

Jussi Toivela

VARAAJAN JA SEN KYTKENNÄN VAIKUTUS
AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN ENERGiantuottoon

Energiatekniikan koulutusohjelma
2013

VARAAJAN JA SEN KYTKENNÄN VAIKUTUS AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN ENERGIANTUOTTOON

Toivela, Jussi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2013
Ohjaaja: Heinonen, Jarkko
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 1

Asiasanat: varaaja, aurinkolämpö, aurinkokeräin, lämmöntuotto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää aurinkoenergian, lähinnä aurinkolämmön nykytilannetta, soveltuvuutta, energiantuottoa ja hyödyntämismahdollisuuksia Suomessa ja maailmalla. Tärkeää olisi saada myös puolueetonta tietoa ja arviointia tästä yhä kehittyvästä energiantuotosta ottaen mahdollisimman tasapuolisesti huomioon markkinoitsijan näkökulman ja kuluttajan odotukset.

Työssä perehdytään tarkemmin Solar Simulator Finland Oy:n omaan aurinkolämpöjärjestelmään ja sen varaajan kytkentöihin mittausten ja käyttökokemusten perusteella. Järjestelmän lämmöntuoton tuloksia verrattiin Aurinkoteknillisen yhdistyksen (ATY) vastaaviin tietoihin sekä määriteltiin järjestelmälle hyötysuhde.

THE PRODUCTIONAL EFFECT OF AN ACCUMULATOR AND OF ITS COUPLING TO A SOLAR HEATING SYSTEM

Toivela, Jussi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Technology

May 2013

Supervisor: Heinonen, Jarkko

Number of pages: 37

Appendices: 1

Key words: accumulator, solar heat, solar collector, heat production

The purpose of this thesis was to evaluate the efficiency and the profitability of a solar heating (solar thermal) system in Nordic climate conditions. Solar heating is one of the most increasing heating solutions based on renewable energy and, as its goal to contribute to a reduction of CO₂ emissions generated by the use of fossil energy sources. In Nordic countries however, due to the limited availability during the cold seasons solar energy is usually used as an auxiliary energy source of a heating system which main source is based on fossil primary energy.

The examined system provided by Solar Simulator Finland Ltd. consists of solar collectors installed on the roof of an ordinary house in Littoinen, Southwest Finland and is connected by a hydraulic (antifreeze fluid) circulation to an accumulator. During several years, Solar Simulator Finland Ltd. has continuously collected data from their solar heating system recording its gained thermal energy. The heat is absorbed by the collectors and transferred to the accumulator (water storage device) located inside the building supplying domestic hot water (DHW) and space heating. The collected data was compared with existing numbers given for solar heating systems.

Furthermore, this thesis contains a review of solar heating systems in operation and of their future potential.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	AURINKOENERGIAN KÄYTTÖ.....	6
2.1	Aurinkolämpö	6
2.2	Aurinkoenergian käytön nykytilanne.....	8
2.2.1	Alan tilanne Euroopassa.....	8
2.2.2	Alan tilanne Suomessa	9
2.3	Alan kehitys, tulevaisuuden näkymät ja potentiaali	10
3	KYTKENNÄT JA TEKNIikka.....	11
3.1	Lämpöjärjestelmiä joissa sovelletaan aurinkolämpötekniikkaa	11
3.1.1	Aurinkolämpö ja öljy	12
3.1.2	Aurinkolämpö ja puu.....	13
3.1.3	Aurinkolämpö ja sähkö	13
3.1.4	Aurinkolämpö ja maalämpöpumppu.....	15
3.2	Varaajan valinta, mitoitus ja kytkentä	16
3.3	Kohteita joissa aurinkolämpötekniikkaa käytetään	16
4	TUTKIMUSKOHDE	17
4.1	Järjestelmä	17
4.1.1	Aurinkokeräimet.....	17
4.1.2	Varaaja	19
4.1.3	Säädin ja energiamittari.....	20
4.1.4	Pumppuyksikkö.....	20
4.1.5	Putkilinjat ja varolaitteet	21
4.2	Kytkenät.....	22
4.2.1	Aurinkolämpöjärjestelmän peruskytkentä.....	22
4.2.2	Kytchentämuutoksen jälkeen	23
4.3	Käyttövesi	25
4.4	BIV-venttiili vaihtoehtoisena asennuksena	26
5	MITTAUKSET	26
5.1	Mittauspisteet.....	26
5.2	Aurinkolämmön käyttö	26
5.3	Energiantuoton mittaaminen.....	27
5.4	Säätiedot	27

6 TULOKSIA	28
6.1 Mittausdata.....	28
6.2 Energiakuvaajat	28
6.3 Energiantuotto suhteessa tarjolla olevaan säteilyenergiaan.....	30
7 PÄÄTELMÄT.....	35
7.1 Kannattavuus (tehokaudet, hyötysuhde).....	35
7.2 Kannattavuus (saatu lämpömäärä).....	36
LÄHTEET.....	37
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Aurinkoenergia on ehtymätön luonnonvara ja kaiken uusiutuvan energian alkulähde. Planeettamme käyttää tätä energiaa jatkuvasti mm. fotosynteesin muodossa. Lämpölähteenä sitä on hyödynnetty lähinnä passiivisesti, eli ottamalla vastaan suoran aurinkonsäteilyn. Yhä kehittyvän tekniikan avulla aurinkoenergiaa kyetään ottamaan talteen ja siirtämään haluttuun käyttökohteeseen; tätä kutsutaan aurinkoenergian aktiiviseksi hyödyntämiseksi. Energia hyödynnetään joko lämpönä tai sähköksi muutettuna.

Tähän mennessä maailmalla vain murto-osa saatavilla olevasta aurinkoenergiasta on osattu hyödyntää teknisesti. Suomessa pitkät ja pimeät talvet asettavat lisäksi omat rajansa tämän energiamuodon kannattavuudelle.

Solar Simulator Finland Oy on Littoisissa Varsinais-Suomessa toimiva, erilaisiin tuotteisiin kohdistuvia ympäristö- ja ikääntymisvaikutuksia tutkiva yritys. Se on myös usean vuoden ajan tutkinut ja testannut perusaurinkolämpöjärjestelmän toimivuutta Suomen, käytännössä Lounais-Suomen, olosuhteissa.

Solar Simulatorilla on käytettävissä oman toimipisteensä rakennuksen kattoon integroituna 20 m² aurinkokeräinpinta-alaa, jonka keräämä aurinkolämpö johdatetaan putkiston kautta käyttökohteeseen sisätiloihin. Järjestelmästä on vuosien varrelta kertynyt mittausdataa, jota seuraamalla pyritään selvittämään sekä vuotuinen että kuukausittainen reaalin energiansaanti.

2 AURINKOENERGIAN KÄYTTÖ

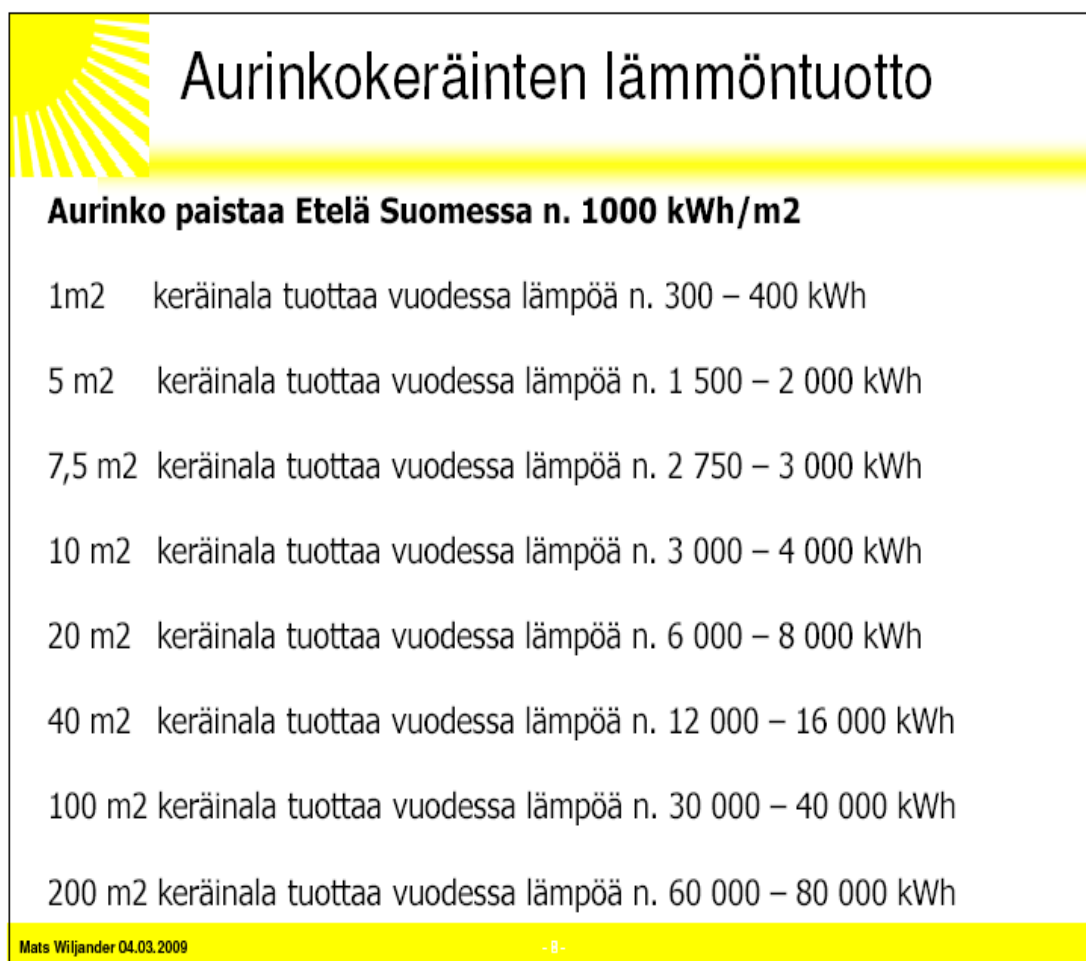
2.1 Aurinkolämpö

Paineet kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiselle ja uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiselle ovat viime vuosina luoneet mahdollisuuksia myös erilaisille aurinkolämpöratkaisuille energiamarkkinoilla. Aurinkolämpö ei varsinkaan Suomen olosuhteissa pysty kattamaan rakennuksen kokonaislämmöntarvetta, vaan toimii ainoastaan lisälämmönlähteenä nk. hybridilämmitysjärjestelmässä. Oikein kytketty,

mitoitettu ja säädetty järjestelmä tuo ilmaista, ekologista lisäenergiaa ja tuo näin säästöjä rakennuksen ensisijaisessa lämmityslähteessä.

Aurinkolämmön edut ovat paitsi ympäristöllisiä myös poliittisia: sen saanti ei ole riippuvainen kansainvälisistä energiapäätöksistä tai -kriiseistä ja luo siten energia-riippumattomuutta eli tuontienergian tarve pienenee. Tällainen paikallisesti tuotettu energiamuoto vähentää lisäksi vaarallisten ja saastuttavien polttoaineiden kuljetusta maalla ja merellä. (Wiljander/ATY, 2010.)

Aurinkoteknillisen yhdistyksen (ATY) mukaan hyvin sijoitetut keräimet tuottavat tästä säteilymäärästä vuodessa 300 – 400 kWh lämpöä keräinneliötä kohti (kuva 1).



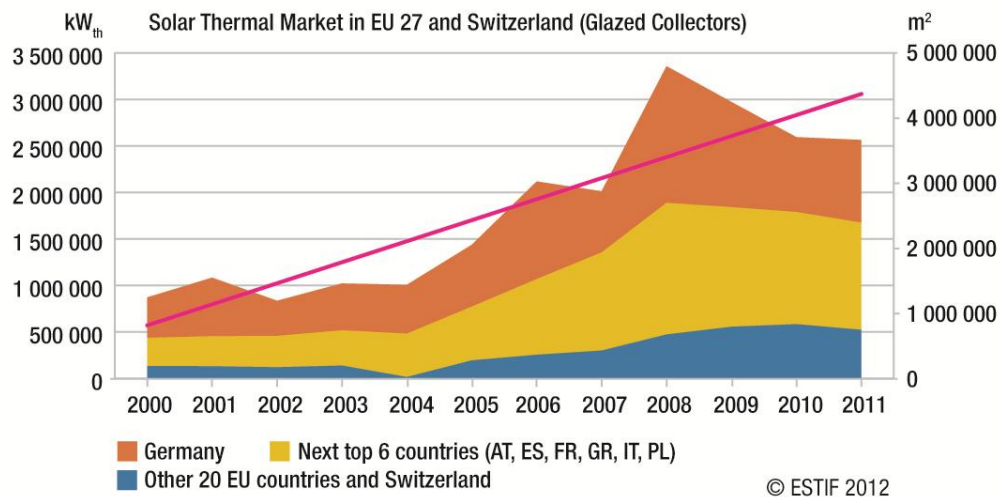
Kuva 1. Aurinkokeräinten lämmöntuotto (ATY, 2010)

Aurinkolämpöjärjestelmille ominaisin komponentti ovat aurinkokeräimet. Aurinkoenergiaa hyödyntävät järjestelmät eroavat perinteisistä lämmitysjärjestelmistä lähinnä siinä, että energian saanti on epäsäännöllistä vuodenajan, sään ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Aurinkokeräimen tehtävänä on kerätä tai vastaanottaa aurin-

gonsäteilyä ja muuttaa tämä lämmöksi, joka voidaan kuljettaa keräimestä ilman tai nesteen mukana joko lämpövarastoon tai suoraan käyttöön. (Erat ym. 2008, 72.)

2.2 Aurinkoenergian käytön nykytilanne

EU:n tavoite on nostaa uusiutuvien energiamuotojen osuus kokonaisenergiatarpeestaan 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Euroopan (EU27+Sveitsi) aurinkolämpömarkkinat ovat polkeneet paikoillaan viimeiset kolme vuotta. Vuonna 2011 laskua tuli -1,3 %. Pidemmällä aikavälillä mitattuna ala kasvoi viimeisinä viitenä vuotena (2006 - 2011) 3,9 % ja viimeisenä kymmenenä vuotena 9 %. Huippuvuosi oli 2008 jolloin alan kasvu oli yli 60 % (Saksassa jopa yli 120 %), mutta vuonna 2009, keskeellä globaalia finanssikriisiä, alan kehitys laski jo 10 %. Tästä huolimatta uutta keräinpinta-alaa asennettiin 2009 toisena vuonna peräkkäin yli 4 miljoonaa neliometriä (kuva 2). Monessa maassa kehitys on pysähtynyt mutta joissakin maissa kuten Puolassa (+73,7 %) ja Slovakiassa (+53,3 %) on nähty kovaa nousua (Estif, 2012.)

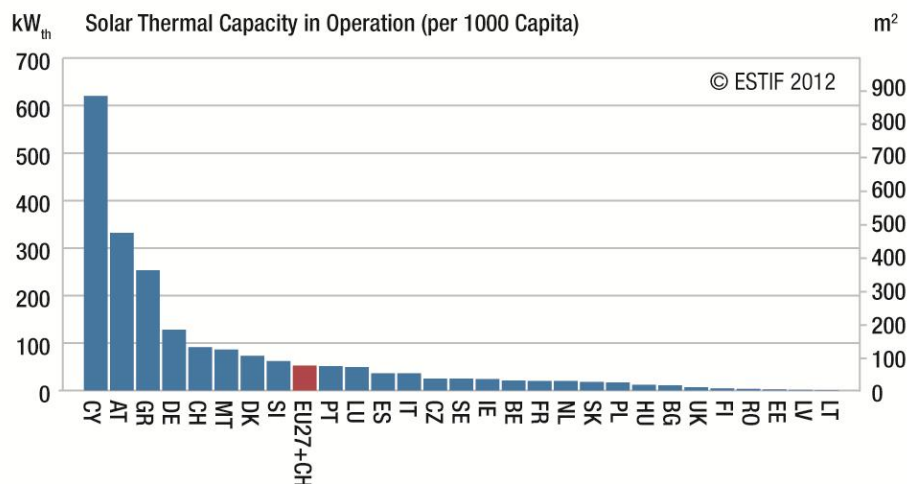


Kuva 2. Vuosittain asennettujen aurinkokeräinten määrän kehitys neliometreinä (Estif, 2012)

2.2.1 Alan tilanne Euroopassa

Saksa on Euroopan ylivoimaisesti suurin aurinkolämmön markkina-alue. Saksassa oli vuonna 2011 käytössä n. 15 miljoonaa neliometriä keräinpinta-alaa mikä vastaa 10,5 gigawatin tehoa. Vastaavat luvut koko EU27+Sveitsi -alueelle olivat 37,5 mil-

joonaa neliötä ja 26,3 gigawattia. Asukasta kohden eniten keräinpinta-alaa löytyy Kyprokselta, Itävallasta ja Kreikasta (kuva 3). (Estif, 2012.)



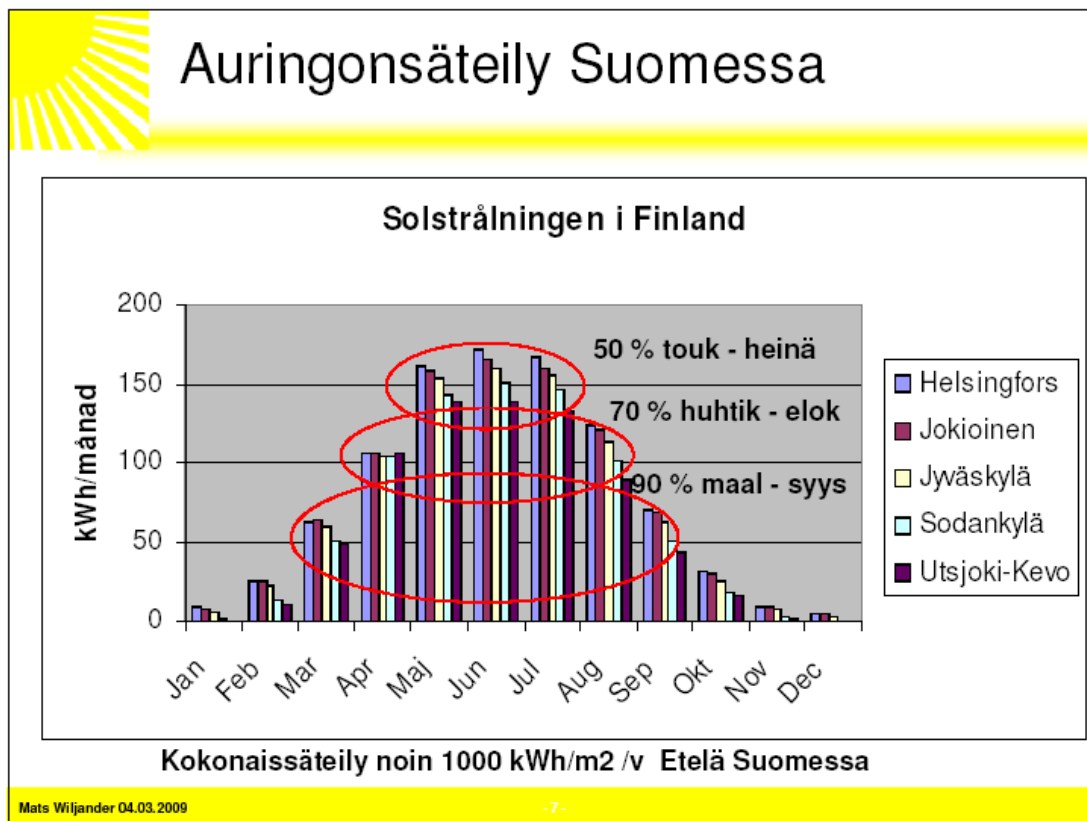
Kuva 3. Euroopan maiden aurinkokeräinpinta-ala suhteutettuna väkilukuun (Estif, 2012)

2.2.2 Alan tilanne Suomessa

Suomessa aurinkolämmön käyttö oli jo kasvamassa n. 20 % vuosivauhdilla kun se notkahti vuonna 2009 kansainvälisen talouskriisin aikana. Vuonna 2011 Suomesta löytyi aurinkolämmityskapasiteettiä 23 MW kun aurinkokeräinpinta-alaa oli käytössä 33 000 neliometriä, mikä on vielä hyvin vaatimatonta, varsinkin jos vertailumaiksi otetaan Ruotsi (235,9 MW / 337 022 m²) ja Tanska (408,5 MW / 583 605 m²). (Estif, 2012.)

Käyttö on meillä vielä vähäistä, vaikka vuotuinen auringonsäteilyn määrä on eteläisessä Suomessa lähes yhtä suuri kuin Keski-Euroopassa. Etelä-Suomessa aurinkosäteily vaakatasolla on n. 1000 kWh/m² ja Keski-Suomessa n. 900 kWh/m² vuodessa. (Erat ym. 2008, 13.)

Auringonsäteily kuitenkin jakautuu Pohjolassa ympäri vuoden epätasaisemmin kuin Keski-Euroopassa. 50 % vuoden auringonsäteilystä saadaan touko-heinäkuun aikana (kuva 4). (Wiljander/ATY, 2010.) Suomessa aurinkoenergian käyttöä pyrkii edistämään Aurinkoteknillinen yhdistys ry (ATY).



Kuva 4. Kuukausittaiset auringonsäteilymäärät Suomessa (ATY, 2010)

2.3 Alan kehitys, tulevaisuuden näkymät ja potentiaali

Kesäkuussa 2009 voimaan astunut RES-direktiivi (2009/28/EY) luo puitteet uusiutuvien energialähteiden (Renewable Energy Sources) käytön edistämiseksi. Direktiivi toimii keskeisenä lakisäätöisenä osana komission ja EU-maiden aiemmin asettamaa tavoitetta nostaa uusiutuvien energialähteiden osuutta unionin kokonaisenergiantarpeesta 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2006 aurinkolämpö kattoi 0,2 % Euroopan lämmöntarpeesta. Aurinkolämpöteollisuuden etujärjestön ESTIF:n arvion mukaan tämän osuuden voisi vuoteen 2020 mennessä nostaa 3,6 %:iin. Tavoitteen saavuttamiseksi alan pitäisi kasvaa vähintään 26 %:n vuosivauhdilla, jos oletetaan että samaan aikaan parannetaan yleistä energiatehokkuutta jonka kautta saadaan säästöjä kokonaislämmöntarpeesta. Alan kasvu edellyttää järjestön mukaan myös tuntuva satsausta tutkimukseen ja kehitykseen, sekä taloudellisia kannustimia kuten investointitukia, verohelpotuksia, kotitalousvähennyksiä tms. tukitoimia helpottamaan aurinkolämpöjärjestelmän hankintaa. Näitä keinoja on monissa maissa otettu jo käyttöönkin. ESTIF katsoo että RES-direktiivi mahdollistaa hyvän toimintailmapiirin au-

rinkolämpötekniikalle ja sen kehitykselle mutta korostaa rakennusalan keskeistä roolia asiassa. Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät muodostavat lähes puolet Euroopan energiankulutuksesta. Jatkossa rakennusalan keskeisiä ammattilaisia kuten arkkitehtejä, LVI-asentajia ja katonrakentajia pitäisi ESTIF:n mukaan perehdyttää aurinkolämpöratkaisuihin paremmin. Näin EU voi myös saavuttaa aurinkoosaamisella, kuten uusiutuvien energiaratkaisujen kehittämällä yleensäkin, uutta kilpailukykyä maailmalla. (Estif, 2010.)

ATY linjaa että RES-direktiivin mukaisten velvoitteiden täyttäminen edellyttää asentajille annettavaa koulutusta ja sertifiointijärjestelmää (Nyman/ATY, 2010).

3 KYTKENNÄT JA TEKNIikka

3.1 Lämpöjärjestelmiä joissa sovelletaan aurinkolämpötekniikkaa

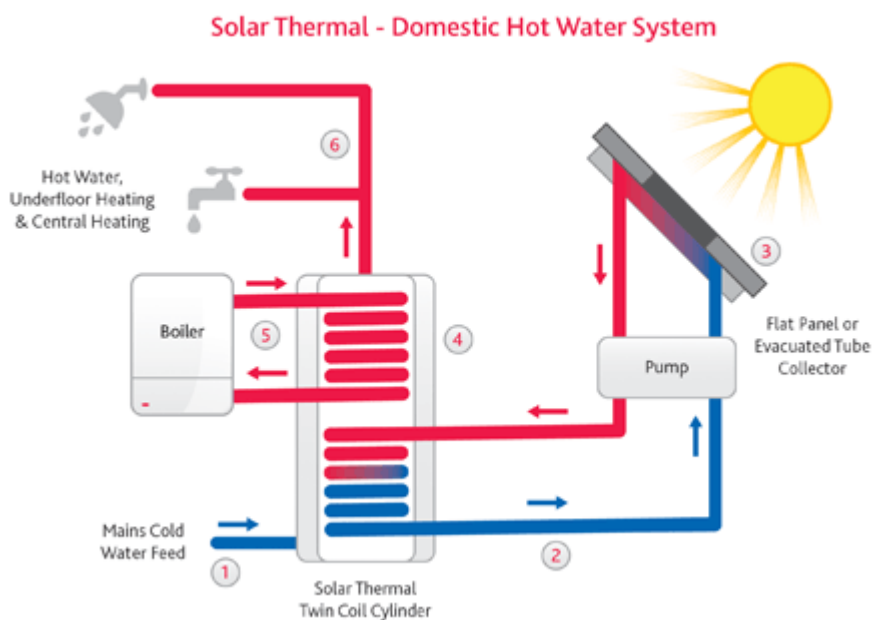
Aurinkoenergiaa hyödynnetään meillä lisälämmönlähteenä, sillä yksin se ei voi katata vuotuista energiatarvettamme huonetilojen ja käyttöveden lämmitykseen. Aurinkolämmitys sopii kuitenkin lähes kaikkien lämmitysmuotojen rinnalle tuottamaan osansa rakennuksen käyttäjien tarvitsemasta energiasta. Aurinkolämmitys kytketään aina teknisessä tilassa olevaan energiavaraajaan tai mahdollisesti käyttövesivaraajaan. Kytkentätapa riippuu rakennuksen muista lämmitysratkaisuista, käyttäjän tarpeesta ja katolla olevan aurinkokeräimen koosta. (Kotiniemi, 2009.)

Aurinkolämpöjärjestelmän voi yhdistää puu-, öljy-, kaasu- tai sähkölämmitykseen, tai järjestelmään jossa käytetään useampia lämmönlähteitä. On myös ratkaisuja joissa aurinkolämpöä käytetään yhdessä toisen uusiutuvan energialähteen, esimerkiksi maalämpöpumpun rinnalla.

Kytkenästä riippuen aurinkoenergiaa voi käyttää joko lämpimän käyttöveden tuottoon tai rakennuksen lämmitykseen, tai kumpaankin (solar combisystems).

3.1.1 Aurinkolämpö ja öljy

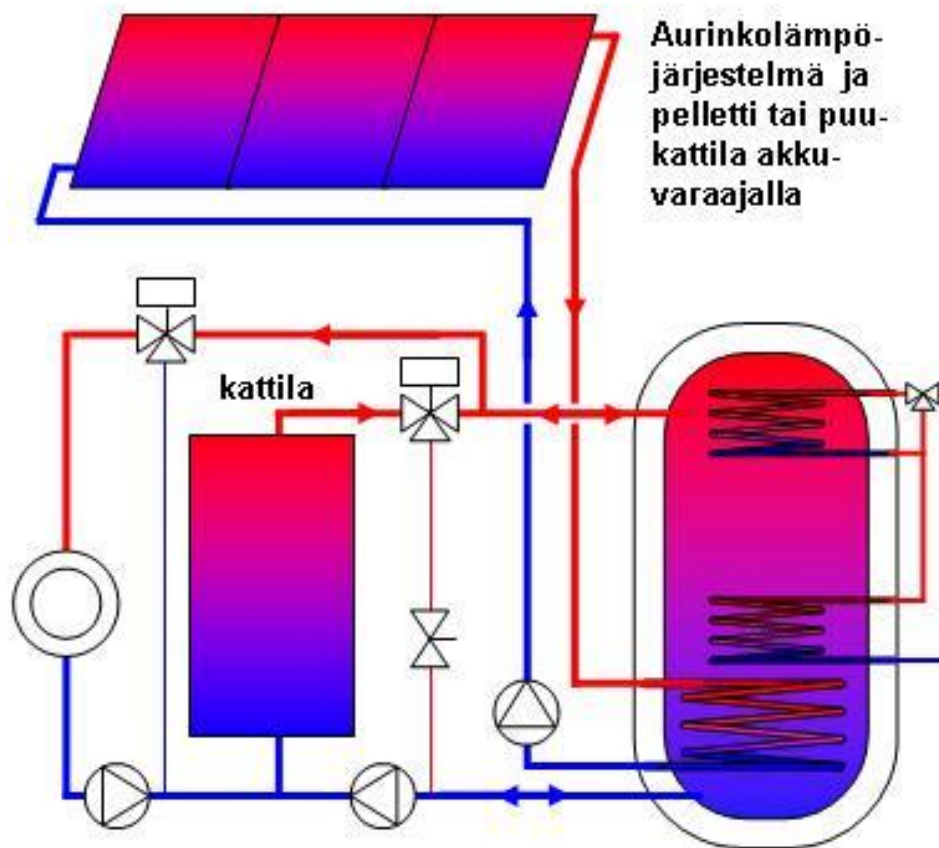
Aurinkolämmön ja öljylämmityksen yhdistelmässä kytkentätapoja on monia. Aurinkokierukka toimii yleensä käyttöveden esilämmittäjänä, jolloin se sijoitetaan varaajan viileämpään alaosaan (kuva 5). Kun aurinkoa on tarpeeksi saatavilla, varaaja lämpiää pelkästään sillä. Suomen oloissa tämä toimii ainoastaan kesällä. Varaajan lämpötilan ollessa kuitenkin käyttövedelle liian alhainen, säädin antaa releen avulla virran kattilan öljypolttimen termostaatille, joka käynnistää polttimen tarvittaessa ja varaajan yläosassa sijaitseva kattilan kierukka lämmittää käyttöveden haluttuun lämpötilaan.



Kuva 5. Öljy-aurinkolämpö-yhdistelmä (npower, 2013)

3.1.2 Aurinkolämpö ja puu

Puu- tai pellettikattilajärjestelmä (kuva 6) toimii parhaiten, kun lämmittäminen tapahtuu ison akkuvaraajan kautta. Puukattilan puskurivaraaja mitoitetaan yleensä niin, että talvella tarvitsee lämmittää korkeintaan kerran päivässä. Silloin puukattilaa ei tarvitse pitää jatkuvasti lämpimänä ja pellettipolttimenkin palamista on helpompi säätää. Kattila lämmittää täydellä teholla akkuvaraajan, joka on kooltaan noin 500–3000 litraa. Joskus käytössä on suurempiakin varaajia. (Ympäristöenergia Oy, 2010)

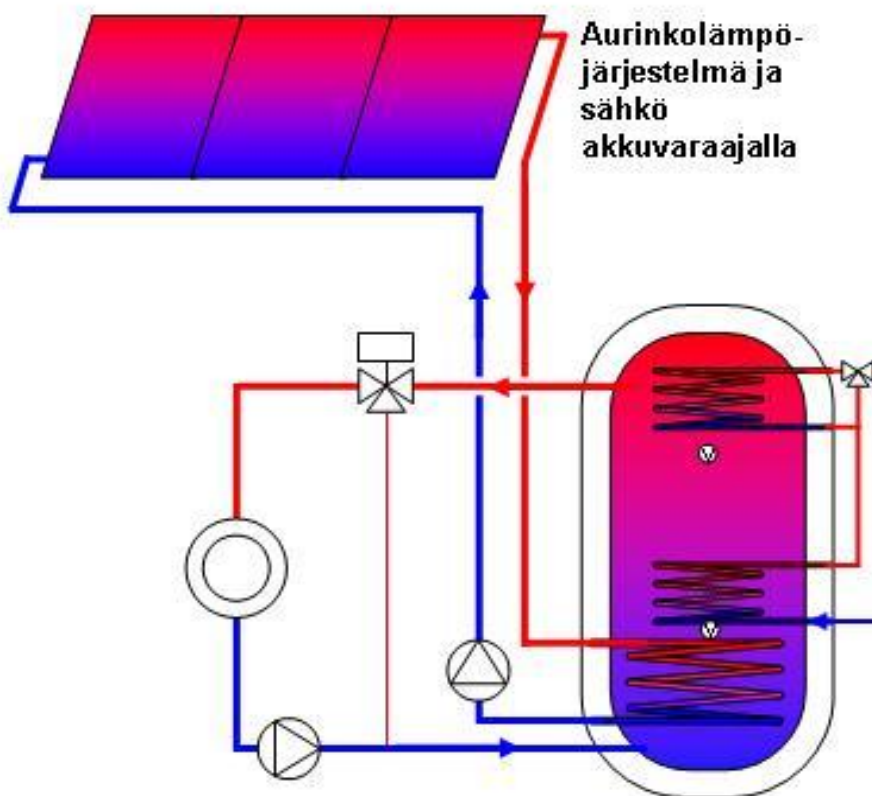


Kuva 6. Aurinkolämmön ja puukattilan yhdistelmä (Ympäristöenergia Oy, 2010)

3.1.3 Aurinkolämpö ja sähkö

Aurinkokeräimet kytketään käyttövesivaraajan aurinkokierukkaan varaajan alaosaan. Kylmä käyttövesi takaa järjestelmälle matalat lämpötilat, joiden myötä keräin on keväisin ja syksyisin erinomainen käyttöveden esilämmittäjä. Sähkövastus varaajan yläosassa lämmittää esilämmitetyn veden toivottuun käyttölämpötilaan asti.

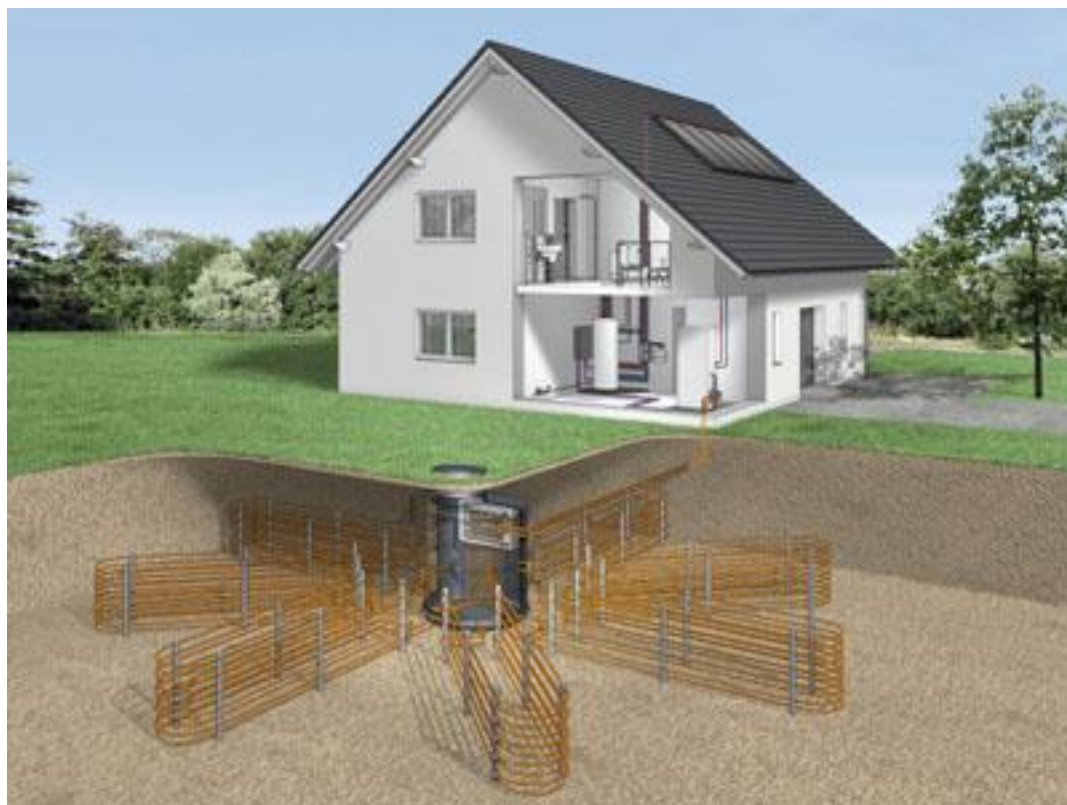
Aurinkolämpöjärjestelmän ja sähkölämmitteisen akkuvarajaan yhdistelmässä (kuva 7) talteen otettua lämpöä käytetään sekä käyttöveden että talon lämmitykseen. Lattialämmitys sopii hyvin akkuvarajaa käyttävän aurinkolämpöjärjestelmän yhteyteen, koska matalat paluulämpötilat takaavat keräinjärjestelmän hyvän hyötysuhteen. Patterilämmitys taas pienentää viileänä vuodenaikana keräimen tuottoa paluuv veden korkean lämpötilan takia. (Ympäristöenergia Oy, 2010)



Kuva 7. Aurinkolämmön ja sähkövastuksen yhdistelmä (Ympäristöenergia Oy, 2010)

3.1.4 Aurinkolämpö ja maalämpöpumppu

Tämä ratkaisu mahdollistaa kahden eri uusiutuvan energialähteen hyödyntämistä. Tässä yhdistyvät aurinkolämpö ja maalämpöpumppu (kuva 8, Roth SolarGeo). Aurinkojärjestelmä lämmittää vesivaraajaa kun aurinkoa on saatavilla. Joissakin järjestelmissä aurinkolämpöä ajetaan maaperään (maakaivoon) varastoon, ja käytetään yöllä siten että maalämpöpumppu pumppaa lämmön kulutuskohteeseen rakennukseen.



Kuva 8. Maalämpö-aurinko-yhdistelmä (Roth SolarGeo, 2010)

3.2 Varaajan valinta, mitoitus ja kytkentä

Varaaja mitoitetaan siten, että aurinkokeräimet tuottavat kesäkuukausien aikana lähes kaiken tarvittavan lämpimän käyttöveden. Henkilöä kohti varataan noin 1,2–1,5 m² keräinpinta-alaa. Näin turvataan lämpimän veden saanti myös parina peräkkäisenä pilvisenä päivänä. On myös kätevää, että talon lämmöntuottojärjestelmä voidaan sulkea kesäajaksi, jos sen ainoa tarkoitus on tuottaa lämmintä käyttövettä. Näin vältetään kattilan huono hyötysuhde, mikäli tällainen toimii päälämmönlähteenä. Keräinpiiri kytketään yleensä varaajan alaosaan olevaan aurinkokierukkaan joka mitoitetaan siten, että kierukan pinta-ala on noin neljäsosasta viidesosaan keräimen pinta-alasta. Lämmönvaihtimia on kahdentyyppisiä: sileitä putkikierukoita ja kampakuparikierukoita. Mitoitus riippuu siitä, kummanlainen kierukka valitaan. (Ympäristöenergia Oy.)

3.3 Kohteita joissa aurinkolämpötekniikkaa käytetään

Aurinkoenergiaa voidaan käyttää niin pienten omakotitalojen tai vapaa-ajan asuntojen, kuin suurempienkin rakennusten kuten kerrostalojen tai tavaratalojen lämmitykseen. Myös uima-altaita ja -halleja voi lämmittää aurinkojärjestelmillä. Suurten ruokakauppojen paljon energiaa kuluttavia jäähdytysjärjestelmiä voidaan pyörittää aurinkoenergialla. Ruokakaupat ja esimerkiksi jäätelökioskit ovat myös hyviä kohteita aurinkoteknologian hyödyntämiseen, ne kun kaipaavat kesäpäivinä lämmityksen sijaan jäähdytystehoa.

Satakunnassa aurinkoenergian hyödyntämisen pilottikohteena on Porin uusi uimahalli, joka vihittiin käyttöön syyskuussa 2011. Lämpö- ja sähköenergiaa tuottavat kaiken kaikkiaan 80 neliometriä julkisivukeräimiä, 200 neliötä kattokeräimiä sekä 360 neliötä aurinkosähköpaneeleita. Seinäkeräimet on integroitu osaksi hallin kiinteää seinää.

4 TUTKIMUSKOHDE

4.1 Järjestelmä

Solar Simulatorin toimipiste on tavallisen omakotitalon kokoinen rakennus, ja sen aurinkolämpöjärjestelmä koostuu kattoon asennettujen aurinkokeräinten (kuva 9) lisäksi hyvin tavallisista lämmönjakokomponenteista, eli varaajasta, putkistosta, turvaryhmästä (varoventtiilistä, paisunta-astiasta ja painemittarista), pumppuyksiköstä ja ohjausyksiköstä. Järjestelmän keräämä lämpöenergia varastoidaan vesivaraajaan josta se ohjautuu lämmityspiiriin, ja lämmin käyttövesi otetaan varaajan lämminvesikierukoista.



Kuva 9. Aurinkokeräimet Solarsimulatorin toimipisteen katolla

4.1.1 Aurinkokeräimet

Toimipisteen kattoon on integroitu 2 kpl keräimiä AT 2x3 (kuva 9). '2x3' tarkoittaa että keräimet koostuu kahdesta päällekkäin ja kolmesta vierekkäin yhdistetystä lasista.

Keräinpinta-alaa on yhteensä 19,2 m². Keräimet on suunnattu lähes suoraan etelään (maantieteellinen suunta etelä-lounas n. 190°, kun etelän suunta on 180°). Etelään suunnatut keräimet voivat Suomen olosuhteissa saada säteilyä 1100 – 1300 kWh/m² vuodessa, kun vaakasuoralle pinnalle kertyy noin 1000 kWh/m². Toimipisteen katon, ja siten myös keräinten kaltevuus on 1:3. Kallistuskulmaksi saadaan näin n. 20°.

Keräimen integrointi säästää rakennusmateriaalia, sillä keräimen alla ei tarvita erillistä vesikatetta. Käytännössä materiaalin säästön arvo on n. 10 % keräininvestoinnista. Integroinnissa vältetään myös erillisten keräintelineiden hankinnalta ja asennukselta, mikä merkitsee suunnilleen yhtä suuria säästöjä kuin materiaalissa. (Erat ym. 2008, 86.) Lisäksi keräimet ovat paremmin suojassa viilentävältä tuulelta kuin irrallaan telineessä olevat keräimet. Integroituvuuden ansiosta myös järjestelmän putkiston pituus on voitu minimoida, jolloin siirron aikana tapahtuvat lämpöhäviöt ovat mahdollisimman pienet.

Auringon säteily lämmittää keräinten lasilla katettua mustaa pintaa joka toimii absorbaattorina. Lämpö siirtyy keräimessä sijaitsevaan kupariputkistoon, jossa virtaa lämmönsiirtoneste eli väliaine. Väliaineena toimii propyleeniglykolin (40 %) ja veden seos. Pumppuyksikkö aikaansaa tarvittavan väliaineen virtauksen.

Keräinten asennus suoritettiin syksyllä 2004. Tähän mennessä järjestelmä ei ole korjauksia vaatinut.

4.1.2 Varaaja

Rakennuksen alakerrassa sijaitsee energiavaraaja (kuva 10) jonka tehtävänä on varastoida aurinkokeräimen vastaanottamaa lämpöä. Sen tilavuus on 1200 l ja siihen on kytketty sähkövastus. Varaaja lämpiää sähköllä jos aurinkokeräimestä ei saada tarpeeksi lämpöä. Aurinkolämpöpiiri kytkeytyy automaattisesti pois päältä kun keräimestä lähtevän lämmönsiirtonesteen lämpötila on liian alhainen tuottaakseen varaajalle uutta lämpöä.



Kuva 10. Energiavaraaja JÄSPI OVALI EP 1.2 K (Kaukora Oy Raisio)

4.1.3 Säädin ja energiamittari

Virtaussäädin UVR42 (kuvassa 11 alimmaisena) on aurinkolämpöjärjestelmän ohjausyksikkö joka vertaa keräimen ja varaajan lämpötilaa ja käynnistää keräinpiirin pumpun lämpötilaeron mukaan.

Energiamittari EEG30 (kuvassa 11 ylimmäisenä) laskee keräimeltä saadun lämpöenergian.



Kuva 11. Energiamittari ja virtaussäädin

4.1.4 Pumppuyksikkö

Aurinkojärjestelmän kiertonesteen virtauksen mahdollistaa pumppu (WILO StarRS) jonka toimintaa ohjaa pumppuyksikkö (FlowCon). Pumppuyksikkö sisältää kaikki aurinkopiirin tarvitsemat laitteet kuten kiertovesipumpun, sulku- ja takaiskuventtiilit, varoventtiilin sekä paine- ja lämpömittarit. Takaiskuventtiili estää luonnonkierron

avulla varaajan jäähtymisen yöllä (Erat ym. 2008, 97). Pumppuyksikkö on eristetty lämpöhävikin minimoimiseksi (kuva 12).



Kuva 12. Pumppuyksikkö

4.1.5 Putkilinjat ja varolaitteet

Keräinten ja varaajan välillä on läpimitaltaan 22 mm:n kokoista kupariputkilinjaa yhteensä n. 40 metriä. Koko linjasta n. 5 metriä on eristämätöntä ja loppu on eristetty 3 cm:n villakerroksella. Tutkimussyistä voidaan katsoa että jättämällä osan putkilinjasta eristämättä, haluttiin tarkoituksella lisätä lämpöhäviöitä, jotta järjestelmä olisi vähemmän 'täydellinen'. Tulokset saadaan siis hieman alakanttiin mikä edustaisi enemmän realistisia olosuhteita. Järjestelmän turvaryhmään kuuluvat varoventtiili, paisunta-astia ja painemittari. Keräimestä varaajaan johtavaa putkea kutsutaan menoputkeksi ja varaajasta keräimeen johtavaa putkea paluuputkeksi. Paluuputkilinjaan

on asennettu järjestelmän tekniikka, kuten pumppu, turvaryhmä ja paisunta-astia. Menoputkeen on asennettu pelkästään lämpömittari. Paisunta-astia on mitoitettu siten, että se voi ottaa vastaan järjestelmän paisumisnesteen (noin kymmenen prosenttia järjestelmän tilavuudesta) sekä keräimen ja ylemmän putkiston tilavuuden verran nestettä. Sen paine saa nousta maksimissaan 90 prosenttiin varoventtiilin avaamis-paineesta.

4.2 Kytkenät

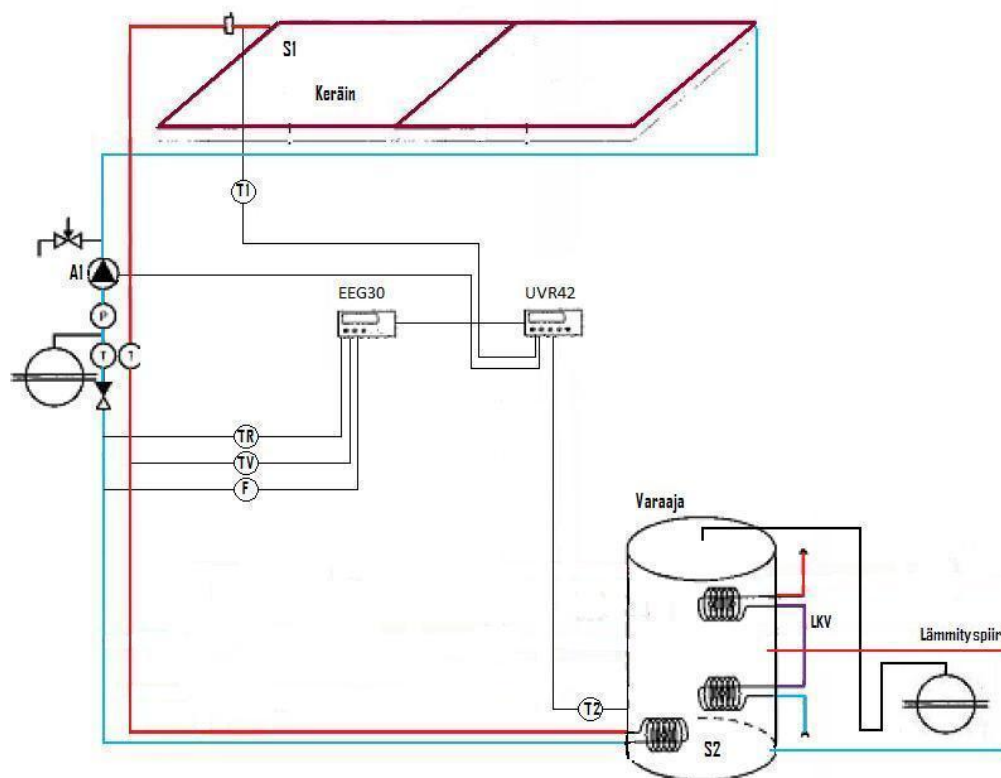
Solarsimulatorin aurinkolämpöjärjestelmässä on tähän mennessä sovellettu kahta eri kytkentää. Alkuperäisessä kytkennässä aurinkojärjestelmä lämmittää vain varaajan alaosa. Kytkentämuutoksella, joka suoritettiin kesällä 2009 (15.6.), haluttiin ohjata lämpöä varaajan yläosaan kun alaosa on saavuttanut halutun lämpötilan tai, silloin kun lämpöä on vähemmän tarjolla, ohjata se suoraan yläosaan josta lämmin käyttövesikin lähtee käyttökohteeseen.

Kun keräämistä ei saada riittävästi energiaa, varaaja lämpiää sähkövastusten avulla. Lämmin käyttövesi otetaan varaajan kahdesta lämmityskierukasta joista alimmainen on käyttöveden esilämmityskierukka ja ylimmäinen jälkilämmityskierukka.

4.2.1 Aurinkolämpöjärjestelmän peruskytkentä

Aurinkolämpöjärjestelmän peruskytkentä (kuva 13) toimii yhdellä kierukalla joka sijaitsee varaajan alaosassa. Kun aurinkokeräimen lämpötila S1 nousee korkeammaksi kuin varaajan alaosan lämpötila S2, aurinkopiirin pumppu A1 käynnistyy ja lämmitetty väliaine ohjautuu vesivaraajan alaosassa sijaitsevaan aurinkokierukkaan luovuttaen lämpöenergiansa siellä lämmitettävään käyttöveteen. Aurinkokierukka on asennettu alaosaan siksi että se on varaajan viilein kohta, ottaen kierukasta mahdollisimman paljon lämpöä talteen, mikä taas maksimoi järjestelmän hyötysuhteen. Hyötysuhdetta parantaa myös hieman se että käytössä on kaksi käyttövesikierukkaa: alimmainen kierukka, eli esilämmityskierukka, viilentää varaajan alaosa ja luo aurinkolämpöjärjestelmälle optimaaliset lämpötilaolosuhteet. Esimerkiksi 8 °C kylmä vesi esilämmitetään 30 asteeseen, jolloin se siirtyy viimeistelykierukan luo varaajan

yläosaan. Näin samalla lämpö määrällä saadaan enemmän lämmintä käyttövettä ja vesi aurinkokierukan luona säilyy viileämpänä.

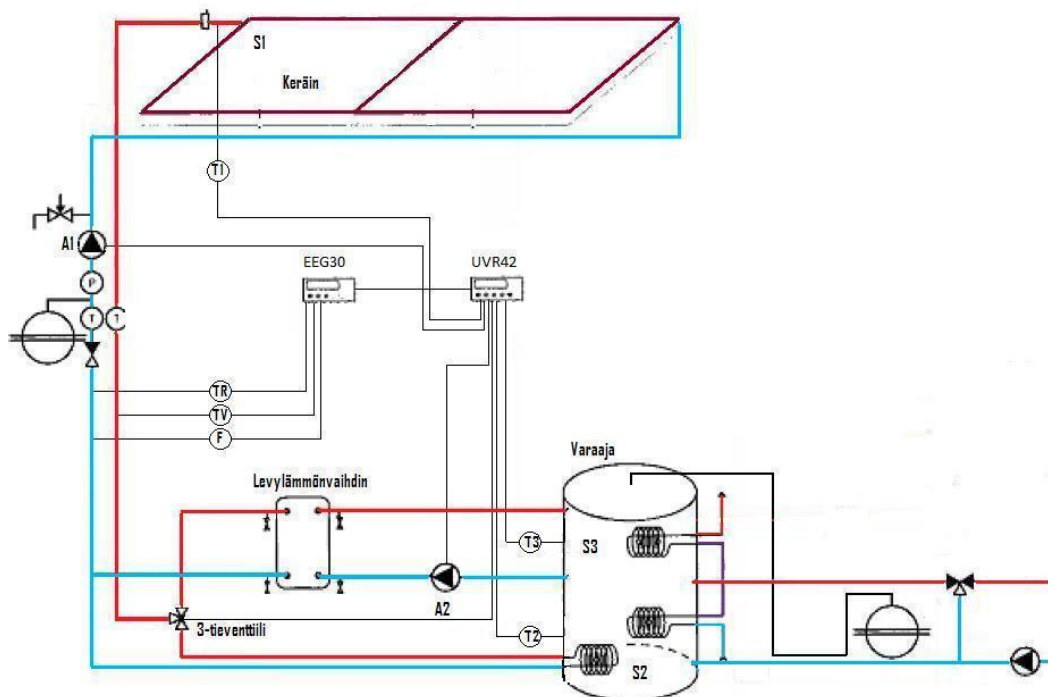


Kuva 13. Aurinkolämpöjärjestelmän peruskytkentä

4.2.2 Kyt Kentämuutoksen jälkeen

Kyt Kentämuutoksen (kuva 14) tavoitteena on saada huonoillakin ilmoilla varaajan yläosan lämpötila riittävän korkeaksi. Jos aamulla lähtötilanne on sellainen, että varaajan alaosan lämpötila on 20 astetta ja yläosan 45 astetta, ja ladataan pelkästään alaosa esimerkiksi sellaisena aamuna, jolloin välillä aurinko paistaa ja välillä on pilvistä, koko varaajan lämpötila nousee noin 45 asteeseen. Tässä tapauksessa saadaan 1200 litraa 45 asteista vettä; energiaa on kyllä määrällisesti saatu talteen aivan riittävästi kesäpäivän tarpeeseen, mutta sitä ei kuitenkaan voi hyödyntää täysimääräisesti, sillä varaajan yläosa on vielä liian kylmä esimerkiksi suihkua varten. Varaajan yläosaa pitäisi siis joka tapauksessa lämmittää vastuksilla. Kyt Kentämuutoksella pyritään saamaan varaajan yläosan lämpötila esimerkiksi 60 asteeseen alaosan jäädessä noin 30 asteeseen. Energiaa on nyt otettu talteen karkeasti yhtä paljon kuin aiemmas-

sa kytkennässä, mutta nyt se on "arvokkaammassa" muodossa varaajan yläosassa, josta käyttövesikierukka lähtee. Näin yläosan lämmittämiseen ei tarvita välttämättä enää lisäenergiaa (sähköä).



Kuva 14. Kytkentäkaavio 3-tieventtiili ja levylämmönvaihdin

Tällä kytkennällä varaajan yläosaa voi saada lämmitettyä myös mahdollisimman nopeasti aamuaringolla.

Kun aurinkokeräimen lämpötila S1 nousee korkeammaksi kuin varaajan alaosan lämpötila S2, aurinkopiirin pumppu A1 käynnistyy ja lämmittää vesivaraajan alaosaa. Näin varaaja lämpiää yleensä aamuisin.

Kun S1 ylittää varaajan yläosan lämpötilan S3, kytkeytyy virta kolmitieventtiiliin ja aurinkopiirin lämmityskierto kääntyy ulkoiseen levylämmönvaihtimeen (kuva 15), ja myös pumppu A2 käynnistyy ja varaajan yläosa lämpiää. Säädin seuraa koko ajan lämpötilojen muutosta, ja yrittää eri keinoin, esim. katkaisemalla kierron ajoittain, saada keräimen lämpötilan ylittämään varaajan yläosan lämpötilan S3, ja lämmityskierron kääntymään tärkeämmäksi katsotulle osalle varaajaa.

Myöhemmin iltapäivällä ja alkuillasta auringon säteilyn määrän vähentyessä kierto kääntyy jälleen varaajan alaosaan.

Kun varaajan yläosan lämpötila ylittää halutun loppulämpötilan, on kierto aina varaajan alaosaan.



Kuva 15. Levylämmönsiirrin B25 Hx40/IP-SC-S 4*1" ja 3-tieventtiili

4.3 Käyttövesi

Lämmin käyttövesi otetaan varaajan lämminvesikierukoista. Lisäksi varaaja tuottaa lämpöä viereisen suihkutilan lattialämmityspiiriin. Lämmityspiiri on varustettu käsisuntilla. Suntti on venttiili jolla säädetään missä suhteessa uutta lämmitettyä vettä sekä jo käytettyä paluuvettä laitetaan kiertoon.

Rakennuksen vedenkulutus on vuodessa n. 40 m³ prosessivettä ja lämmintä käyttövettä.

4.4 BIV-venttiili vaihtoehtoisena asennuksena

Aurinkoenergian osuutta olisi kenties voinut lisätä asentamalla järjestelmän lämmityspiiriin BIV-sekoitusventtiilin. Se toimii lämmönsäätäjänä järjestelmissä joissa on kaksi lämmönlähdettä ja missä toista käytetään lähinnä lisälämmönlähteenä. BIV-venttiilillä voidaan aina suosia halvinta energiavaihtoehtoa. Venttiilissä on kaksi tulokanavaa joihin lämmönlähteet liitetään, yksi paluukanava ja yksi kanava verkostoon menevälle vedelle. Venttiili pitää olla varustettu perinteisellä säätöautomaatiikalla.

5 MITTAUKSET

5.1 Mittauspisteet

Järjestelmän mitoittamisen kannalta tärkeimmät tekijät ovat aurinkokeräimen pinnan sekä vesivaraajan alaosan, muutoskytkennässä myös yläosan, lämpötilat. Keräimen lämpötila otetaan sieltä lähtevästä menoputkesta, jota kutsutaan tässä yhteydessä tuloputkeksi koska se tuo keräimessä lämmitetyn kiertonesteen lämmityskohteeseen.

5.2 Aurinkolämmön käyttö

Jotta varaaja ei ylikuumentuisi, sen lämpöä ajetaan koko ajan lattialämmityspiiriin kautta sisätiloihin. Lattialämmityspinta-alaa on n. 30 m² josta puolet on suihku- ja saunatilaa. Käyttövettä rakennuksessa menee vain n. 40 m³ vuodessa, josta lämpimän käyttöveden osuudeksi voidaan kiinteistöissä olettaa 40 % eli n. 16 m³. Nelihenkinen omakotitalo kuluttaa n. 200 m³, josta lämmintä käyttövettä n. 80 m³ vuodessa, joten veden kulutus tutkimuskohteessa on verrannollisesti pieni.

5.3 Energiantuoton mittaaminen

Energiamittari EEG30 toimii lämpölaskurina, joka mittaa järjestelmästä saadun energia- eli lämpömäärän. Yhdistettynä säätimeen (UVR42) se näyttää lisäksi pumppujen käyttöajat ja virrankulutuksen josta voi laskea aurinkojärjestelmän sähkönkulutuksen ja arvioida myös sitä kautta sen kannattavuutta.

Lämpömäärän mittaamiseen laskuri käyttää lämmityskohteen tulo- ja paluupuolen lämpötilaeroa sekä virtausmäärää, jonka se ottaa erillisen anturin välityksellä keräinpiiristä. Mittari on asennettu varaajan kylkeen, säätimen yläpuolelle.

Mittari on kalibroitu asennuksen yhteydessä ja laitteelle on syötetty pumpun teho tämän virrankulutuksen mittaamista varten, sekä väliaineen sisältämän jäänestöaineen prosenttiosuus. Jäänestöainepitoisuus vaikuttaa nesteen lämmönjohtokykyyn.

Energiamittarin voi yhdistää datajohtimen avulla tietokoneeseen ja siirtää näin laskurin mittaamia tuloksia suoraan koneelle käsiteltäväksi. Tässä työssä mittausarvot ovat kuitenkin luettu mittarin näytöltä ja kirjattu ylös. Ne on syötetty koneelle myöhemmin.

5.4 Sää tiedot

Aurinkolämpöjärjestelmän energiantuoton ja tehokkuuden vertailuarvoksi on kuukausittain mitattu paikallinen auringonsäteily määrä. Säteily tiedot on saatu Åbo Akademiassa olevan pyranometrillä mittaamasta datasta. Kyseinen mittauspiste sijaitsee noin 7 km:n päässä Solar Simulatorin toimipisteestä, joten sen voi katsoa edustavan suhteellisen hyvin myös tutkimuskohteen ympärillä vallitsevia sääolosuhteita. Data on vaakatasolle tuleva säteilyenergian määrä.

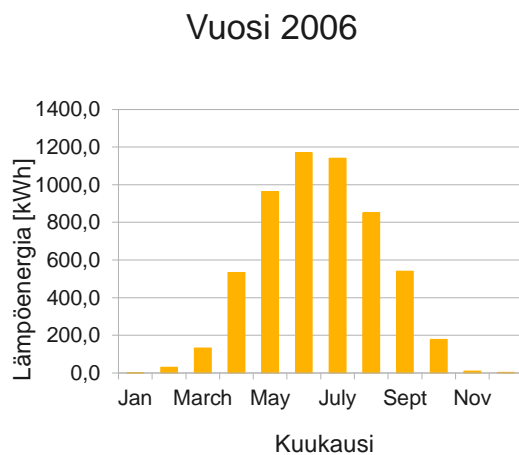
6 TULOKSIA

6.1 Mittausdata

Energialaskurin mittaamat aurinkolämpöjärjestelmästä kertyneet lämpömäärät sekä pumppujen käyntiajat on otettu ylös vuoden 2004 syksystä lähtien ja sijoitettu excel- taulukkoon. Mittausarvoja on pyritty seuraamaan ja rekisteröimään kuukausittain saadakseen laskettua ja arvioitua järjestelmän vaihtelevan energiantuoton vuoden aikana.

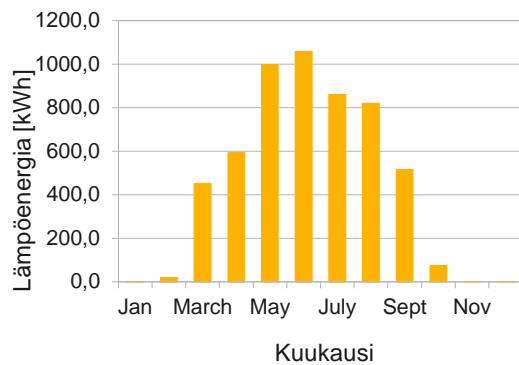
6.2 Energiakuvaajat

Oheiset kuvaajat näyttävät järjestelmän kuukausittaisen energiantuoton kilowattitunteina vuosien 2006 – 2010 ajalta. Tarkemmat luvut löytyvät liitteestä (LIITE1).



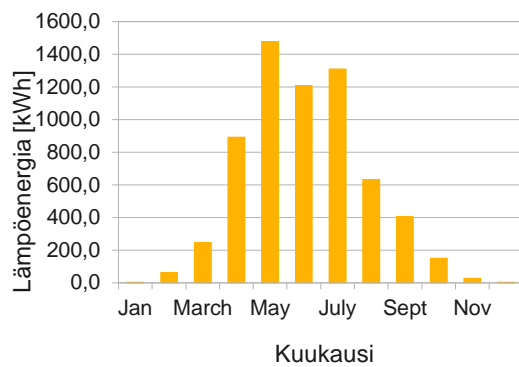
Kuva 16. Lämmöntuotto vuonna 2006

Vuosi 2007



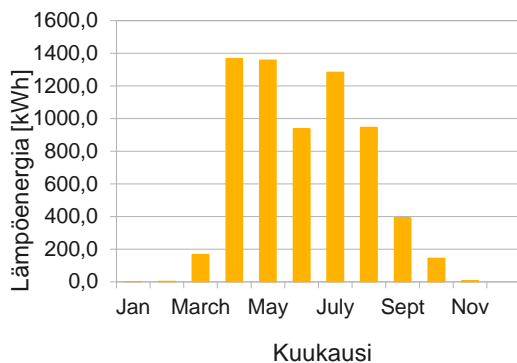
Kuva 17. Lämmöntuotto vuonna 2007

Vuosi 2008



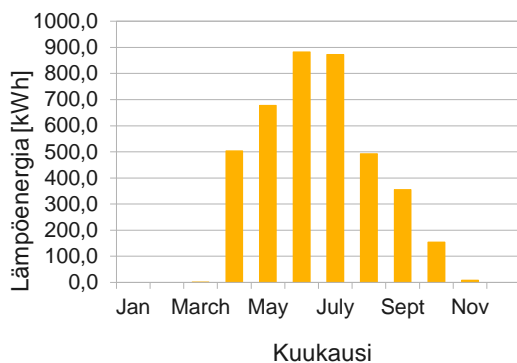
Kuva 18. Lämmöntuotto vuonna 2008

Vuosi 2009



Kuva 19. Lämmöntuotto vuonna 2009

Vuosi 2010



Kuva 20. Lämmöntuotto vuonna 2010

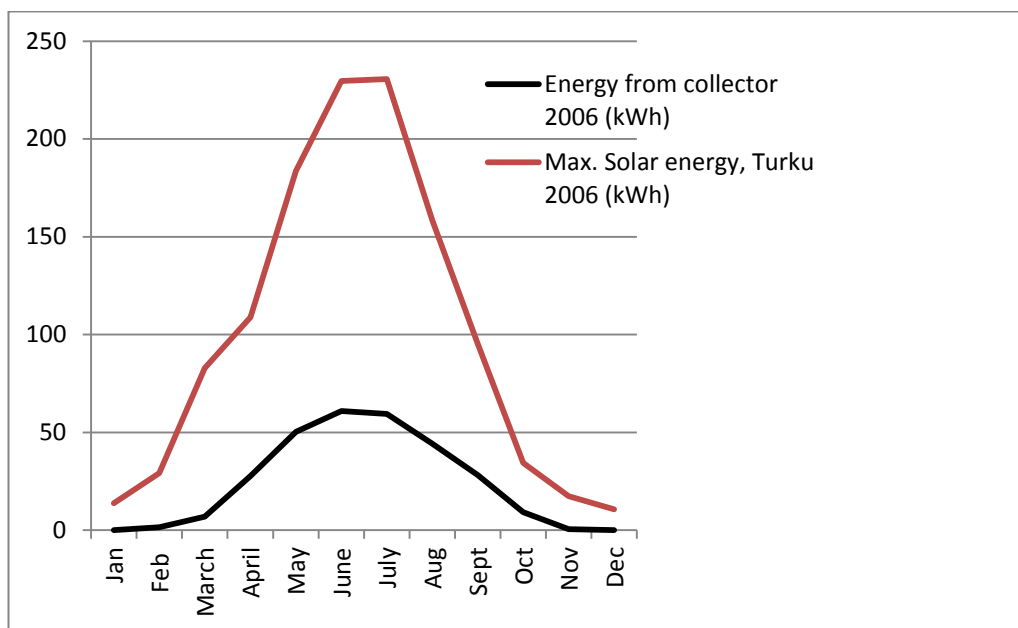
6.3 Energiantuotto suhteessa tarjolla olevaan säteilyenergiaan

Aurinkojärjestelmän tehokkuutta voi mitata vertaamalla sen keräimen talteen ottamaa lämpöenergiaa samaan aikaan samassa paikassa vallitsevaan auringon säteilyenergiaan. Paikallinen säteilyenergiamäärä mitataan esim. sääasemilla.

Suhteuttamalla nämä kaksi arvoa voidaan arvioida keräimen hyötysuhdetta ja tehokkuutta eri vuodenaikoina. Auringon säteilyenergia mitataan aina kohtisuorassa kulmassa maanpintaan nähden, joten suhde ei anna itse järjestelmän teknistä hyötysuhdetta, koska keräin on asennettu kiinteään asentoon ja säteilyn kulma keräimeen näh-

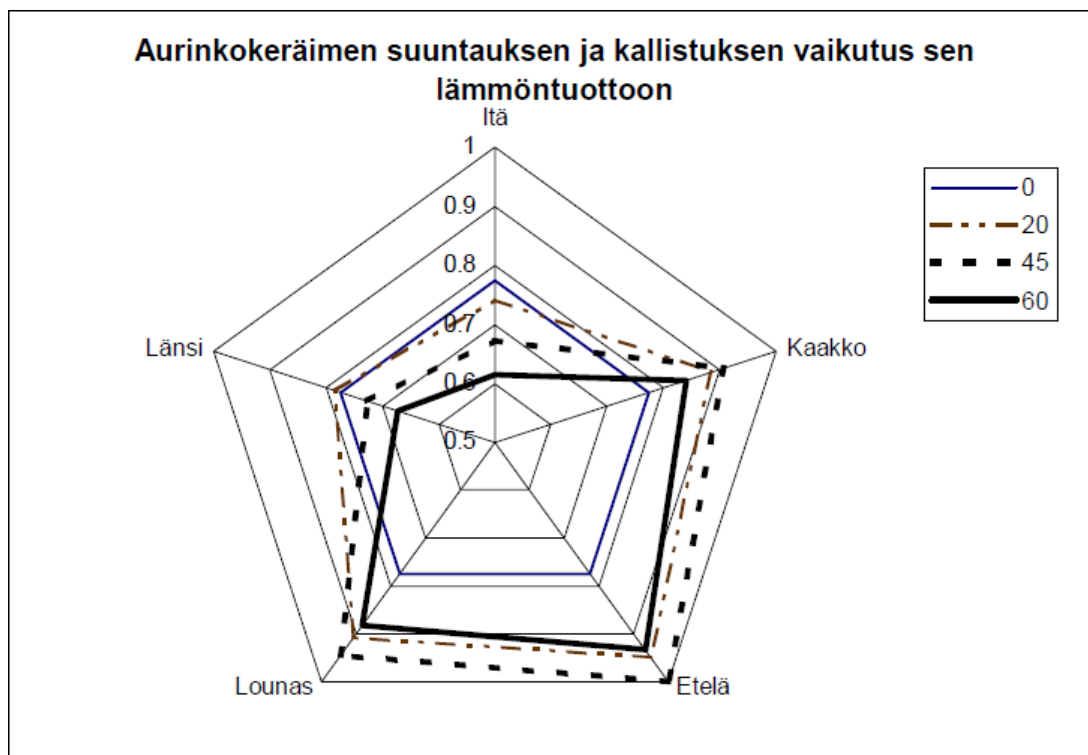
den vaihtuu siten ympäri vuorokauden. Järjestelmän tehokkuus riippuu siis olennaisesti myös sen sijainnista ja asennuksesta.

Alla olevan kuvaajan (kuva 21) käyrät osoittavat aurinkolämpöjärjestelmän keräämän säteilyenergian (musta käyrä) ja paikallisesti mitatun samasta suunnasta osuvan auringonsäteilyn (punainen). Tarkemmat luvut löytyvät liitteestä (LIITE1).



Kuva 21. Tarjolla oleva ja saatu energia vuonna 2006

Seuraavissa laskelmissa E_{coll} on keräinten (collector) talteen ottama ja energiamittarin laskema energiamäärä. E_{sol} on saman kuukauden aikana mitattu auringon säteilyenergia (solar energy) Turussa. Säteily on mitattu vaakasuoralle pinnalle osuvana lämpönä. Tämä lämpömäärä on muutettu oheisen kuvaajan (kuva 22) mukaan siten että se vastaa Solarsimulatorin keräinten kallistuskulmaa (20°) ja suuntausta (etelälounas/ 190°). Vaakasuoran tason säteilyn kerroin on kuvaajan mukaan n. 0,78. Keräinten kertoimeksi otetaan 0,94.



Kuva 22. Aurinkokeräimen suuntauksen ja kallistuskulman vaikutus vuosittaiseen lämmöntuottoon. 1=paras tuotto (=300-400 kWh/m² vuodessa). (Solpros, 2006)

Suhteuttamalla nämä kertoimet 0,94:0,78 saadaan kokonaiskertoimeksi 1,20 jonka avulla laskemme vertailukelpoisemmat luvut tarjolla olevasta säteilyenergiasta. Laskelmat liitteessä (LIITE1).

Järjestelmän hyötysuhdetta kuvaa $\eta = \frac{E_{coll}}{E_{sol}}$

Laskelmista huomaa selvästi että se vähäinen aurinkoenergia mikä talvikuukausina saatavilla olisi, on myös suhteellisen vaikea ottaa talteen.

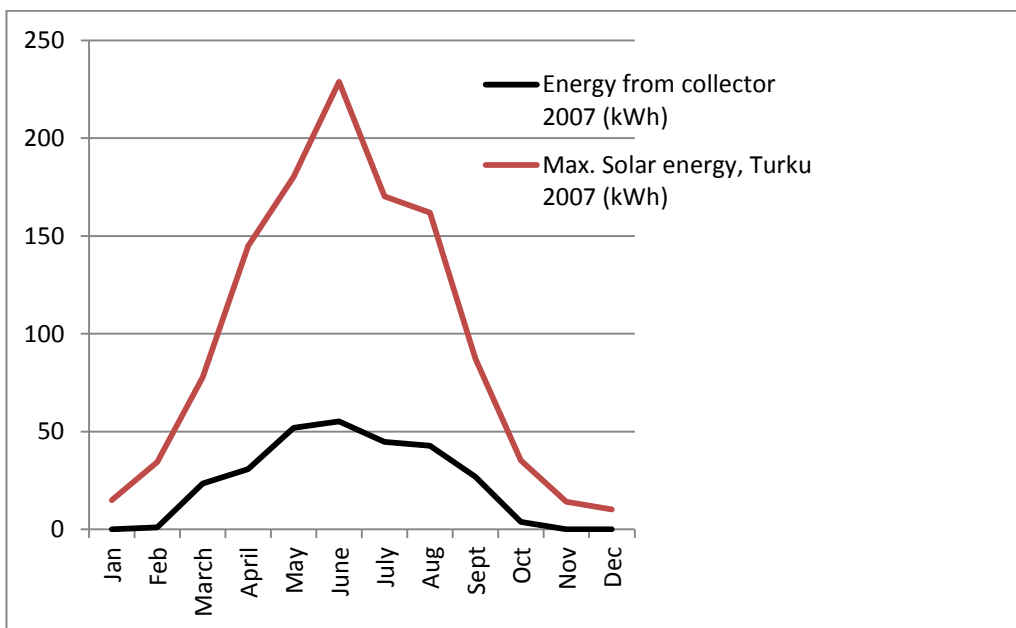
Tammikuu 2006:

$$\eta = \frac{0,112 \text{ kWh/m}^2}{13,9 \text{ kWh/m}^2} = 0,008 \approx 1\%$$

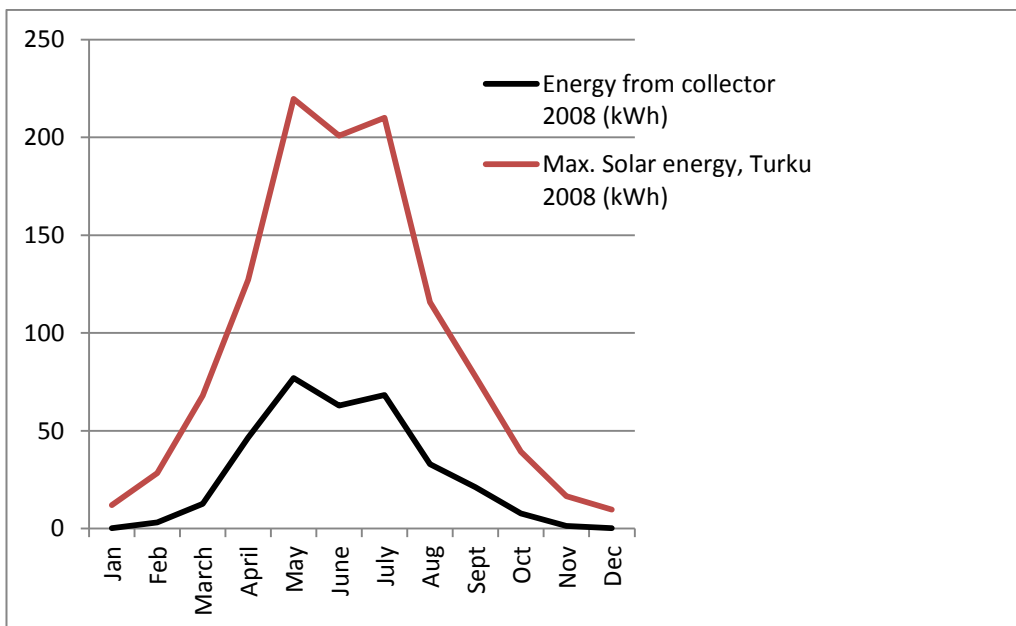
Elokuu 2006:

$$\eta = \frac{44,27 \text{ kWh/m}^2}{158,5 \text{ kWh/m}^2} = 0,279 \approx 28\%$$

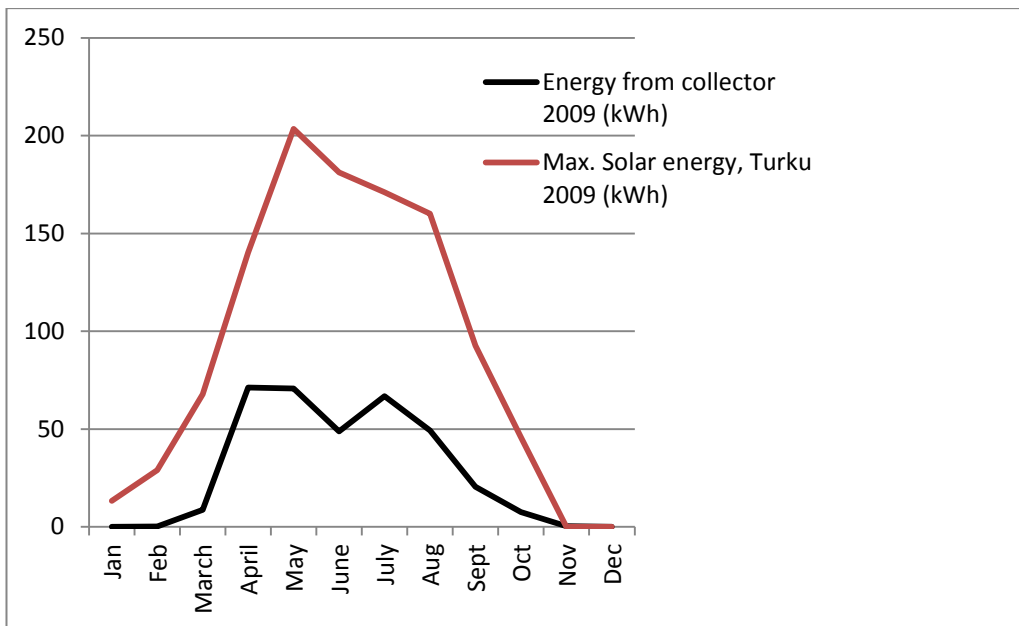
Seuraavinkin vuosina luku oli pienin joulukuussa tai tammikuussa, ja korkein vaihtelevasti huhti-syyskuun välisenä aikana (kuvat 23-26).



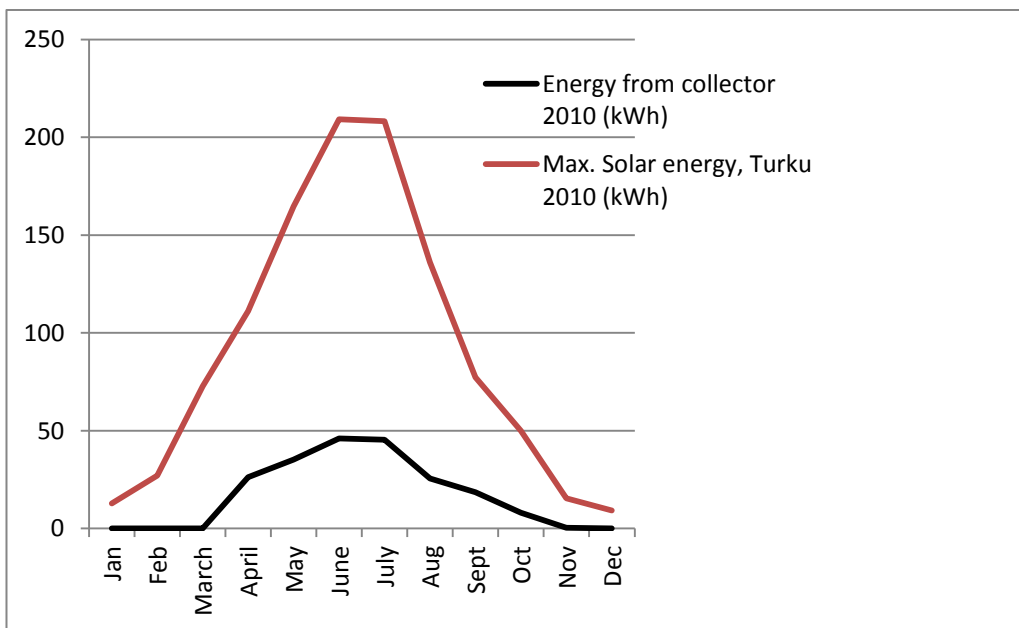
Kuva 23. Tarjolla oleva ja saatu energia vuonna 2007



Kuva 24. Tarjolla oleva ja saatu energia vuonna 2008



Kuva 25. Tarjolla oleva ja saatu energia vuonna 2009



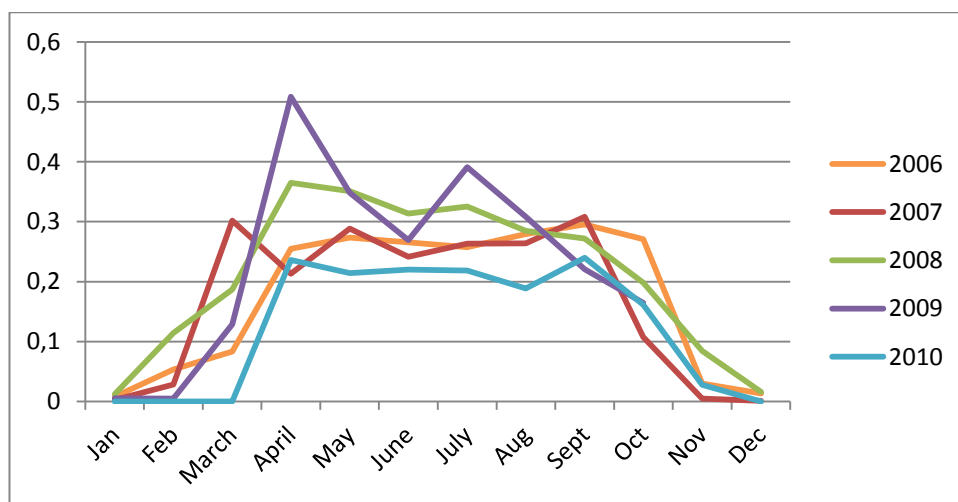
Kuva 26. Tarjolla oleva ja saatu energia vuonna 2010

7 PÄÄTELMÄT

7.1 Kannattavuus (tehokaudet, hyötysuhde)

Tutkittavan aurinkojärjestelmän tuoton ja tehokkuuden arvioinnissa huomaa että vuonna 2010 tuotto ja hyötysuhde jäivät selvästi muita vuosia pienemmäksi (kuva 27). Tämä saattoi johtua siitä että Solarsimulatorilla oli jokin pitkäkestoisempi testivaihe jolloin keinoaurinko paistoi pitkään ja lämmitti rakennuksen betonilaattaa. Tämän seurauksena lattialämmitys on termostaatin ansiosta pitänyt yllä vain pientä kiertoa josta taas on seurannut että varaajan alaosassa on ollut suunniteltua korkeampi lämpötila ja näin keräin on toiminut huonolla hyötysuhteella. Tämä ero muihin vuosiin näkyy erityisesti niinä kuukausina jolloin säteilyä on eniten tarjolla (huhti-elo). Järjestelmän koko vuoden tehokkuus riippuukin ratkaisevasti siitä, minkälainen tuotto on näiden viiden kuukauden aikana ollut, ja vielä ratkaisevammin millainen se on kolmena huippukuukautena (touko-heinä) ollut. Sääli sinänsä, sillä uuden kytkennän toimivuuden kokovuotinen arviointi jää auki. Vuonna 2009 kesän kytkennän muutos sai ainakin lyhyellä aikavälillä vielä hienoisen tuotoksen kasvun.

Vuosi 2005 on tässä arvioinnissa jätetty pois osittain hieman puutteellisen datan takia, ja osittain siksi että tuon vuoden huhti-elokuun tuotto, syystä tai toisesta, oli selvästi huonompi muiden vuosien vastaavaan ajanjaksoon verrattuna. Syynä voidaan pitää sitä että 2005 oli järjestelmän ensimmäinen kokonainen käyttövuosi jolloin jonkinlaista säätöä ja optimointia on saatettu siihen tehdä.



Kuva 27. Tutkimuskohteen kuukausittaiset hyötysuhteet vuosilta 2006-2010 vertailussa

7.2 Kannattavuus (saatu lämpömäärä)

Aurinkoteknillisen yhdistyksen esittämän taulukon (kuva 1) mukaan hyvin sijoitetut aurinkokeräimet tuottavat vuodessa lämpöä n. 300 – 400 kWh per keräineliömetri. Täten 20 m² keräinpinta-alaa tuottaa vuodessa lämpöä n. 6000 – 8000 kWh. (Mats Wiljander ATY, 2010.)

Solarsimulatorin 19,2 m²:n keräinjärjestelmä tuotti vuosina 2006 - 2009 keskimäärin liki 6000 kWh ja 312 kWh neliötä kohti. Näillä arvoilla se saavuttaa rimaa hipoen ATY:n antamat lukemat.

LÄHTEET

1. ESTIFin www-sivut. Solar thermal markets in Europe – Trends and market statistics. Viitattu 9.3.2013. <http://www.estif.org/>
2. Kotiniemi, J., Aurinkotori. Viitattu 16.11.2010. <http://www.aurinkotori.com>
3. Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C., Peippo, K., Peltola, S. & Suokivi, H. 2008. Aurinko-opas. Porvoo: Painoyhtymä Oy.
4. Jodat, T., Ympäristöenergia Oy. Viitattu 5.2.2011. <http://www.y-energia.com/aurinkolampo/aurinkolampo.html>
5. Roth Solar Geo. Viitattu 18.11.2010. http://www.roth-usa.com/products_solargeo.cfm
6. Wiljander, M. 2010. Aurinkoenergiaa rakennuksissa -seminaari, ATY, Helsinki. Viitattu 4.3.2011. <http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/>
7. Nyman, C. 2010. Aurinkoenergiaa rakennuksissa –seminaari, ATY, Helsinki. Viitattu 4.3.2011. <http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/>
8. Npower. Viitattu 20.5.2013. <http://www.npower.com/Home/energy-efficiency/solar-thermal/how-does-it-work/>
9. Solpros AY. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö- opas. 2006.

LIITE 1

Solarsimulatorin aurinkolämpöjärjestelmän kuukausittain mitattu lämmöntuotto ja laskettu hyötysuhde taulukkoina vuosina 2006-2010:

E_{coll} (kWh) = Järjestelmän lämmöntuotto kilowattitunteina

E_{coll} (kWh/m²) = Järjestelmän lämmöntuotto kilowattitunteina keräinneliötä kohden

$E_{\text{sol-20°/190°}}$ (kWh/m²) = Turun säälaitoksella mitattu auringonsäteily määrä muutettuna vastaamaan tutkimuskohteen keräinten lallistuskulmaa ja suuntausta

η_{coll} = Järjestelmän hyötysuhde E_{coll} (kWh/m²) / $E_{\text{sol-20°/190°}}$ (kWh/m²)

kk	E_{coll} (kWh)	E_{coll} (kWh/m ²)	$E_{\text{sol-20°/190°}}$ (kWh/m ²)	η_{coll}
Jan	2,1	0,111979167	13,9	0,008
Feb	30,0	1,5625	29,2	0,054
March	133	6,927083333	82,9	0,084
April	533,1	27,765625	108,9	0,255
May	964,6	50,23958333	183,7	0,274
June	1170,0	60,9375	229,7	0,265
July	1140,0	59,375	230,5	0,258
Aug	850,0	44,27083333	158,5	0,279
Sept	540,8	28,16666667	95,3	0,295
Oct	178,4	9,291666667	34,3	0,271
Nov	10,0	0,520833333	17,5	0,030
Dec	2,7	0,140625	10,7	0,013
2006	5554,8	289,3	1195,1	0,242

kk	E_{coll} (kWh)	E_{coll} (kWh/m ²)	$E_{sol-20°/190°}$ (kWh/m ²)	η_{coll}
Jan	0,8	0,041666667	14,9	0,003
Feb	18,6	0,96875	34,3	0,028
March	451,3	23,50729167	77,9	0,302
April	593,3	30,90104167	144,9	0,213
May	998	51,97916667	180,3	0,288
June	1059,8	55,19791667	228,7	0,241
July	860	44,79166667	170,2	0,263
Aug	820,5	42,734375	162,0	0,264
Sept	516,0	26,875	87,3	0,308
Oct	72,6	3,7828125	35,2	0,107
Nov	1,3	0,069791667	14,1	0,005
Dec	0,16	0,008333333	10,1	0,001
2007	5392,5	280,9	1159,8	0,242

kk	E_{coll} (kWh)	E_{coll} (kWh/m ²)	$E_{sol-20°/190°}$ (kWh/m ²)	η_{coll}
Jan	2,8	0,144791667	12,1	0,012
Feb	62,2	3,240104167	28,3	0,114
March	244,2	12,71979167	68,0	0,187
April	891,9	46,453125	127,3	0,365
May	1478,5	77,00520833	219,6	0,351
June	1208,2	62,92708333	200,9	0,313
July	1310,7	68,265625	210,1	0,325
Aug	633,0	32,96875	115,8	0,285
Sept	405,9	21,140625	77,7	0,272
Oct	150,1	7,817708333	39,4	0,198
Nov	26,7	1,390625	16,5	0,084
Dec	3	0,15625	9,8	0,016
2008	6417,2	334,2	1125,3	0,297

kk	E_{coll} (kWh)	E_{coll} (kWh/m ²)	$E_{\text{sol-20°/190°}}$ (kWh/m ²)	η_{coll}
Jan	1,3	0,067708333	13,3	0,005
Feb	2,8	0,145833333	29,0	0,005
March	167,5	8,723958333	67,7	0,129
April	1368,9	71,296875	140,3	0,508
May	1359,3	70,796875	203,4	0,348
June	937,5	48,828125	181,3	0,269
July	1284,0	66,875	171,1	0,391
Aug	947,6	49,35416667	160,2	0,308
Sept	392,8	20,45833333	92,2	0,221
Oct	144,7	7,536979167	45,8	0,165
Nov	7,1	0,370833333	tietoa ei löydy	
Dec	0	0	tietoa ei löydy	
2009	6613,5	344,5	1104,7	0,312

kk	E_{coll} (kWh)	E_{coll} (kWh/m ²)	$E_{\text{sol-20°/190°}}$ (kWh/m ²)	η_{coll}
Jan	0,0	0	12,9	0
Feb	0,0	0	27,0	0
March	0,3	0,015104167	72,7	0,0002
April	504,1	26,25416667	111,2	0,236
May	677,5	35,28645833	164,7	0,214
June	882,9	45,984375	209,2	0,220
July	872,4	45,43854167	208,2	0,218
Aug	492,2	25,634375	136,1	0,188
Sept	355,4	18,51041667	77,2	0,240
Oct	154,7	8,05625	49,9	0,161
Nov	8,3	0,43125	15,4	0,028
Dec	0,0	0	9,3	0
2010	3947,7	205,61	907,7	0,188