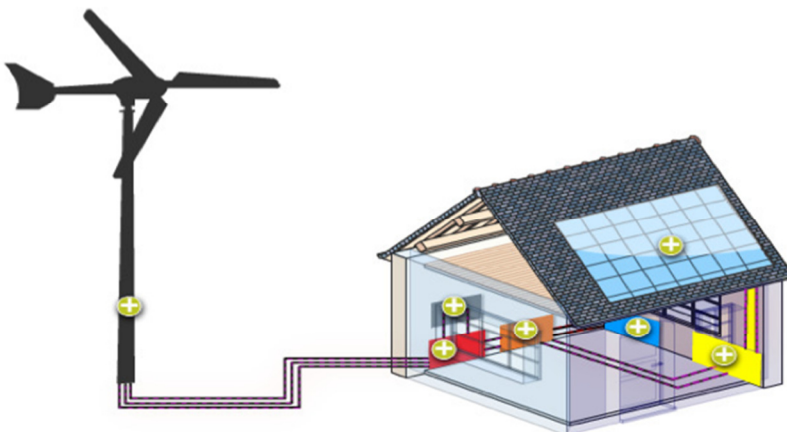
Nykyaikaiset tuuliturbiinit tuottavat tuulesta riippuen erilaisia energiamääriä, mutta keskimäärin ne tuottavat 70 - 85 % käyntiajasta sähköä. Vuodessa tuuliturbiini tuottaa keskimäärin 30 % teoreettisesta sähkön maksimituotannosta. [16.]

#### 4.2 Pieni tuuliturbiini liitettynä rakennukseen

Vaihtosähköä tuottavien pienten tuuliturbiinien taajuus ja volttimäärä on verrannollinen tuulennopeuteen. Säädin muuntaa tämän jälkeen vaihtosähkön tasasähköksi. Sen jälkeen sähkö siirretään muuntimen kautta akustoon tai käytetään suoraan johonkin sähkölaitteeseen. Kuvissa 10 ja 11 on havainnollistettu tuuliturbiinista saadun sähkön käyttömahdollisuudet. Jos rakennus on liitetty valtakunnalliseen sähköverkkoon, ylimääräisen sähkön voi myös myydä pois siirtämällä sen sähköverkkoon. [16.]



Kuva 10. Järjestelmä jossa tuuliturbiini on liitetty rakennukseen ja sähköverkkoon [16]



Kuva 11. Järjestelmä jossa tuuliturbiini on liitetty ainoastaan rakennukseen [16]

## 5 Maalämpö

Maanpinnan matalassa maa-aineessa lämpötila pysyy muuttumattomana 10 - 16 Celsius asteen välillä. Talvella maa-aines on lämpimämpää kuin ilma ja kesällä kylmempää kuin ilma. Maalämpöpumput käyttävät tätä hyväkseen kun lämmitetään tai viilennetään rakennuksia. Järjestelmä, jossa käytetään maalämpöpumppua, kostuu lämmönvaihtimesta, lämpöpumppuyksiköstä ja ilman siirtojärjestelmästä. Lämmönvaihdin on periaatteessa pelkkä putkisto, joka on haudattu matalalle maanpinnan alapuolelle rakennuksen lähelle. Putkistossa on nestettä, jonka tarkoitus on ottaa talteen lämpöä tai luovuttaa sitä.

Talvella lämpöpumppu syöttää lämmönvaihtimesta saadun lämpimän ilman ilmanvaihtojärjestelmään ja kesällä tämä prosessi on vastakkainen. Koska maalämpöpumppu käyttää maaperän lämpöä hyödyksi, on tämä järjestelmä paljon edullisempi kuin muut rakennusten perinteiset lämmitysjärjestelmät. [18.]

## 6 Ilmalämpöpumput

Maalämpöpumppua merkittävästi edullisempi vaihtoehto on ilmalämpöpumppu, joka on erittäin helppo asentaa rakennukseen. Ilmalämpöpumppu on erittäin luotettavasti toimiva laite. Ilmalämpöpumpulla voidaan syksyisin ja keväisin pienentää kustannuksia joita, syntyy rakennuksen lämmityksessä.

Ilmalämpöpumppua ei voida käyttää rakennuksessa ainoana lämmityslaitteena. Toista lämmitysjärjestelmää tarvitaan rinnalle, koska kun ulkona on erittäin kylmä ei ilmalämpöpumpulle ole käyttöä. Ulkoseinällä löytyvän höyrystysyksikön puhaltimen äänet saattavat häiritä, mikä saatetaan myös nähdä ilmalämpöpumpun haittapuolena. [19.]



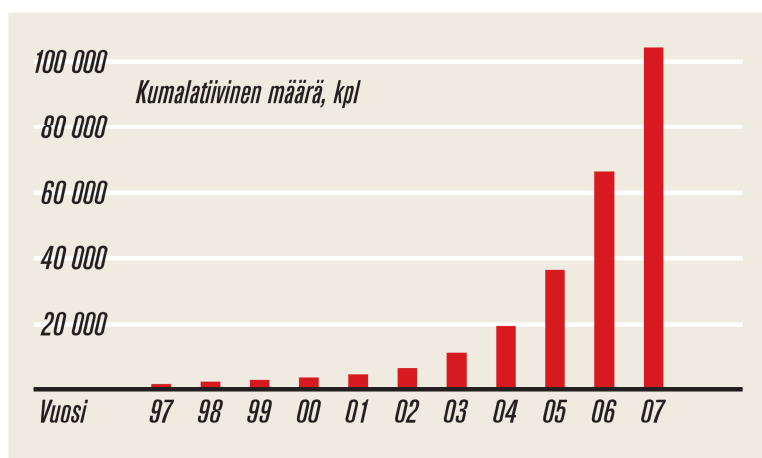
## 6.1 Ilma-ilmalämpöpumppu

Tämän tyyppisessä lämpöpumppuratkaisussa ulkoilman lämpö puhalletaan suoraan huoneistoon. Sisäyksikön sijainti huoneistossa on oleellinen sen takia, että lämmin ilma pääsisi joka puolelle huoneistoa. Sisäyksikkö ja ulkoyksikkö tulee sijoittaa niin lähelle toisiaan kuin vain mahdollista. Tämäntyyppinen lämpöpumppu soveltuu myös kesällä huoneiston viilentämiseen.

Ulkoilmalämpöpumppu toimii kahdella komponentilla, sisäyksiköllä ja ulkoyksiköllä. Patteri joka kerää ilmasta lämpöä, kompressorin sekä automaattisia ohjauslaitteita, löytyy ulkoyksiköstä. Sisäyksikössä taas on puhallinpatteri, jonka tehtävä on pyörittää lämmintä tai viileää ilmaa. Melkein jokaisessa puhaltimessa on myös tehoportaita, jotta voidaan vähäisen lämmöntarpeen aikana säädellä puhaltimen ääntä ja vedontunnetta.

Ilma-ilmalämpöpumppu on syytä säätää toimimaan rinnan toisen lämmitysjärjestelmän kanssa, niin että se vastaisi lämmöntuotannon suurimmasta osasta rakennuksessa. Jos ilma-ilmalämpöpumppua käytetään rinnan sähkölämmityspattereiden kanssa, niin pattereiden termostaatit tulisi säätää tarkasti. Pattereiden tulisi kytkeytyä päälle hiukan alemmassa lämpötilassa kun ilma-ilmalämpöpumppu.

Tämäntyyppisellä lämpöpumpulla on mahdollista säästää 30 – 40 % rakennuksen lämmitysenergiasta, riippuen siitä, kuinka hyvin on onnistuttu mitoittamaan lämpöpumppu. Sisäyksikön sijainnilla on myös suuri merkitys säästöihin nähden. Tämän tyyppisten lämpöpumppujen vuosittainen lisääntyminen on esitetty kuvassa 12. [20.]



Kuva 12. Ilma-ilmalämpöpumppujen lisääntyminen Suomessa [20]

## 6.2 Ilma-vesi-lämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan ilmasta taltioida lämpö ja siirtää se vesikiertoiseen järjestelmään. Tämän tyyppisellä lämpöpumpulla voidaan myös lämmittää rakennuksen käyttövesi. Ilma-vesilämpöpumppua käytetään ainoastaan rakennusten lämmitykseen. Tämä lämpöpumppuratkaisu soveltuu mainiosti vähentämään lämmityskustannuksia varsinkin syksyisin ja keväisin.

Kuten ilma-ilmalämpöpumpulla niin myös ilma-vesilämpöpumpulla on sisä- ja ulkoyksikkö. Tässä ratkaisussa on se oleellinen ero, että sisäyksikön voi sijoittaa suljettuun tilaan, esimerkiksi tekniseen tilaan tai kodinhoitohuoneeseen. Ulkoyksikön sijaintia mietittäessä tulee huomioida, että se tuottaa suuren määrän vettä päivän aikana.

Ilma-vesilämpöpumpulla saadaan lämpöä tuotettua 8 000 - 12 000 KWh vuodessa, jos kokonaislämmönkulutus on 20 000 KWh. Tämä laaja vaihtelu johtuu rakennusten eritasoisista eristyksistä. Hyvin eristetyillä rakennuksilla on huomattavasti pienempi huipputehontarve kuin heikommin eritetyillä. Pumpun hyötysuhde on riippuvainen siitä millainen lämmönjakojärjestelmä rakennuksessa on. Ilma-vesi-lämpöpumpun tuoma säästö on esitetty kuvassa 13. [20.]



Kuva 13. Ilma-vesilämpöpumpun tuoma säästö verrattuna sähkölämmitykseen [20]

### 6.3 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu taltioi lämmön, joka saadaan rakennuksen koneellisesta poistoilmanvaihdosta. Tämän tyyppinen lämpöpumppu tarvitsee lakkaamattoman ilma-  
virran, ja sen tulee olla 0,5 kertaa huoneiston ilmatilavuus/tunti.

Tavallisesti poistoilmalämpöpumppu ottaa lämpimän poistoilman huoneiston kosteista tiloista. Tämän lämpimän poistoilman energian lämpöpumppu taltioi. Jonka jälkeen poistoilmalämpöpumppu johtaa energian huoneiston tuloilmaan, käyttöveden kuumentamiseen tai johonkin muuhun lämmitysjärjestelmään. Poistoilmalämpöpumpun tuoma säästö havainnollistetaan kuvassa 14.

Yleensä poistoilmalämpöpumppuun on kytketty sähkövastus, minkä tarkoitus on korvata lisätehontarve. Ilma joka puhalletaan rakennuksen sisään on syytä esilämmittää järjestelmän kannattavuuden takia. Jos raitisilmaventtiileistä päästettäisiin viileää ilmaa suoraan sisään rakennukseen, niin viihtyvyys laskisi rakennuksessa.

Rakennuksen vanhaan ilmanvaihtojärjestelmään pystytään kytkemään poistoilmalämpöpumppu, tällöin ilmanvaihtokoneet poistetaan ja tilalle tulee lämpöpumppu. [20.]



Kuva 14. Poistoilmalämpöpumpun tuoma säästö verrattuna sähkölämmitykseen [20]

## 7 Yhteenveto

Lämmön ja sähkön yhteistuotanto kattaa jo merkittävän osuuden kokonaistarpeesta Suomessa. Yhteistuotannolla saadaan jo 80 % kaukolämpötuotannosta ja yksi kolmasosa sähkötuotannosta Suomessa. Yhteistuotannon merkitys odotetaan kasvavan huomattavasti lähitulevaisuudessa. Maailmanlaajuisesti Suomi on yksi edelläkävijöistä, joka on saanut yhteistuotannon toimivaan tuottavalla tavalla.

Pienvoimaloiksi Suomessa lasketaan laitokset, joiden tuottama sähköteho on 1 - 2 MW ja lämpöteho 3 - 5 MWh. Lukuisia eri voimalaitosratkaisuja löytyy, mutta pienvoimaloissa Suomessa käytetään neljää perus tuotantomenetelmää. Näihin tuotantomenetelmiin kuuluvat höyryturbiinivoimalat, polttomoottorit ja kaasuturbiinit, polttokennot ja välittäjäaineisiin liittyvät tekniikat. Nykyään parhaiten toimivia pienvoimalaratkaisuja, jossa tuotetaan lämpöä ja sähköä, on biokaasulla toimiva polttomoottori tai kaasuturbiini.

Aurinkoenergia on auringosta tulevaa säteilyenergiaa. Energialähteenä auringosta tuleva energia on rajaton. Aurinkosäteilyn energiasta ei pystytä vielä käyttämään kuin murto-osa. Vaikka Suomi sijaitsee pohjoisilla leveysasteilla, meillä on kutakuinkin yhtä paljon auringonsäteilyä kuin Keski-Euroopassa. Energia, jota saadaan auringosta, on ilmaista sekä ympäristöystävällistä. Aurinkoenergiaa käytetään joko lämmittämiseen tai sähkön tuottamiseen. Teknillisesti lämmön ja sähkön tuottaminen aurinkoenergialla on kaksi aivan erilaista järjestelmää.

Aurinkosähköä on perinteisesti tähän mennessä käytetty kesähuviloissa, saaristossa, veneissä ja muutenkin kohteissa joissa ei ole verkkosähköliitännää. Nykyään aurinkosähköjärjestelmät jotka ovat kytketty verkkoon ovat lisääntymässä, koska merkittävä osa tarvittavasta sähköstä talouksissa pystytään tuottamaan aurinkoenergialla. Aurinkosähköä saadaan aurinkopaneelin avulla ja sähkö jota paneeleista saadaan on tasasähköä. Sähkö voidaan muuntaa 230 V:n vaihtosähköksi vaihtosuuntaajan avulla. Paneeleista saatu sähkö voidaan käyttää suoraan rakennuksessa oleviin sähkölaitteisiin, varastoida akustoon tai siirtää kunnalliseen sähköverkkoon. Tulevaisuudessa aurinkosähkön käyttö kasvaa paljon.

Aurinkolämpöä käytetään nykyään enimmäkseen veden lämmittämiseen ja jonkun muun lämmitysmuodon rinnalla. Aurinkolämpöjärjestelmiä löytyy kahdenlaisia,

aktiivisia sekä passiivisia järjestelmiä. Yleisin ratkaisu tällä hetkellä on nestekiertoinen taso-keräin, missä pumpulla kierrätetään vesi-glykoliseosta. Aurinkolämpöä käytetään lähes poikkeuksetta toissijaisena lämmönlähteenä rakennuksissa, koska energian saanti on riippuvainen sääolosuhteista. Tulevaisuudessa kun järjestelmät sekä komponentit kehittyvät niin aurinkolämpöä tullaan käyttämään yhä enemmän rakennusten lämmittämiseen.

Tuulen kineettinen energia pystytään muuttamaan mekaaniseksi tai sähköiseksi energiaksi tuuliturbiinin avulla. Tuuliturbiini koostuu neljästä eri osasta. Suurimmat tuuliturbiini keskittymät sijaitsevat tuulisilla paikoilla, esimerkiksi rannikolla ja merellä. Myös pienempiä tuuliturbiineja löytyy esimerkiksi liitettynä yksittäisiin rakennuksiin. Näillä pienemmillä tuuliturbiineilla tuotettu sähkö siirretään rakennuksen akustoon tai myydään valtakunnalliseen sähköverkkoon. Tuuliturbiinit tuottavat keskimäärin 30% teoreettisesta sähkön maksimituotannosta vuodessa. Tuulivoima tulee lisääntymään kehityksen myötä. Useat maat investoivat lähivuosina intensiivisesti tuulienergiaan.

Maalämpöä käytetään rakennusten lämmittämiseen sekä viilentämiseen. Järjestelmä käyttää hyväksi maa-aineen lämpötilan muuttumattomuutta. Maahan on haudattu putkisto, jossa kiertää nestettä jonka tarkoitus on taltioida tai luovuttaa lämpöä. Koska maalämpöpumppujärjestelmä käyttää hyväksi maaperän lämpöä on järjestelmä edullisempi kuin perinteiset järjestelmät.

Ilmalämpöpumput ovat yleisempiä kuin maalämpöpumput, sillä ne ovat merkittävästi edullisempia. Ilmalämpöpumppuja käytetään rakennusten lämmityskustannusten pienentämiseen. Ilmalämpöpumppuja ei käytetä ympäri vuoden, sillä ne ovat talvella hyödyttömiä. Ilma-ilmalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ja poistoilmalämpöpumppu ovat kolme eri pumpputyyppeä. Suomessa ilmalämpöpumppujen suosio on kasvanut vuosi vuodelta.

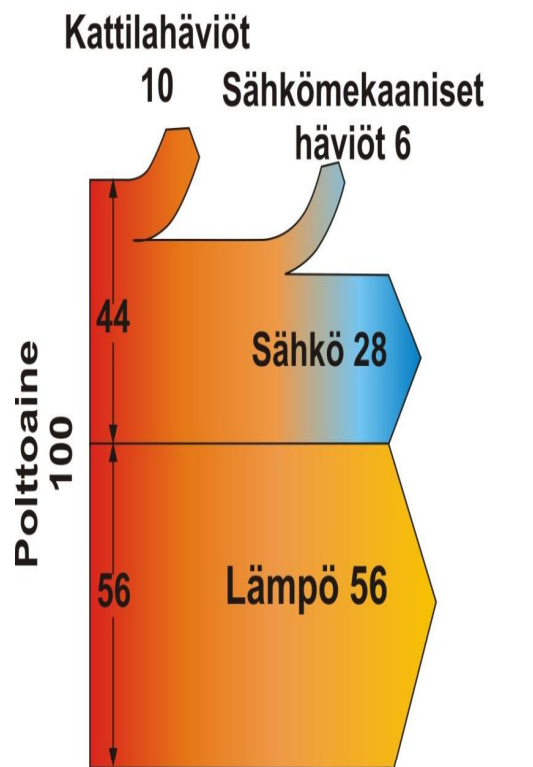
## Lähteet

- 1 Energiateollisuus. Verkkodokumentti. < <http://energia.fi/en/energy-and-environment/district-heat-and-district-cooling/combined-heat-and-power-generation>>. Luettu 10.1.2014
- 2 Motiva. Verkkodokumentti. <[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/lampo-ja\\_voimalaitokset/yhdistetty\\_sahkon-ja\\_lammontuotanto](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampo-ja_voimalaitokset/yhdistetty_sahkon-ja_lammontuotanto)>. Luettu 10.1.2014
- 3 Bioenergiatieto. Verkkodokumentti. <[http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian\\_tuotanto/laitostyytit/ammontuotannon\\_laitos\\_\\_ja\\_kattilatyypit/](http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/laitostyytit/ammontuotannon_laitos__ja_kattilatyypit/)>. Luettu 11.1.2014
- 4 Eero Vartiainen, Päivi Luoma, Jari Hiltunen & Juha Vanhanen, HAJAUTETTU ENERGIANTUOTANTO: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO2-päästöt.
- 5 Tommi Haavisto, Puupolttoaineisiin perustuvat pien- CHP tekniikat, raportti V1.1.
- 6 Jerva Kauko & Niskanen Mauri, Stirling-moottori puukaasukäytössä 2011.
- 7 Purhonen Mikko, ORC-prosessin käyttö sähköntuotannossa 2010.
- 8 Energiateollisuus. Verkkodokumentti. <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energiالاhteet/aurinkoenergia>>. Luettu 24.1.14
- 9 Motiva. Verkkodokumentti. <[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko)>Luettu 4.2.2014
- 10 Sähköala. Verkkodokumentti. < [http://www.sahkoala.fi/koti/energiaa\\_ja\\_ekologisuutta/fi\\_FL/aurinkosahko/](http://www.sahkoala.fi/koti/energiaa_ja_ekologisuutta/fi_FL/aurinkosahko/)>. Luettu 4.2.2014
- 11 Motiva. Verkkodokumentti. [http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia\\_www.pdf](http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf)>. Luettu 4.2.2014
- 12 Janssen Eddy, RELWA IP Paris 2013
- 13 Suntekno. Verkkodokumentti. <<http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf> > . Luettu 21.1.2014

- 14 Motiva. Verkkodokumentti.  
<[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo)>. Luettu 1.2.2014
- 15 Gree. Verkkodokumentti. <<http://www.gree.fi/index.php?page=1022&lang=1>>. Luettu 18.2.2014
- 16 Mäkinen Olavi, RELWA IP Paris 2013
- 17 Tuulivoimatieto. Verkkodokumentti. < <http://www.tuulivoimatieto.fi/rakenne>>. Luettu 21.2.2014
- 18 Renewable energy word. Verkkodokumentti.  
< <http://www.renewableenergyworld.com/rea/tech/geothermal-energy/geoheatpumps>>. Luettu 23.1.2014
- 19 Motiva. Verkkodokumentti.  
<[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpput\\_eknologiatiilmalampo](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpput_eknologiatiilmalampo)>. Luettu 22.2.2014
- 20 Motiva. Verkkodokumentti.  
<http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>> . Luettu 23.2.2014

## Yhteistuotanto verrattuna erillistuotantoon

## YHTEISTUOTANTO

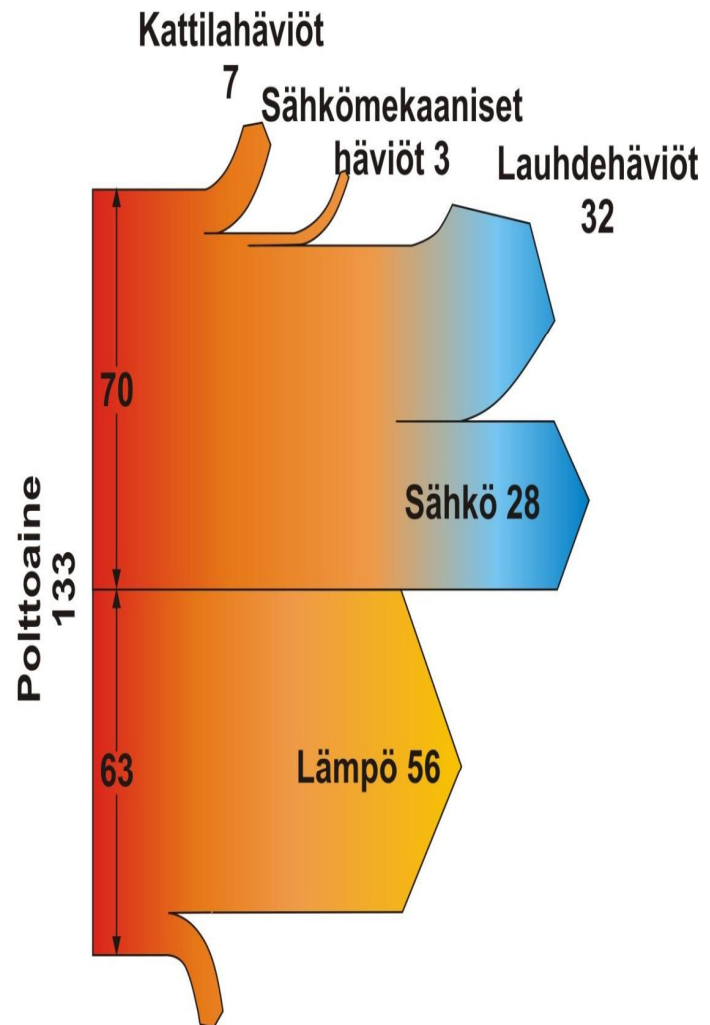


Kokonaishyötysuhde 85 %



Eija Alakangas

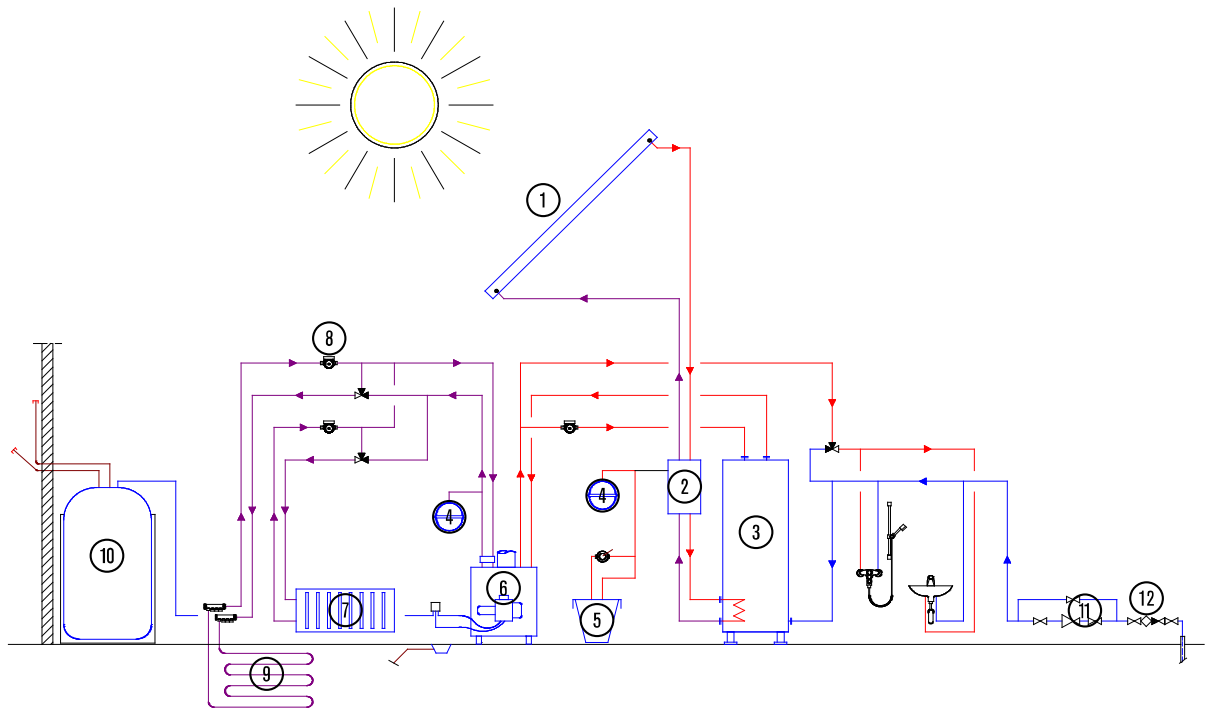
## ERILLISTUOTANTO



Kokonaishyötysuhde 64 %



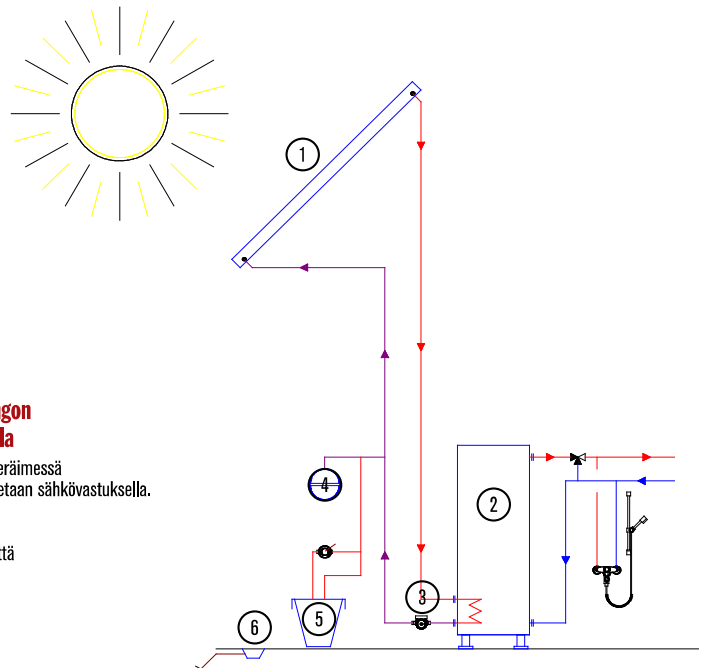
## Aurinkolämmitysjärjestelmä öljylämmityksen rinnalla



### Esimerkki öljylämmityksen rinnalla toimivasta aurinkolämmitysjärjestelmästä

Lämminvesivaraaja on täynnä lämmintä käyttövettä. Lämpimän käyttöveden esilämmitys toteutuu lämminvesivaraajassa ja jälkilämmitys lämmityskattilassa.

1. Aurinkolämpökeräimet esim. vesikatolla
2. Pumpuryhmä ja säädinyksikkö
3. Aurinkolämpöakku/lämminvesivaraaja, varaaja täynnä lämmintä käyttövettä
4. Kalvopaisunta-astia
5. Aurinkolämpöpiirin täyttöastia, myrkytön lämmönsiirtoneste
6. Lisälämmönlähde, lämmityskattila tai vastaava
7. Vesikiertoinen patterilämmitys
8. Kiertovesipumppu
9. Vesikiertoinen lattialämmitys
10. Öljysäiliö
11. Käyttöveden paineenalennusventtiili oikean vesijohtopaineen säätämiseksi
12. Huoneistokohtainen käyttövedenmittaus

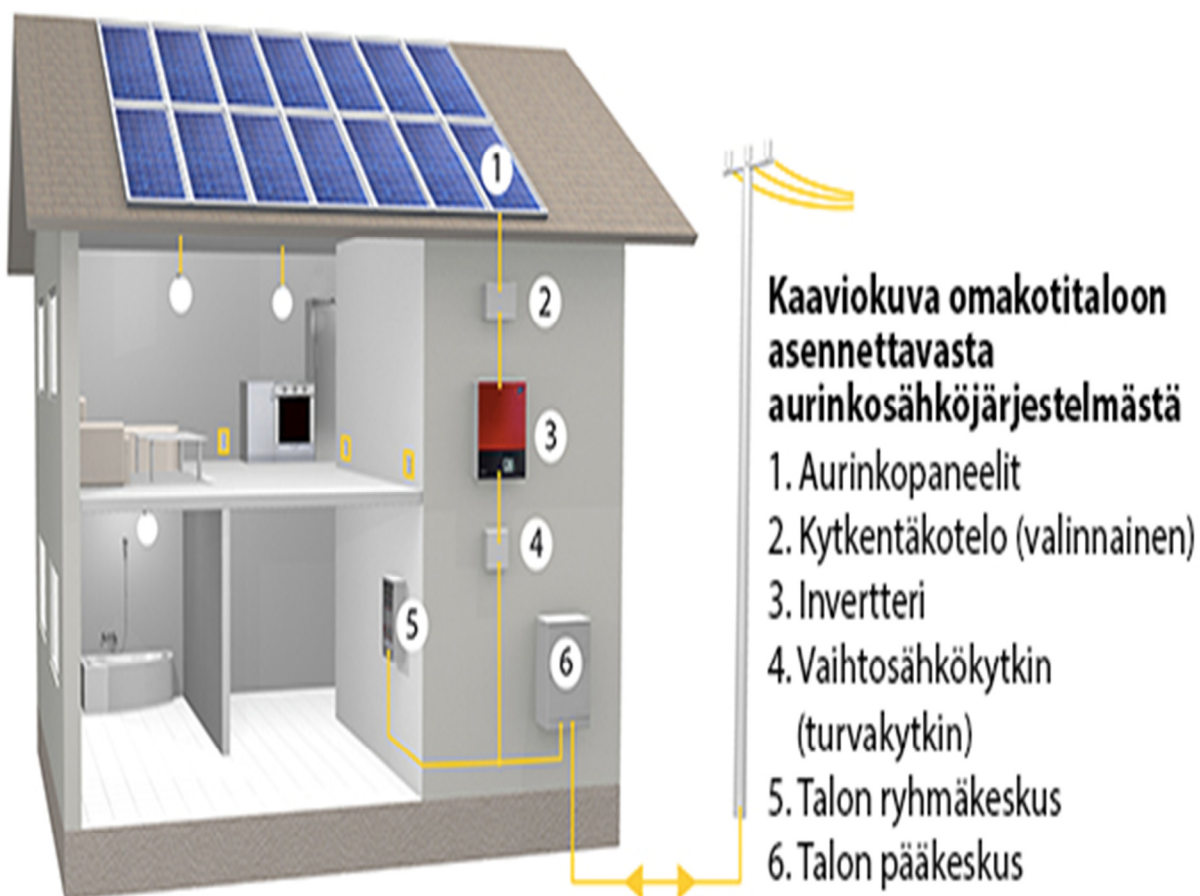


### Esimerkki lämpimän käyttöveden lämmittämisestä auringon ja sähkövastuksella varustetun lämminvesivaraajan avulla

Pumppu kierrättää jäätymätöntä seosta keräinpiirissä. Piiri luovuttaa keräimessä lämmenneestä nesteestä lämmön lämminvesivaraajaan. Varaaja varustetaan sähkövastuksella.

1. Aurinkolämpökeräimet esim. vesikatolla
2. Aurinkolämpöakku/lämminvesivaraaja, varaaja täynnä lämmintä vettä
3. Kiertovesipumppu
4. Kalvopaisunta-astia
5. Aurinkolämpöpiirin täyttöastia, myrkytön lämmönsiirtoneste
6. Lattiakaivo

## Rakennuksen aurinkosähköjärjestelmä



## Maalämpöjärjestelmä

