

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TARKASTELU

Heikkinen Jari

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jari Heikkinen	2016
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Ari Pikkarainen	
Toimeksiantaja	Tiina Vakkala	
Työn nimi	Lämmitysjärjestelmän tarkastelu	
Sivu- ja liitesivumäärä	50 + 4	

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella lämpimälle käyttövedelle sekä kostean tilojen vesikiertoiseen lattialämmitykseen pienempi varaaja- ja keräin kokoonpano. Tämän jälkeen oli tarkoitus tehdä tästä kokoonpanosta hintavertailu. Toimeksiantajana oli Tiina Vakkala. Opinnäytetyön päätavoite oli suunnitella ja kilpailuttaa sellainen kokoonpano, jolla puunkäyttöä saataisiin pienennettyä. Lisäksi oli tarkoitus liittää aggregaatin lämmöntalteenotto tähän samaan varaajaan keräinten kanssa. Lopuksi oli tarkoitus selvittää myös talon liittämistä sähköverkkoon ja mahdollisia uusia energiaratkaisuja.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin tehokkaampien aurinkokeräimien sekä aggregaatin pakokaasuille lämmöntalteenottoa eri valmistajilta ja jälleenmyyjiltä.

Suunnittelun lähtökohtana oli korvata vanhat tasokeräimet uusilla tyhjiöputkikeräimillä ja miettiä keräimille paras mahdollinen sijoituspaikka. Hintoja vertailtiin tarjouskyselyjen perusteella. Järjestelmä haluttiin pienemmäksi varaajan osalta, jotta sitä voitaisiin käyttää kesällä ilman puun lämmittämistä.

Suunnittelu toteutettiin uusimpien ja tehokkaampien laitteiden osalta olemalla yhteydessä laitevalmistajiin sekä vertailemalla testituloksia. Lopullisen laitteiston sijoituksen ja valinnan tekee työn toimeksiantaja jälkikäteen.

Kaikki opinnäytetyön tulokset luovutetaan Tiina Vakkalan käyttöön.

Avainsanat

aurinkokeräin, lämmöntalteenotto, hybridivaraaja.

Industry and Natural Resources
Mechanical and Production Engineering

Author	Jari Heikkinen	Year	2016
Supervisor	Ari Pikkarainen, M.Eng		
Commissioned by	Tiina Vakkala		
Subject of thesis	Analysis of the heating system		
Number of pages	50 + 4		

The purpose of this Thesis was to clarify the operational preconditions of solar heating in Finland. The thesis explains which solar collectors are the most effective ones and what company is the cheapest supplier regarding price. The output does not only depend on the efficiency of the collectors but the whole system. This thesis also focused on the best investment place for solar connectors in all seasons. The economical examination was made only on the vacuum pipe collector system. The prices of such systems were asked from several different contractors.

Another subject of this project was waste heat recovery from the flue gases in general. In this thesis it was also investigated heat recovery from aggregate, but comparison was difficult because manufacturers are not easy to reach for this purpose. The heat exchanger of the aggregate had to be connected to the same system with solar collectors.

The third part of this thesis was a capacitor to domestic hot water. The capacitor was supposed to connect the solar collectors and the exhaust gas heat recovery mostly for summer use. The aim was to reduce the use of wood in summer time. Capacitor had to be connected to the hydronic floor heating also in vet areas. The price of the capacitors were tendered by the same suppliers as the solar collectors.

Key words solar heat, vacuum pipe collector, heat recovery, hybrid charger

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	AURINKOLÄMPÖ	9
2.1	Aurinkolämmön hyödyntäminen	9
2.2	Yleiset periaatteet	10
2.3	Aurinkokeräimet	11
2.3.1	Hyötysuhteet	13
2.3.2	Keräinten sijoittaminen	17
2.3.3	Keräinten suuntaus	17
3	PUUN KÄYTTÖ LÄMMITYKSESSÄ	19
3.1	Puu polttoaineena	19
3.2	Tulisijat	19
3.3	Puukeskuslämmitys	20
3.3.1	Teho	21
3.3.2	Nykypäivä	21
3.3.3	Lämmityskulut	21
4	LÄMMÖNTALTEENOTTO SAVUKAASUISTA	22
4.1	Teoriaa savukaasujen lämmöntalteenotosta	22
4.2	Valmiit ratkaisut	22
4.2.1	Vesikiertoinen aktiivioppi	22
4.2.2	Hormiproffan lämpöhormi	24
4.2.3	Pakokaasun lämmönvaihtimet	27
5	TOIMEKSIANTAJAN OMAKOTITALO	29
5.1	Nykyiset laitteet ja järjestelmä	29
5.2	Puun kulutus	32
5.3	Öljyn kulutus	33
6	PARANNUSEHDOTUS	34
6.1	Nykyisten aurinkokeräimien päivitys uudempiin	34
6.2	Lämmöntalteenoton suunnitelma	40
6.3	Hintavertailua eri vaihtoehdoille	40

7 TULEVAISUUS	42
7.1 Miten hyödyntää uusia ideoita ?.....	42
7.2 Maalämpö.....	43
7.3 Ilma-vesilämpöpumppu.....	44
8 POHDINTA	46
LÄHTEET	48
LIITTEET	50

ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin ammattikorkeakoulun tekniikan alan Ari Pikkaraista ohjaamisesta ja avusta työn valmiiksi saattamisessa. Lisäksi haluan kiittää työn toimeksiantajaa Tiina Vakkalaa.

Lopuksi haluan antaa kiitokset perheelleni ja kaikille ystäväilleni tuesta ja kannustuksesta opinnäytetyön tekemisen aikana.

Oulussa 2016

Jani Hebbinen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Absorbaattori	Aurinkokeräimen osa, joka vastaanottaa saapuvan auringonsäteilyn ja muuttaa sen lämpöenergiaksi.
LTO	Lämmön talteenotto
TP	Tyhjiöputkikeräin
q	Hyötysuhde
UVLP	Ulkoilma-vesilämpöpumppu

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on omavarainen energiantuotanto ilman ulkopuolista sähköverkkoa. Tästä aiheesta on tehty opinnäytetyö samalle toimeksiantajalle vuonna 2015. Toimeksiantaja on yksityinen henkilö ja talo sijaitsee Keminmaassa.

Kohteessa on jo valmiina akustot sekä invertterijärjestelmä sähköistyksen hoitamiseen. Akkuja ladataan aurinkopaneeleilla ja aggregaatilla. Lämmintä vettä tuotetaan 1800 litran varaajaan aurinkokeräimillä ja puilla. Käyttövesi tuotetaan omalla porakaivolla, jota käytetään omalla kolmivaihemootorilla. Olemassa olevat laitteet on selkeästi lueteltu edellisvuoden työssä ja työn tilaajalla on siitä selkeä käsitys. Itse työssä keskitytään lämmitysjärjestelmän parantamiseen niin, että systeemi olisi mahdollisimman ajantasainen. Työssä arvioidaan nykyisen lämmitysjärjestelmän aurinkokeräimien hyötysuhdetta sekä puukattilan (uusi) puun kulutusta. Työssä keskitytään myös aggregaatin sekä puukattilan mahdolliseen savukaasujen lämmöntalteenottoon.

Työn tavoitteena on päivittää olemassa olevaa kalustoa nykypäivän mukaiseksi laitteiden hyötysuhteita tarkastelemalla. Työn tilaaja myös haluaa listan markkinoilla olevista laitteista ja hintavertailua eri toimittajien välillä. Valmis työ tulee palvelemaan yksityistä omakotitalon omistajaa ja kaikkia aiheesta kiinnostuneita. Aurinkokeräimien teho-hyötysuhde on kehittynyt merkittävästi viimeaikoina ja puhutaan noin 30 %:n hyötysuhteen paranemisesta. Myös hinnat ovat laskeneet. Tämä työ antaa hyvää tietoa uusimmasta tekniikasta.

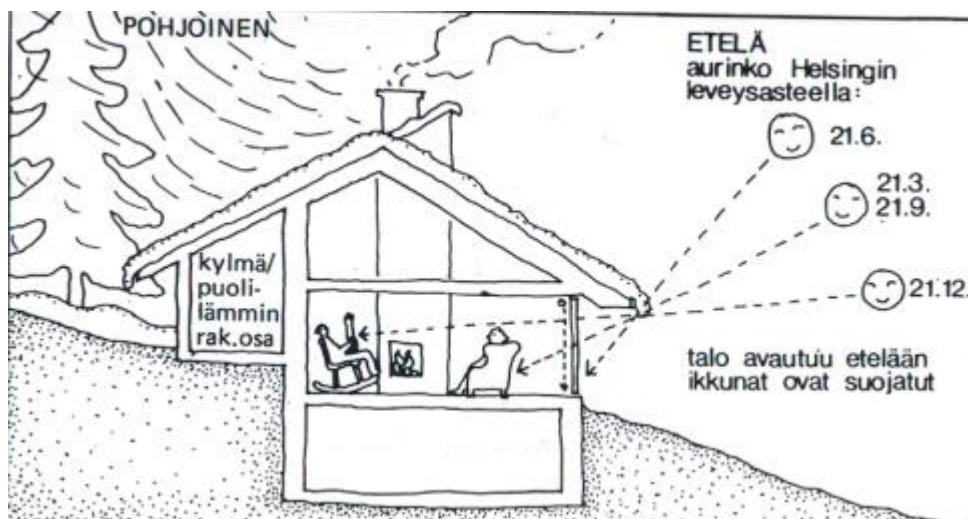
2 AURINKOLÄMPÖ

Aurinkoenergia on auringon säteilemän energian hyödyntämistä sähkö- tai lämpöenergiana. Yleensä termillä tarkoitetaan erityisesti suoraa säteilyenergian hyödyntämistä aurinkokennon tai aurinkokeräimen avulla. Suoran ja epäsuoran aurinkoenergian hyödyntämiseksi on kehitteillä näiden lisäksi monia teknisiä sovelluksia. (Aurinkoenergia 2016)

Aurinkoenergia on niin sanottua uusiutuvaa energiaa, ja sen tuotannosta syntyy päästöjä ja jätettä vain laitteiden valmistuksessa ja kierrätyksessä. Aurinkoenergia on ollut pitkään varsin kallista sen hyödyntämiseen tarkoitettujen paneelien hinnan vuoksi, mutta joidenkin tutkimusten mukaan hintakehitys on laskemassa tulevan kymmenen vuoden kuluessa fossiilisten polttoaineiden tasolle. (Aurinkoenergia 2016)

2.1 Aurinkolämmön hyödyntäminen

On olemassa sekä aktiivista että passiivista aurinkolämmön hyödyntämistä. Passiivisessa hyödyntämisessä rakennus kerää energiaa itse ja lämpö varastoituu sen rakenteisiin ilman lisälaitteita. Rakennuksen sijoittamisella on suuri merkitys ja esimerkiksi suurilla ikkunoilla etelään päin saadaan lämpöä hyvin talteen kuten kuvioista 1 nähdään. (Aurinkoteknillinen yhdistys 2008)



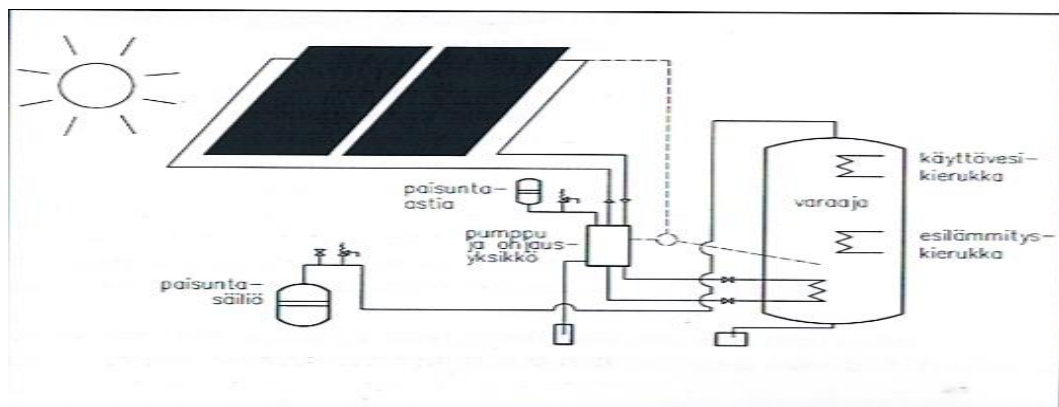
1. Passiivinen aurinkotalo hyödyntää aurinkoenergiaa ilman varsinaisia aurinkoenergian keräilylaitteita. (Aurinkoteknillinen yhdistys 2008, 53.)

Passiivisessa aurinkolämmityksessä energia kulkee ikkunoista varastoon ilman mekaanisia apukeinoja pelkästään luonnon voimalla. Passiivisessa järjestelmässä tarvitaan myös säätöjärjestelmiä, joiden avulla energian virtausta pystytään säätämään halutun mukaiseksi. Tällaisia järjestelmiä ovat erilaiset sulkujärjestelmät: kaihtimet, verhot, liukuovet ja –seinät. (Erat, Erkkilä, Nyman, Peippo, Peltola & Suokivi 2008, 52-53)

2.2 Yleiset periaatteet

Passiivisessa järjestelmässä voidaan myös tehostaa energian käyttöä mekaanisten laitteiden avulla, esimerkiksi pienellä puhaltimella. Tällaista tehostettua järjestelmää kutsutaan hybridijärjestelmäksi eli yhdistetyksi järjestelmäksi. Kun energiaa koneellisesti siirretään keräimestä varastoon ja jaetaan, puhutaan aktiivisesta aurinkolämmitysjärjestelmästä. (Erat ym. 2008, 52-53)

Tyypillisen pientalon lämmitysenergian tarve on noin 20 000KWh. Tästä n. 4000 KWh kuluu lämpimän käyttöveden valmistamiseen. Aurinkokeräimillä pyritään saamaan noin puolet tästä, jolloin aurinkoenergian osuus jää niin sanotusti 10 %:n tasolle. Matalaenergiatalossa osuus voi olla selvästi suurempikin. Aurinkolämpöjärjestelmään kuuluvat keräimet, pumppuyksikkö, ohjauksyksikkö, varaaja, lämmönsiirrin, putkisto sekä erilaiset varolaitteet ja anturit jotka on esitetty kuviossa 2. Nämä osat löytyvät vähintäänkin jokaisesta lämpöjärjestelmästä, jolla lämpöä otetaan talteen auringosta. (Erat ym. 2008, 96-97)



Kuvio 2. Aurinkolämmitysjärjestelmän periaate (Aurinkoteknillinen yhdistys 2008, 97.)

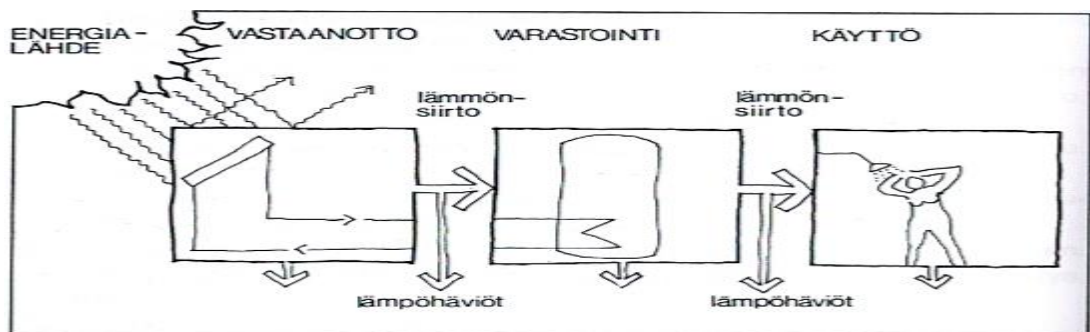
Pumppuyksikkö kierrättää lämmönsiirtonestettä keräinten ja varaajan lämmönsiirtimeen välillä. Tehtaalla on jo valmiiksi asennettu tarvittavat venttiilit, mittarit ja täyttöyhteet. Takaiskuventtiili estää varaajan jäähtymisen yöllä luonnonkierron avulla. Ohjainyksikkö seuraa järjestelmää antureiden avulla ja sillä tavoin ohjaa pumppua keräinpiirissä. (Erat ym. 2008, 96-98)

Keräinten ja varaajan välinen putkisto on lähes aina kuparia, sillä muoviputki ei kestä korkeita lämpötiloja. Putkisto eristetään korkeita lämpötiloja kestäväällä materiaalilla. Paisunta-astia on myös osa keräinpiirin putkistoa ja sen valinnassa täytyy ottaa huomioon riittävän korkea rakennepaine. Paine määräytyy järjestelmän varoventtiilin ja avautumispaineen perusteella. Varoventtiilin avautumispaine on yleensä 2-6 baria. (Erat ym. 2008, 96-98)

2.3 Aurinkokeräimet

Aurinkoenergiaa hyödyntävät järjestelmät eroavat perinteisistä järjestelmistä siten, että vuodenajan sekä sijainnin mukaan energian saanti on vaihtelevampaa. Perinteisempienkin lämmitysjärjestelmien polttoaineet ovat peräisin auringosta. Ne ovat aurinkoenergiaa, joka on ajan saatossa tiivistynyt öljyksi, hiileksi, tai maakaasuksi tai fotosynteesin kautta muuttunut orgaaniseksi aineeksi (puu, olki jne.). (Erat ym. 2008, 72)

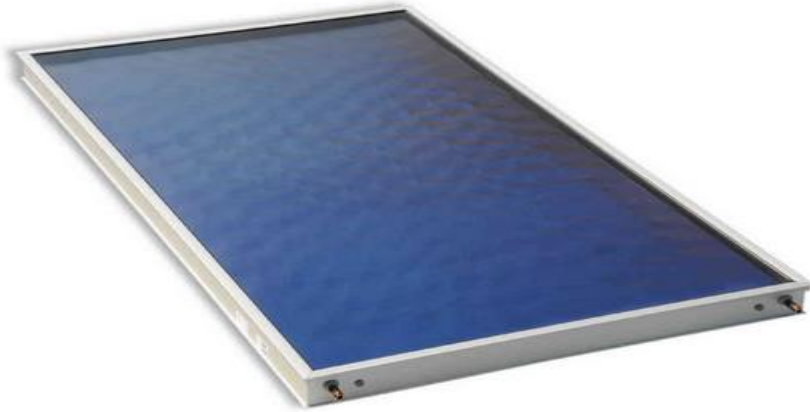
Aurinkokeräimien tehtävänä on kerätä tai vastaanottaa auringonsäteilyä ja muuttaa se lämmöksi, joka voidaan kuljettaa keräimestä ilman tai nesteen mukana joko lämpövarastoon tai suoraan käyttöön kuten kuviossa 3 on esitetty. Niinpä keräimistä käytetäänkin nimitystä neste-ilmakiertoiset keräimet. (Erat ym. 2008, 72)



Kuvio 3. Aurinkolämmitysjärjestelmän toimintaperiaate (Aurinkoteknillinen yhdistys 2008, 72.)

Nestekiertoiset keräimet voidaan jakaa kahteen päätyyppiin:

- Tasokeräin esiintyy kuvassa 1.
- Tyhjiöputkikeräin esiintyy seuraavassa kuvassa 2.



Kuva 1. Tasokeräin (Energiakauppa 2016).

Tyhjiöputkikeräimet voidaan vielä jakaa kahteen alatyypin:

- Tyhjiöputket, jossa lämmönsiirtoneste kiertää tyhjiöputkessa, u-muotoisessa putkessa mustan absorboivan pinnan alla.
- Tyhjiöputket, jossa on erillinen suljettu "heat-pipe"- lämpöputki. Heat-pipe:ssa oleva neste höyrystyy suhteellisen alhaisessa lämpötilassa ja kuljettaa sitomaansa lämpöä lämmönsiirtimeen.



Kuva 2. Tyhjiöputkikeräin (JTV-Energia)

Tyhjiöputki voi olla joko yksinkertainen tai kaksinkertainen. Nykyään on myös kolminkertaisia keräimiä. Tyhjiöputkea voidaan käyttää myös keskitettävissä keräimissä, jossa koverilla, heijastavilla pinnoilla lisätään tyhjiöputken absorbaattoripintaan tulevaa säteilyä. Aurinkolämpöjärjestelmissä yleisin keräintyyppi on ollut tasokeräin, mutta tyhjiöputkikeräinten osuus on kasvanut koko ajan. (Erat ym. 2008, 72-80)

Tyhjiöputki eroaa tasokeräimestä pääosin seuraavissa kohdissa:

- Tyhjiöputken absorptiopinta on putkimaisessa muodossa eikä suorana levynä kuten tasokeräimessä.
- Lasiputken tyhjiö toimii lämmöneristeenä ja estää siten absorboitua lämpöä karkaamasta takaisin ulkoilmaan, jolloin suurempi osa lämmöstä jää keräimeen. Tämän takia lämmöntuotto tyhjiöputkissa voi varsinkin kylminä vuodenaikoina olla korkeampi kuin tasokeräimissä. Lämpiminä vuodenaikoina, kuten kesällä, taso- ja tyhjiöputkikeräinten lämmöntuotossa ei ole kovin suuria eroja. (Erat ym. 2008, 72-80)

2.3.1 Hyötysuhteet

Aurinkoenergian hyötyyn vaikuttavat:

- keräimien sijoitus ja esteettisyys
- keräimen ominaisuudet, lasin ominaisuudet
- lämmönsiirtokyky/ominaisuus (lämmön eristys ja tiiviys)
- keräimen käyttölämpötila
- etäisyydet (keräin/varaaja), mitä pidempi etäisyys sen enempi lämpöhäviöitä
- putkien eristykset
- tarvittava lämpö- ja energiamäärä.

Ulkoiset tekijät:

- lämpötila ulkona
- tuuli ja luonnonolosuhteet sekä puun/muun varjot
- aurinko ja sen kulma keräimeen (vuodenaika ja kellonaika).

Aurinkokeräinpiirin mitoittaminen varaajan kokoon on tavallisin mitoitusperuste. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että varaajan tilavuuden on oltava vähintään 500 litraa ja varaajan mallin tulisi olla mieluiten pystymallinen, jotta varaajassa tapahtuisi nk. kerrostumista. Aktiivista aurinkokeräinpintaa tulee olla noin $1 \text{ m}^2 / 100$ litraa varaajatilavuutta. Mitoitus varaajakoon mukaan tulee useimmiten kyseeseen saneerauskohteissa, joissa on varaaja jo entuudestaan.

Aurinkokeräimen hyötysuhde q kertoo kuinka paljon energiasta saadaan hyödynnettyä, kun keräimelle tulee kohtisuoraan säteilyä auringosta. Tässä on erilaisia muuttujia kuten lämpötilaero ja säteilyteho. (Erat ym. 2008, 80-81)

Aurinkokeräimen toiminnan kannalta on erittäin tärkeää, että auringonsäteily pääsee keräimeen koko päivän. Keräimiä ei siis pidä asentaa varjoisaan paikkaan. Maan pyöriminen oman akselinsa ympäri aiheuttaa päivittäin auringon näennäisen vaeltamisen taivaan poikki. Maan kiertoliike auringon ympäri yhdistettynä ratatason ja maan akselin väliseen kallistuskulmaan aiheuttaa sen, että auringon näennäinen rata muuttuu päivittäin. Talvella auringon korkeuskulma on keskipäivällä vain 7° ja kesällä 53° (Etelä-Suomi, leveyspiiri 60°). (Aurinkoteknillinen yhdistys 2016)

Aurinkokerääjän suoritusominaisuudet voidaan kuvata ns hyötysuhdekäyrällä. Oletetaan, että auringon säteily lankeaa optimaalisessa kulmassa keräijään (90 astetta) eikä tuuli vaikuta. Käyrän avulla voidaan joka käyttötilanteessa selvittää kerääjän toimintaa eli kuinka paljon aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää. Näin huomataan, että määrättyissä olosuhteissa kerääjän hyötysuhde voi olla 0 tai teoriassa muuttua jopa negatiiviseksi. Käytännössä näin ei kuitenkaan tapahdu, koska järjestelmä pysäytetään tällaisissa tilanteissa (lämmönsiirtoainetta ei kierrätetä). Tilanteet, jolloin aurinko paistaa, mutta hyötyä ei saada, ovat

tyypillisesti esim. varhain aamulla ja myöhään iltapäivällä, kun auringon säteilyteho ei riitä, ja/tai tilanteessa, jossa säteilyteho on alhainen ja käyttö- ja ulkolämpötilan ero on suuri. Kun lämpötilaero on suuri, ovat lämpöhäviötkin suuret ja tästä johtuu, että tasokerääjillä, joissa on suuri absorptiopinta, saavutetaan parhaat hyötysuhteet alhaisilla lämpötila-alueilla. Lämmitysjärjestelmiä ajatellen tämä tarkoittaa sitä, että pitäisi käyttää lämmönjakotapoja, jotka sallivat mahdollisimman alhaisen lämpötilan. (Aurinkoteknillinen yhdistys 2016)

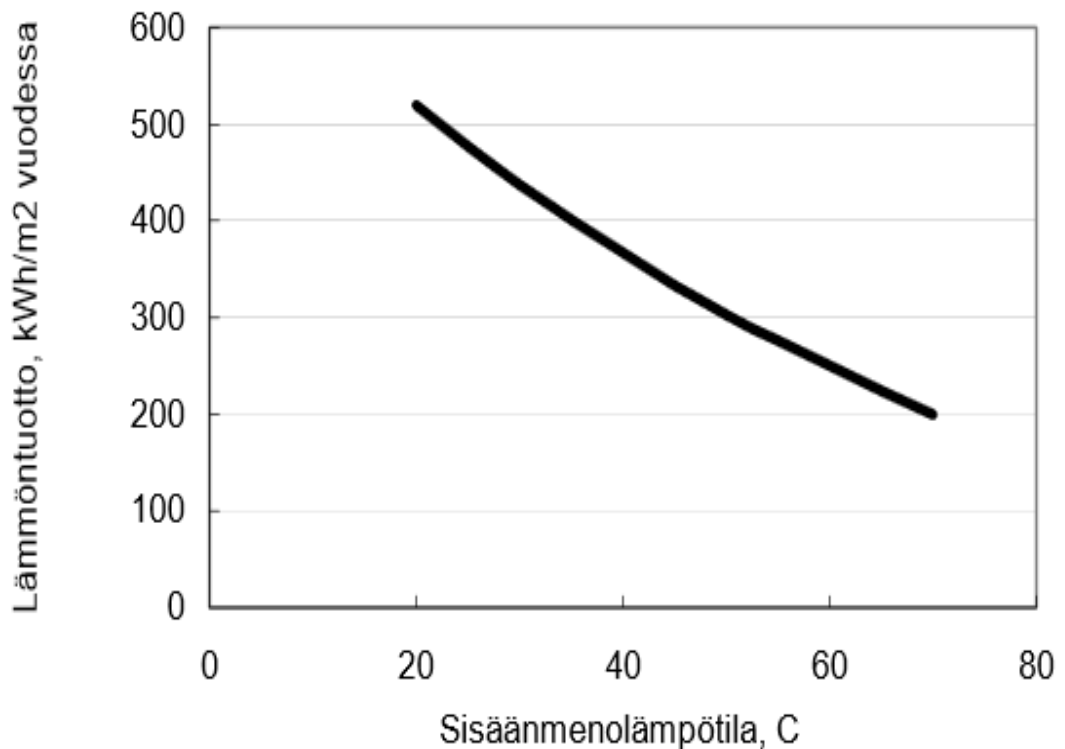
Aurinkokeräimissä voidaan käyttää lämmönsiirtoaineena joko nestettä tai ilmaa, ja keräimet voidaan siten jakaa kahteen ryhmään: neste- ja ilmakiertoisiin. Nestekeräin on lämmönsiirrin, jonka kautta virtaavalla nesteellä on hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet. Lämpö siirtyy absorptioelementistä nesteeseen, joka kuljettaa sen käyttökohteisiin tai varastoon. Yleensä lämmönsiirrin tai absorptioelementti on rakenteeltaan tiheä yhteen liitetty putkisto tai kaksinkertainen levy. Kanavisto tai putkisto on usein kytketty rinnan, ts. kiertoneste jakautuu tasan keräimen alareunasta yläreunaan meneviin putkiin. Absorptioelementin ala- ja yläreunassa ne yhtyvät kokoojaputkiin, joilla elementit liitetään yhteen. Kanavisto voidaan kytkeä myös sarjaan, jolloin neste kiertää absorptioelementtiä yhdessä pitkässä putkessa. Absorptioelementtien putkisto valmistetaan lähes poikkeuksetta kuparista, varsinainen absorptiolevy voi olla kuparin ohella myös alumiinia. (Aurinkoteknillinen yhdistys 2016)

Taulukko 1. Eräiden nesteiden lämmönsiirto-ominaisuuksia (Aurinkoteknillinen yhdistys 2008, 76.)

Aine	Viskositeetti (centipoise,cP)	Jäätympiste ° C	Kiehumispiste ° C	Suhteellinen Lämpökapasiteetti
Vesi	0,5 0,9	0	100	1
Vesi-etyleeni-glykoliseos	1,2 4,4	-36	110	0,83
Vesi-propyleeni-Glykoliseos	1,4 7,0	-31	110	0,87
Parafiiniöljy* * hyytymispiste -7 °C * leimahduspiste 190 °C * hitaan hapettumisen piste 110 °C	11			0,51
Silikonöljy	50	-84	260	0,36

Auringon säteily määrän ohella aurinkolämmön tuottoon vaikuttavat pari muuta keskeistä teknistä tekijää. Ensinnäkin aurinkokeräimen hyötysuhde on sitä parempi, mitä matalammassa lämpötilassa sitä käyttää, tätä kuvastaa kuvion 4 käyrä hyvin. Kun lämpötila kasvaa niin lämpöhäviötkin kasvavat. Esimerkiksi kylmän veden tai uima-altaan lämmittäminen on tehokasta. Karkeasti ottaen tavallinen aurinkokeräin soveltuu 40-70 °C:een lämpötilaan. Lämpötila aurinkokeräimessä voi aurinkoisena päivänä nousta jopa 100 °C:seen, jos aurinkolämpöä ei oteta talteen.

Aurinkokeräimen rakenne ja varsinkin käytettävä musta pintamateriaali vaikuttavat lämpöhäviöihin. Tavallinen mustaksi maalattu absorptiopinta luovuttaa helposti lämpöä ympäristöön. Selektiivinen pinta sen sijaan ei päästä lämpösäteilyä ulos, jolloin lämpöhäviöt pienenevät olennaisesti. Tyhjiöputkikeräimillä tuotto on 30-50 % parempi kuin tasokeräimillä, mutta hinta on myös kalliimpi.



Kuvio 4. Lämpötilan vaikutus selektiivisen aurinkokeräimen lämmön tuottoon. Aurinkokeräimen sisäänmenolämpötila pidetty kuvan mukaisessa vakioarvossa. (Solpros 2006.)

2.3.2 Keräinten sijoittaminen

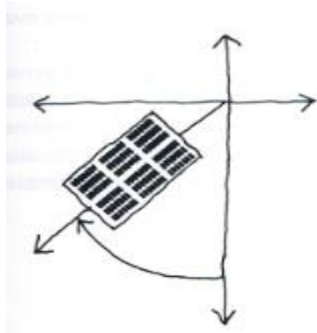
Talvella auringon korkeuskulma on aivan eri kuin kesikesällä. Sijoituspaikaa valittaessa kannattaa pitää keräimien etäisyys varaajasta mahdollisimman pienenä. Keräimet toimivat parhaiten tuulettomassa ja mahdollisimman lämpimässä paikassa, yleensä katolla. (Erat ym. 2008, 83)

Nyrkkisääntönä aurinkolämmön käyttöönottoa harkitsevalle tulisi muistuttaa, että katon pinta-alasta vähintään 10-12 neliometriä tulisi olla auringon paisteessa, joko suoraan etelään tai ainakin iltapäiväauringon puolelle, toimitusjohtaja Risto Pääjärvi Senewa Oy:stä sanoo. Puustoa ei myöskään saisi olla lämpökeräimiä varjostamassa. (rakentaja.fi 2016)

Keräimet tulisi sijoittaa lähelle harjakorkeutta. Mitä ylempänä keräimet ovat, sitä vähemmän niitä yleensä mikään varjostaa. Ylempänä harjakorkeudessa ei myöskään ole läpivientejä, jolloin aurinkolämpöpiiri on helpommin putkitettavissa. Toisaalta keräinten sijoittaminen lähelle harjakorkeutta on myös puhtaasti arkkitehtoninen ja visuaalinen asia. (Rakentaja.fi 2016)

2.3.3 Keräinten suuntaus

Kuvioon 5 on merkitty suuntauskulma, joka on keräimen pinnalle asetetun normaalin vaakatasoprojektion ja etelän välinen kulma. Kallistuskulma taas on keräimen pinnan ja vaakatason välinen kulma. Parhaaksi asennussuunnaksi valitaan etelä (pohjoisella pallonpuoliskolla), mutta paras kallistuskulma riippuu ympäristöstä ja mitä asiaa halutaan painottaa. Koko vuoden tuoton ollessa kyseessä valitaan kallistuskulmaksi Suomessa yleensä 45 astetta. (Erat ym. 2008, 83-84)



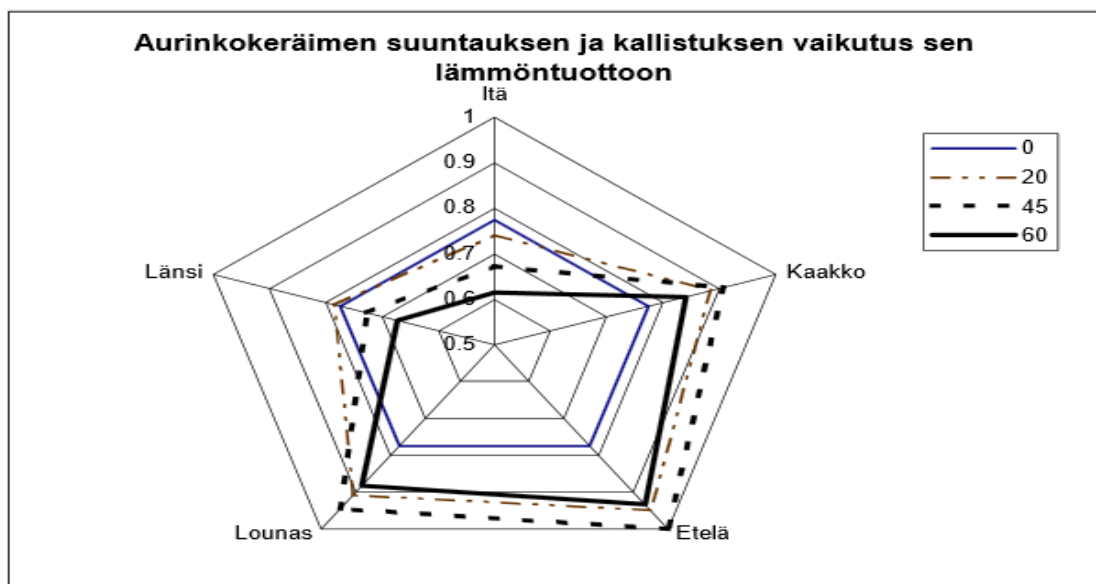
Kuvio 5. Keräimen suuntaus. (Aurinkoteknillinen yhdistys 2008, 83.)

Auringonsäteilyä saadaan parhaiten eteläsuunnasta. Pienet poikkeamat eivät merkittävästi vaikuta saatavaan auringon säteilyyn. Ilmansuunnat lounaasta kaakkoon ovat hyviä. Jos aurinkokeräin on suunnattu etelä-itä –sektoriin, tuottaa se paremmin lämpöä aamupäivällä ja vastaavasti etelä-länsi-sektori antaa paremman tuoton iltapäivällä. (Solpros 2006)

Aurinkokeräin kallistetaan mielellään vähintään 22-25 asteen kulmaan lumikuormasta johtuen. Pienen kallistuskulman yhteydessä keräimet eivät välttämättä puhdistu itsestään ja lika jää lasipinnalle. Pientalon katon kallistus on usein riittävä aurinkokeräimen rakentamiseksi sen päälle. Pieni kallistus lisää

aurinkolämmön tuottoa keskikesällä ja suuri kallistus antaa suhteessa enemmän keväällä ja syksyllä. Pystypinta tuottaa enemmän talvella, mutta silloin aurinko paistaa muuten hyvin vähän. (Solpros 2006)

Aurinkokeräinten optimaalinen suuntaus on suoraan etelään ja kallistus 30-60°. Näistä arvoista poikkeaminen pienentää aurinkoenergian saatavuutta. Suuntauspoikkeama $\pm 45^\circ$ etelästä (lounas-kaakko) pienentää aurinkokeräimien vuosituottoa 10 %. Kallistuskulma on 30-60° ja suuntaus etelään $\pm 30^\circ$ antaa suurinpiirtein saman vuosituoton. Kuviossa 6 on havainnollistettu kulmien vaikutusta. (Solpros 2006)



Kuvio 6. Aurinkokeräimen suuntauksen ja kallistuskulman vaikutus vuosittaiseen lämmön tuottoon. 1=paras tuotto (=300-400 kWh/m²vuodessa) (Solpros 2006.)

3 PUUN KÄYTTÖ LÄMMITYKSESSÄ

Tällä hetkellä puun osuus omakotitalojen, maatilojen ja vapaa-ajan asuntojen lämmitysenergiasta on jo yli 40 %. Sähkö ja öljy ovat menettäneet jatkuvasti suosiotaan lämmitysenergiana: vuonna 2012 niiden osuus oli noin 20 %. Lämmitysmuotoja tulee koko ajan lisää ja uusimpia niistä ovat kaukolämpö, aurinkolämpö, maalämpö ja muut harvinaisemmat lämmitysmuodot. Tosin kaukolämpöäkin valmistetaan usein puusta tai muusta biomassaan pohjautuvista lähteistä. Myöskin säädettävyys ja automatiikka lisäävät puun käyttöä. (Perälä 2012, 23-24)

3.1 Puu polttoaineena

Puu on hyvä polttoaine, koska se on uusiutuvaa ja sitä on helposti saatavilla sekä kotimaisuusaste on täysi. Puun kuiva-aineen lämpöarvo on 18,3-20,0 MJ/Kg eli 5,1-5,6 KWh/Kg. Puun lämpöarvo on siis pienempi verrattuna muihin kiinteisiin polttoaineisiin ja tämän vuoksi varastointitilaa tarvitaan myös enemmän.

Hyviä syytä lämmittää puulla:

- ilmaston lämpeneminen hidastuu
- energiaa vapautuu muuhun käyttöön
- puu on monelle lähes ilmaista (oma metsäpalsta)
- puunkeruu ja puilla lämmittäminen on mukavaa
- puulämpö antaa kodikkuutta
- puulämpö uunissa tai hellassa tarjoaa ruuantekopaikan
- puunkeruu hoitaa metsää. (Perälä 2012, 24-25)

3.2 Tulisijat

Tulisijat ovat kehittyneet koko ajan päästömääriltään pieniksi ja hyötysuhteeltaan hyväksi. Valmistulisijan CE- merkintä kertoo muun muassa savukaasujen lämpötilan, lämmönvarauskyvyn, lämmön luovutuksen prosentti-aika- suhteen, hyötysuhteen ja tietysti soveltuvan polttoaineen. (Perälä 2012, 143)

Polttopuun kulutukseen vaikuttaa paitsi tulisijan varauskyky, myös asunnon kyky pitää aikaansaatu lämpö sisällään. NykYTEKNIKALLA on mahdollista rakentaa asuntoja, joissa lämpöä pääsee hukkaan vain vähän. Tuuletuksessa poistuvasta ilmasta on mahdollista ottaa talteen jopa enemmän lämpöenergiaa kuin siinä on sisälle tullessaan ollut. (Perälä 2012, 143)

Erilaiset tulisijat voidaan jakaa ryhmiin monella eri tavalla:

- takat ja uunit
- kamiinat
- kiukaat
- vesipadat
- vedenlämmittimet. (Perälä 2012, 150-164)

3.3 Puukeskuslämmitys

Aikaisemmin puukeskuslämmityksessä tulta pidettiin yllä koko ajan kuten kuvassa 3, eikä ollut varaajia. Tämä vaati puiden lisäystä yölläkin ja itse tehoa säädettiin kattilan alaluukkua nostamalla tai laskemalla primäärivetoa muuttaen. Säädön suoritti termostaattijousi, joka tutkaili veden lämpötilaa itse kattilassa. Nostoketjun pituuden säätelyllä saatiin teho säädettyä sen hetken lämmitystarpeen mukaan sopivaksi. Tätä työlästä menetelmää voi suoraan verrata uunilämmitykseen ja varsinkin vähäisellä vedolla tulen palaminen aiheutti nokeentumista sekä pikeentymistä. (Perälä 2012, 165-166)



Kuva 3. Vanha keskuslämmityskattila. (Perälä 2012, 165.)

3.3.1 Teho

Keskukslämmityskattiloiden tehot ovat kymmenistä kilowateista aina sataan kilowattiin, jopa tehokkaampiinkin. Näin suuren tehon käyttäminen jatkuvasti ei tule kysymykseen, kattilaa poltetaan yleensä täysi pesällinen kerrallaan. Lämpöä varataan vesivaraajaan, josta sitä purkaantuu tasaisesti vuorokaudesta useampaan päivään. Omakotitalokattilaan mahtuu yleensä puuta sadasta kolmeensataan litraan. Pienemmissä varaajissa puuta voidaan polttaa myös vajaita pesällisiä, riippuen varaajan koosta. (Perälä 2012, 165)

3.3.2 Nykypäivä

Vesivaraajia käytetään muutamasta sadasta aina useamman tuhannen litran tilavuuksiin. Varaaja lämmitetään muutaman päivän välein ja päivittäinkin kovilla pakkasilla tehokkaalla tulella ilman vedon pihistelyä. Kun haluttu lämpötila on saavutettu varaajassa, voidaan veto sulkea kokonaan. Puun lisäämistä yöllä ei tarvita ja keskukslämmityskattilan palamista ohjataan automaattisesti. Ilmaa syötetään vapaasti tai puhaltimen avulla. Automaatiikka sammuttaa tulen automaattisesti, kun lämpötila varaajassa uhkaa nousta liian korkeaksi. Järjestelmä vaatii erillisen pannuhuoneen ja vesikierron lämmitettävään kohteeseen. (Perälä 2012,165)

3.3.3 Lämmityskulut

Verrattuna sähkö- ja öljylämmitykseen säästö voi olla hyvinkin merkittävä, mikäli on mahdollisuus hankkia polttopuita omatoimisesti tai edullisesti suoraan puuntoimittajilta. Nykyisille keskukslämmityskattiloille luvataan jopa yli 90 prosentin hyötysuhde ja kattilat liitetään yleensä vesivaraajaan. Edelleen kattilaan on liitettävissä erillinen säiliö lämpimälle käyttövedelle. Myös lämpöpumppujen ja aurinkoenergian keräämien yhdistäminen on mahdollista. (Perälä 2012,165-166)

4 LÄMMÖN TALTEENOTTO SAVUKAASUISTA

LTO:lla tarkoitetaan jäteilmasta talteen otettavaa hukkalämpöä. Tämä talteen otettu energia välitetään lämmöntalteenottojärjestelmällä esimerkiksi tuloilman tai lämpimän käyttöveden lämmitykseen ja tällä tavoin saadaan säästettyä lämmityskustannuksissa.

Lämmöntalteenottoon on useampia tapoja, kuten levylämmönvaihdin, pyörivä lämmönvaihdin tai vesi-glykoli-kiertoinen lämmöntalteenotto järjestelmä. Levylämmönvaihtimen toiminta perustuu lämmön johtumiseen seinämän läpi, kun taas regeneraattorissa lämmön siirtyminen tapahtuu ison kiekon avulla. Vesi-Glykoli järjestelmä koostuu kahdesta erillisestä lämmönvaihtimesta, joita yhdistää vesi-glykoli-kiertoinen putkisto. (Tuominen 2010)

4.1 Teoriaa savukaasujen lämmöntalteenotosta

Savukaasujen lämpöä voidaan ottaa talteen erilaisilla vesikiertojärjestelmillä. LTO-piippua käytetään usein yhdessä aurinkolämmön kanssa. Silloin kun lämpöä ei saada auringosta, voidaan käyttövettä lämmittää LTO-piipulla muuten hukkaan menevällä energialla. (Rakennusmaailma 2013)

Kun arvioidaan savukaasujen mukana hukkaantuvan energian määrää, olisi etenkin avotakkojen kohdalla talteenoton määrää lisättävä huomattavasti. Suurempi hyöty kuitenkin saataisiin, jos liesien, kiukaiden ja varaavien tulisijojen savukaasuista saataisiin otettua lämpöä talteen. Näitä tulisijoja on käytössä olennaisesti enemmän kuin avotakkoja. (Rakennusmaailma 2013)

4.2 Valmiit ratkaisut

Savukaasujen mukana taivaalle haihtuvaa energiaa voidaan ottaa talteen tarkoitusta varten kehitetyllä talteenottopiipulla tai piippuvaraajalla. Kotimaisia valmistajia on olemassa ainakin kaksi: Hormiproffa ja Härmä Air.

4.2.1 Vesikiertoinen aktiivipiippu

Härmä Air on kehittänyt Finelmon kanssa moduulirakenteisen lämpöä talteenottavan vesikiertoisen valmisiipun, jota kuva 4 esittää. Siihen voidaan helposti liittää kaikki tulisijat. Vesi kiertää ja lämpenee savupiippumoduulissa,

josta lämmennyt vesi siirtyy putkistoa pitkin lämminvesivaraajaan. Lämpöenergiaa syntyy varaajaan jo muutaman minuutin kuluttua sytytyksestä, ja sitä voidaan hyödyntää lattia- ja patteriverkostoon ja käyttöveteen.



Kuva 4. Vesikiertoinen aktiivipiippu. (Lehtinen 2016, 23.)

Aktiivipiippu parantaa tulisijojen hyötysuhdetta ja vähentää ostoenergiakuluja. Hormi tuottaa 100-300 l (+58°C) käyttövettä lämmityskerralla. Kuvassa 5 on havainnollistettu kolmen vesikiertoisen aktiivipiipun ja aurinkokeräimen liittäminen hybridivaraajaan ja lämpimän veden käyttökohteita. (Härmä Air 2009)



Kuva 5. Havainnekuva vesikiertoisesta aktiivipiipusta paljussa, saunassa ja tulisijassa. (Härmä Air 2009.)

Kuviossa 7 esitetään Härmä Airin vesikiertoisen aktiivipiipun kytkentä hybridivaraajaan.



Kuvio 7. Vesikiertoisen aktiivipiipun kytkentä hybridivaraajaan. (Härmä Air 2009.)

4.2.2 Hormiproffan lämpöhormi

Lämpöhormilla saadaan edullista lämpöä hormista vesivaraajaan. Lämpöhormi on ulkonäöllisesti teräshormin kaltainen ja se sopii kaikkiin normaaleihin tulisijoihin (uunit, takat, kamiinat, kiukaat) tavallisen teräshormin asemasta. Lämpöhormi voidaan asentaa myös vesitakkaan - tällöin esimerkiksi varaavasta vesitakasta saatava lämpöenergia veteen yleensä noin tuplaantuu. (Hormiproffa 2016)

Lämpöhormi on integroitu Hormiproffan teräshormiin muodostaen lämmöntalteenottojakson. Talteenottojakson alapäässä on liitäntäyhteet, joista talteenotto kytketään hybridivaraajaan (kuviossa 7). Lämmönvaihdin on rakennettu hormin ympärille ja näin hormin seinämä toimii savusta veteen lämmönvaihtopintana. Patentoidun rakenteen ansiosta veden kierto hormissa on optimaalinen ajatellen lämmönsiirtoa ja lämmöneristystä. Kun takkaan sytytetään tuli, savukaasut lämmittävät hormiputken ympärillä olevan lämmönvaihtimen ja ohjausyksikkö käynnistää lämmön siirron hormilta varaajaan. Hiilloksen

sammuttua hormin ja varaajan lämpötilat asettuvat samalle tasolle ja ohjausyksikkö pysäyttää kierron. (Hormiproffa 2016)

HormiProffalla on vankka kokemus hormin lämmöntalteenotosta. Patentoitu lämpöhormi on altistettu useille testeille, mm. paine- ja paloturvallisuustesteille sekä lämmöntalteenottokokeille. Hormiproffan Lämpöhormi on markkinoiden paloturvallisimpia hormoneja. Pitkän tuotekehityksen tuloksena Lämpöhormi on vakiinnuttanut nykyisen muotonsa ja rakenteensa. Jokainen lämmöntalteenottoyksikkö testataan ennen toimitusta. (Hormiproffa 2016)

Lämpöhormin ratkaisu on ekologinen, koska se säästää poltettavaa puuta ja sitä kautta myös ympäristöä. Kuvassa 6 on esitetty piipusta otettu talteenottojakso.



Kuva 6. Lämpöhormin talteenottojakso. (Hormiproffa. 2016.)

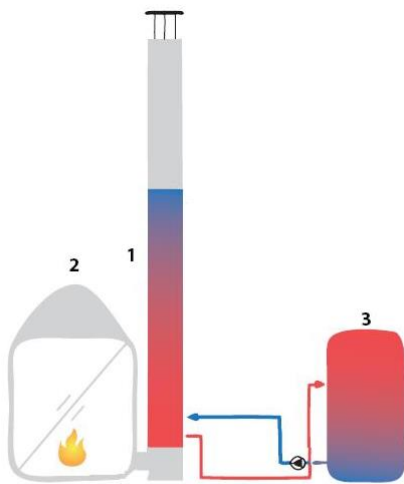
Lämpöhormin teknisiä tietoja:

- lämpötilaluokka T600
- hormin halkaisija 150 tai 200 mm
- hormiston suurin ulkohalkaisija 330 mm (200 mm hormi)
- materiaalit: hormi ruostumatonta terästä, paloeriste kivivillaa ja ulkokuori sinkittyä peltiä, joka on pulverimaalattu (harjattu RST-kuori lisähintaan)
- liitäntä tulisijaan päältä tai sivulta. Hormiin voidaan liittää enintään kaksi samaa polttoainetta käyttävää tulisijaa samassa kerroksessa, kun hormi on mitoitettu molempien tulisijojen yhtäaikaiselle käytölle ja molemmissa tulisijoissa on omat sulkupellit. (Hormiproffa 2016)

Talteenottolaite:

- pituus: 2 m
- sovite: integroitu HormiProffan teräshormijaksoon
- materiaali: ruostumaton teräs/haponkestävä teräs
- talteenottoteho n. 60 – 70 % savukaasujen lämpötehosta (teho tulisijasta ja polttohetkestä riippuen keskimäärin 10 – 20 kW)
- lämpöliitännät sijoitettu talteenottojakson alareunaan (SK 1/2")
- ilmausyhde jakson alareunassa (SK 1/8")
- anturitasku jakson alareunassa (6 mm anturille)
- anturikaapeli 2 kertainen heikkovirta kaapeli esimerkiksi KLMA 2x0,75 mm².

Kuviossa 8 nähdään hormiproffan kytkentäkaavio tulisijaan/varaajaan (Hormiproffa 2016).



- 1) Lämmöntalteenottopiippu
- 2) Tulisija
- 3) Hybridivaraaja

Kuvio 8. Hormiproffan kytkentäkaavio. (Hormiproffa. 2016.)

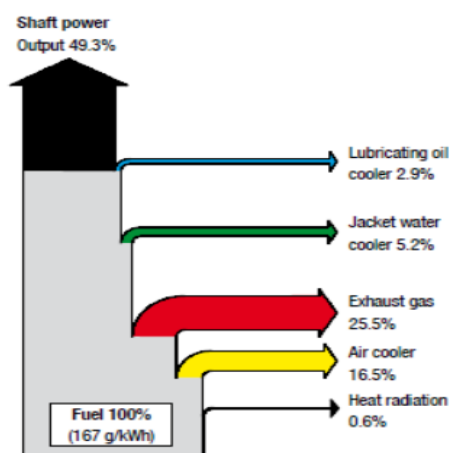
4.2.3 Pakokaasun lämmönvaihtimet

Hukkalämpö (engl. Waste Heat) on lämpöä, jota syntyy esimerkiksi polttoaineen palaessa tai kemiallisessa reaktiossa. Hukkalämpö käsitetään yleisesti ottaen mekaanisen työn tai sähköntuotannon sivutuotteena. Monille järjestelmille on termodynamiikan lakien mukaan välttämätöntä tuottaa lämpöä varsinaisen työn ohella. Yleisiä hukka-lämmön lähteitä ovat voimalaitokset, erilaiset ajoneuvot, öljynjalostus, terästeollisuus.

Modernit laivamoottorit ovat kehitystyön tuloksena saavuttaneet hyötysuhteen, jossa polttoaineen sisältämästä energiasta saadaan hyödynnettyä noin 50 prosenttia. Loput 50 prosenttia polttoaineen energiasta menetetään lämpöhäviöinä, jotka on esitetty sankey-diagrammina kuviossa 9.

Prosentuaalisesti polttomoottorien lämpöhäviöt jakautuvat seuraavasti:

- pakokaasut 25,5%
- huuhteluilman jäähditys 16,5 %
- jäähdytysvesi 5,2%
- voiteluöljy 2,9%
- lämpösäteily 0,6%.

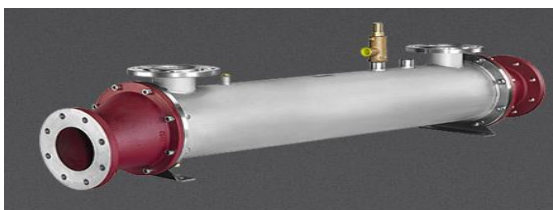


Kuvio 9. Sankey-diagrammi polttomoottorin lämpöhäviöistä. (Lajunen 2015, 9.)

Lämpöhäviöitä tarkasteltaessa on helppo todeta, että pakokaasuja syntyy runsaasti ja niiden sisältämä lämpö- sekä liike-energia ovat houkuttelevia kohteita sähköntuotannon kannalta. Pakokaasujen sisältämä lämpöenergia on lämmönvaihtimien avulla muutettavissa höyryksi ja sitä kautta mekaaniseksi liikkeeksi pyörittämään turbiinia. Pakokaasujen massavirta on jo itsessään liike-energiaa ja tämä liike-energia on helposti hyödynnettävissä turbiinin avulla.. WHR- järjestelmissä käytetyillä pakokaasukattiloilla kyetään tuottamaan höyryä noin 40 kuutiota tunnissa. Esimerkiksi suomalaiset kuluttavat ihmistä kohdin keskimäärin 56 kuutiota vuodessa, tämän vesimäärän höyrystämiseen kuluisi aikaa noin puolitoista tuntia. (Lajunen 2015, 9)

Bowmanin pakokaasun lämmönvaihtimet on suunniteltu ottamaan talteen lämpöenergiaa pakokaasuista maakaasu-, diesel ja bio-moottoreissa , siirtämällä pakokaasujen hukkalämpöä veteen. Talteenotettua lämpöä voidaan käyttää lämmitykseen, lämpimän veden tuottoon tai teolliseen prosessiin joka vaatii kuumaa vettä. Esim. voimalaitoksissa saadaan suurempi lämpöenergiamäärä talteen. (Bowman. 2016)

Lämmönvaihtimet ovat rakennettu kokonaan ruostumattomasta teräksestä ja päätykappaleet ovat valurautaa mahdollistaen käytön Diesel polttoaineella, biokaasulla ja maakaasulla. Pakokaasunlämmönvaihdin malleja löytyy kattamaan sähkön-, energian- ja lämmön tuotantolaitoksia (CHP) jotka ovat yhteisteholtaan 10 kW - 1MW , tästä on esitys kuvassa 7. (Bowman. 2016)



Kuva 7. Pakokaasun lämmönvaihdin. (Bowman. 2016.)

Lämmöntalteenotto savukaasuista voidaan asentaa jokaiseen tulisijaan. Lämmönvaihdin varaa hukkalämmön veteen. Ruostumaton laite voi lämmittää sekä kattilaveden että myös käyttöveden. Lämmöntalteenotto savukaasuista voi tehostaa kattilan toimintaa ja paluuv veden voi esilämmittää laitteessa. (Profil 2016)

5 TOIMEKSIANTAJAN OMAKOTITALO

Taloa ei ole kytketty yleiseen sähköverkkoon ja talon sähköistys hoidetaan akustolla ja invertterijärjestelmällä. Akkuja ladataan aurinkopaneeleilla ja aggregaatilla. Lämmintä vettä tuotetaan aurinkokeräimillä ja puilla. Talossa on lisäksi varaava uuni. Energiayhtiön suuren liittymishinnan (74 000 € vuonna 2013) vuoksi taloa ei ole liitetty verkkoon.

Omakotitalo ja muut rakennukset on sähköistetty normaalisti kuten yleensä. Kaikki sähkö otetaan akuista invertterien kautta. Kohteessa voidaan käyttää 3-vaihe järjestelmää (porakaivon pumppu) ja johdotukset on toteutettu 230 V:n mukaisesti.

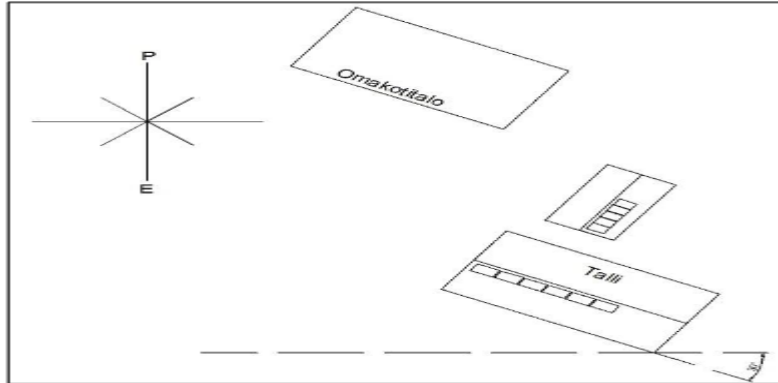
5.1 Nykyiset laitteet ja järjestelmä

Omakotitalon lisäksi tontilla sijaitsee iso talli, sekä pienempi rakennus, johon on sijoitettu energian tuotantolaitteista suurin osa, kuten kuvasta 8 nähdään.



Kuva 8. Rakennukset tontilla. (Tuulas 2015, 49.)

Kuviosta 10 nähdään rakennusten sijoittuminen ilmansuuntiin nähden. Aurinko paistaa kohtisuoraan aurinkopaneeleihin välillä 13.00-14.00. Järjestelmä on rakennettu laadukkaista laitteista ja ne on hankittu osittain Sun-tekno Oy:n kautta.



Kuvio 10. Kohde ja ilmansuunnat. (Tuulas 2015, 50.)

Sähkönkulutuksen pienentämiseksi omakotitaloon on hankittu kaasulla toimivat liesitasot ja jääkaappi. Valaistus on toteutettu pitkälti led-tekniikkaa hyödyntäen. Suurimpia lyhytaikaisia sähkönkuluttajia ovat tiskikone ja pyykinpesukone. Taulukossa 2 on listattuna laitteet työn alkutilanteessa, ennen muutoksia.

Taulukko 2. Päälaitteet

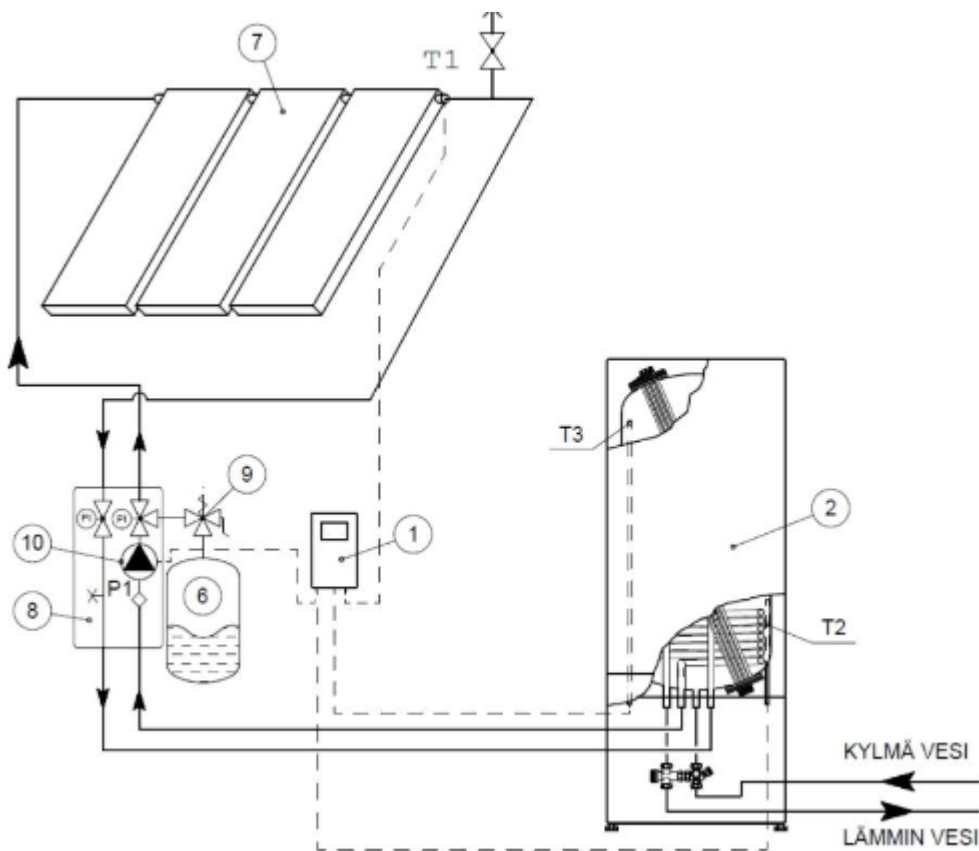
Laite	Malli/Tyyppi	Teho/Kapasiteetti	Kpl
Aurinkopaneelit	HJM195M-24	195W/Paneeli	6
Lataussäädin	Tristar TS-60 PWM	60A	1
Aurinkokeräimet	Jäspi Solar SU+VIP	9.36m ²	5
Keräimien ohjausyksikkö	Jäspi SCU 10	KV-pumppu 80W	1
Akut	Hawker, AGM 2V,450Ah	1350Ah	36
Diesel aggregaatti	Himoinsa HYW-20 T5	16kW	1
Invertterit	Victon Energy Multi-Plus 24V/5000VA/120A	4500W	3
Puukattila	Arterm 240	20-40KW	1
Lämminvesivaraaja	Arimax 1850	1800 litraa	1
Kaivopumppu			1
Kiertovesipumppu	Grundfos ALPHA 1	5-22W	1
Varaava uuni			1

Auringon paistaessa rinnankytketyt aurinkopaneelit syöttävät tehon lataussäätimelle. Siirtojohtimien materiaali on alumiini ja pituus on yhteensä 36 m, sekä poikkipinta-ala $A=35 \text{ mm}^2$. Lataussäädin on ohjelmoitu lataamaan 24 V akkujärjestelmää ja säätää latausvirran tarpeen mukaan. Lataussäädin syöttää latausvirran akkujen ja invertterien väliin, joten akut latautuvat, vaikka invertterit olisivatkin pois päältä. Invertterien ollessa pois päältä akuilta ei purkaannu virtaa mihinkään, koska järjestelmässä ei ole laitteita, jotka käyttävät suoraan 24 V jännitettä. (Tuulas 2015, 51)

Diesel-aggregaatilla voidaan ladata akkuja ja käyttää myös lämminvesivaraajan 6 kW:n lämmitysvastuksia. Aggregaatilta tulee jokaiselle Multiplus-invertterille yksi vaihe, jonka jännite on 230 V. Multiplus toimii myös akkujen lataajana. Suurin latausvirta on 120 A/laitte. Victron Energyn monipuolisella konfigurointiohjelmalla voi muuttaa esimerkiksi Multiplus-invertterin latausvirtoja ja latausjännitteitä. Kolmella Multiplus-invertterillä luotu kolmivaihejärjestelmä rakennetaan myös ohjelman avulla. Suurimman osan perusasetuksista voi tehdä myös dip-kytkimillä mutta konfigurointi-ohjelma on ilmainen ja ladattavissa Victron energyn sivuilta. PC:n ja Multiplus-invertterin väliin tarvitaan RS232-USB muunnin. (Tuulas 2015, 51)

Lämminvesivaraajaa lämmitetään pääasiassa puukattilalla ja aurinkokeräimillä, mutta aggregaatin ollessa käynnissä, voidaan käyttää myös 6 kW:n lämmitysvastusta. Lämmitysvastuksia on lämminvesivaraajassa 3 kappaletta ja kaikki ovat 6 kW, mutta niitä ei voi kaikkia pitää päällä samanaikaisesti. Aggregaatti käy raskaasti jo silloin, kun kaksi lämmitysvastusta on päällä ja samalla ladataan akkuja. Kaivon kolmivaihepumppu muutettiin viime syksynä suoraan aggregaatin perään, koska se aiheuttaa liikaa käyttökatkoksia koneille (akut eivät enään varaa, jännite on koko ajan liian matalalla ja pumppu ottaa liian suuren käynnistysvirran). Auringon säteet lämmittävät piirin nestettä aurinkokeräimissä, ja lämpötila-anturin T1 arvon ollessa yli T2 arvon ohjausyksikkö 1 käynnistää pumpun P1. Lämpötila-anturi T2 on sijoitettuna lämminvesivaraajaan lähelle ns. aurinkokierukkaa. Lämminvesivaraajan lämpötila lähestyy aurinkokeräimen lämpötilaa, jolloin se pysäyttää pumpun. Keräinpiirin toiminta on piirretty kuvioon 11.

Nykyään ainoa kolmivaihejärjestelmää tarvitseva laite on kaivopumppu. Omakotitalossa oli ensin käytössä sähköliesi, mutta sähkön kulutus oli sen verran suurta, että akut tyhjenivät hyvin nopeasti. Sen jälkeen on asennettu kaasulla toimiva liesi ja samalla myös kaasujääkaappi. Kolmen multiplus-invertterin ollessa valmiustilassa, eli ilman kuormaa, niiden mitattu kulutus on noin 100 W. Ohjekirjan mukaan yhden Multiplus-invertterin tyhjäkäyntikulutus on 25 W. Inverttereillä on oma hyötysuhteensa eri tuottotehoille, joten kulutuslaskelmiin lasketaan vähintään tuo yllämainittu valmiustilan kulutus. Näin saadaan arvioitua tarkemmin vuorokausikulutusta.



Kuvio 11. Aurinkokeräinpiirin toiminta . (Tuulas 2015, 53.)

5.2 Puun kulutus

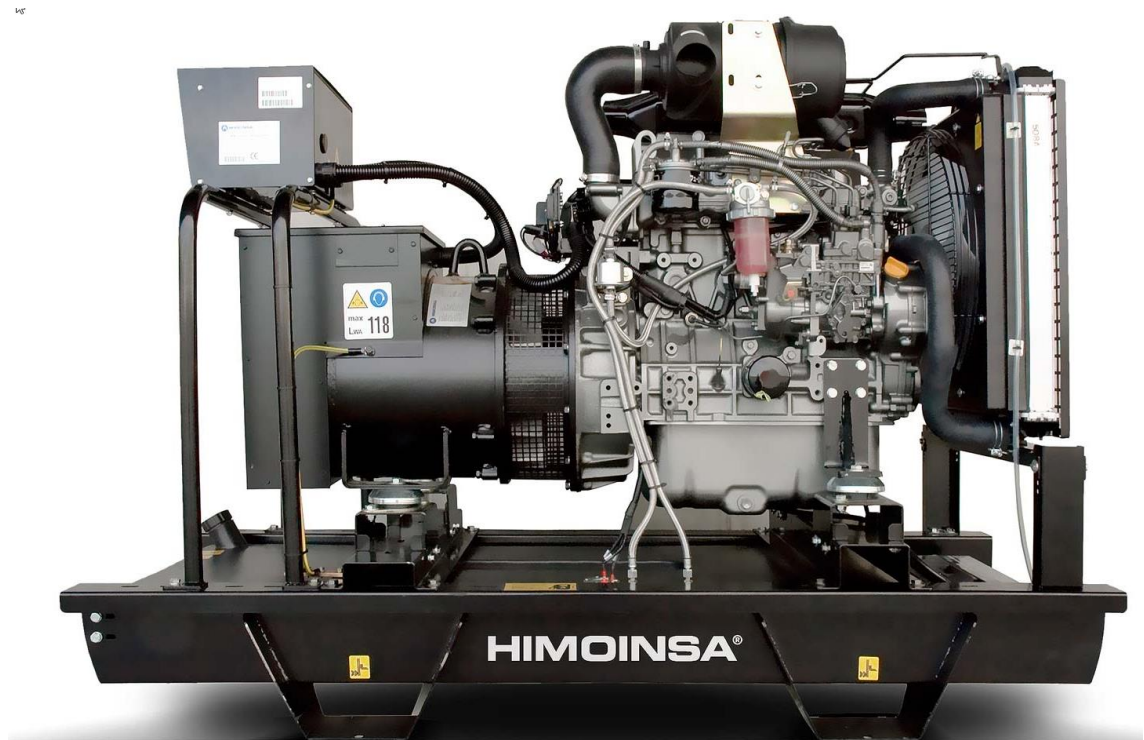
Puuta on kulunut yhteensä noin 20-25 kiintokuutiota vuodessa eikä kulutus ole pienentynyt kattilan vaihdon jälkeenkään. Talossa on myös käytössä leivinuuni. Kohteessa on käytössä Arimax-240 yläpalokattila, joka on monipuolinen puukattila. Kattilassa voidaan polttaa 50 cm halkoja, klapeja ja palavia talousjätteitä. Kaikki luukut sijaitsevat etupuolella, joten laitetta on helppo käyttää.

Täyttö sujuu kätevästi leveän luukun ansiosta ja puhdistusta nopeuttaa irrotettava tuhkalaatikko. Pienten rakennemittojen ansiosta yläpalokattila mahtuu ahtaisiin tiloihin ja se sopii erinomaisesti esim. täydentämään varaavaa sähkölämmitystä. Luukut ovat saranoidut ja niiden kätisyys on vaihdettavissa käyttökohteeseen sopivaksi.

Arimax 240 yläpalokattila on markkinoiden ainoa yläpalokattila, joka on varustettu kolmella vesijäähdytteisellä konvektorilla. Tavallisesti konvektoreja on vain kaksi. Kolmen konvektorin ansiosta lämpöä siirtävä tulipinta on siis kolmanneksen suurempi, joten savukaasuhäviö jää pienemmäksi ja saat paremman hyötysuhteen. Arimax 240:n avulla säästetään puita ja lämmitystyöhön kuluva aikaa. (Taloon.com 2016)

5.3 Öljyn kulutus

Polttoainekustannukset ovat olleet noin 400 €/kk talvella, kevät-kesä-syysy 50-200 €/kk ja aggregaattia on käytetty keskimäärin 7 tuntia päivässä. Diesel-aggregaatilla voidaan ladata akkuja ja käyttää myös lämminvesivaraajan 6 kW:n lämmitysvastuksia. Diesel aggregaatin malli on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Himoinsa HYW-20 T5, 16KW. (Himoinsa the energy. 2016.)

6 PARANNUSEHDOTUS

Kohteessa oli puunkulutus suuri (noin 20-25 m³/vuosi), vaikka lämmityskattila oli vaihdettu uuteen viime vuonna. Tästä huolimatta puunkulutus on pysynyt samana. Aloituspalaverissa tulikin esille mahdollisen puukattilan ja lämminvesivaraajan siirto talon yhteyteen.

Työn tarkoitus oli tutkia aurinkokeräimien hintavertailua sekä valita kohteeseen parhaiten soveltuvat keräimet (hyötysuhde/käyttötarkoitus) mukaan. Myös aurinkokeräimien sijoitus oli pohdinnan kohteena, ottaen huomioon talon mahdollisen liittymisen sähköverkkoon.

Lämmöntalteenottoa aggregaatin savukaasuista oli mitattu jo aikaisemmin lämpötilan osalta ja se oli yli 200°C:een luokkaa. Selvitin myös lämmöntalteenoton ratkaisuja tähän liittyen. Tarkoituksena on yhdistää kaikki laitteistot samaan hybridivaraajaan. Tämän varaajan on tarkoituksena tuottaa lämmintä käyttövettä sekä mahdollistaa kosteiden tilojen lattialämmitys kesäaikaan.

6.1 Nykyisten aurinkokeräimien päivitys uudempiin

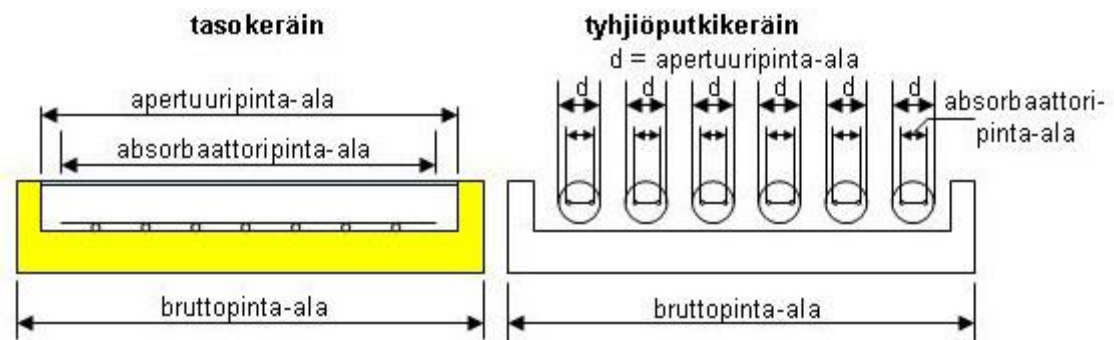
Joskus aurinkokeräimistä kiinnostuneen maallikon on vaikeaa ymmärtää, mihin ominaisuuksiin kannattaisi kiinnittää huomiota aurinkokeräintä valittaessa. Kauppateksteissä vilisee runsaasti teknisiä termejä kuten pinta-ala (brutto-, apertuuri- ja absorbaattoripinta-ala), hyötysuhde, absorptio, emissiokerroin sekä keräimen maksimilämpötila ja vuosituotto (joka saattaa kuulostaa huiman suurelta, usein yli 700 kWh/m²/vuosi). Samat arvot voidaan ilmoittaa monin eri tavoin, mikä hämmentää kuluttajaa entisestään. Lisäksi ilmoitetut arvot on saatettu mitata tarkoitushakuisesti eivätkä ne siten vastaa keräimen todellista tehoa tavallisessa käytössä. Aurinkokeräimen ostamista harkitsevalta puuttuvatkin yhteismitalliset suureet, joiden avulla hän voisi vertailla keräinten tuottoa eri olosuhteissa. Suomessa maksimituotto on yleensä korkeintaan 400 kWh/m²/vuosi (tasokeräin) ja 500/m²/vuosi (tyhjöputkikeräin). (Energiakauppa.com 2016)

Parhaita työvälineitä keräinten vertailuun on keräimen hyötysuhdekäyrästä riippuva tehokäyrä. Se ilmoitetaan yleensä W/keräinmoduuli, mutta vertailun

helpottamiseksi sen voi ilmoittaa myös W/m^2 . Kohdepinta-alana on tällöin apertuuripinta-ala. Keräimen tehokäyrä voidaan laskea viiden arvon avulla, joista kolme on ilmoitettu valmiiksi suurimmassa osassa Euroopassa myytävistä keräimistä. Saksalaiset ja sveitsiläiset tutkimuslaitokset kuten esim. SPF Rapperswil (www.solarenergy.ch), ISE Fraunhofer (www.ise.fhg.de) ja ISFH Hameln (www.isfh.de) varmistavat, täyttävätkö aurinkokeräimet EU-normin DIN EN 12975. Ne mittaavat sitä varten keräinten optisen hyötysuhteen (η), lineaarisen lämmönläpäisykertoimen ($k_1(a_1)$) ja toisen potenssin lämmönläpäisykertoimen ($k_2(a_2)$). Näiden mittaustulosten lisäksi tehokäyrän laskemiseen tarvitaan enää aurinkosäteilyn teho (W/m^2) sekä keräimen ja ympäristön välinen lämpötilaero DT (K).

Keräimen pinta-alojen laskenta on esitetty kuviossa 12.

1. bruttopinta-ala (keräimen ulkomitta: pituus x leveys)
2. apertuuripinta-ala (lasiaukonpinta-ala)
3. absorbaattoripinta-ala (tasokeräimessä toimiva pinta-ala)



Kuvio 12. Keräimen tehovertailuun käytetään yleisesti apertuuripinta-alaa. (Energiakauppa 2016.)

Tasokeräimissä pinta-alan laskeminen on hyvin yksinkertaista:

leveys x pituus = pinta-ala.

Jos tyhjiöputkikeräimen absorbaattori on sylinterinmuotoinen, pinta-ala on laskettava eri tavalla. Heijastimetön putkikeräin ei pysty käytännössä tuottamaan energiaa koko pinta-alallaan, koska aurinko ei tietenkään yllä varjon puolelle.

Tyhjiöputken bruttopinta-ala: leveys x pituus = bruttopinta-ala.

Apertuuripinta-ala heijastimettomassa tyhjiöputkikeräimessä: putken pituus (- varjostavat osat, kuten putkipidikkeet) x putken ulkohalkaisija x putkien lukumäärä.

Apertuuripinta-ala heijastimella varustetussa tyhjiöputkikeräimessä: heijastimen leveys x pituus (- varjostavat osat, kuten putkipidikkeet).

Absorbaattoripinta-ala sylinterinmuotoisessa absorbaattorissa: absorbaattorin halkaisija x p x absorbaattorin pituus x putkien lukumäärä. Myös monesti mainittu ajatus 360°:een keräyskulmasta on käytännössä hyödytön. Aurinkosäteilyä pohjoisen suunnasta ei yleensä voida hyödyntää, koska talon katto on keräimen ja auringon välissä. Myöskään aamu- ja iltaurinko eivät tuota merkittävää lisähyötyä, sillä aurinko osuu ainoastaan yhteen keräimen putkista. (Energiakauppa 2016)

Seuraavalla kaavalla lasketaan keräimen hyötysuhde:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \frac{\Delta T}{E_e} - k_2 \frac{\Delta T^2}{E_e} \quad (1)$$

missä

η_0	on	keräinten optinen hyötysuhde
K_1	on	lineaarinen lämmönläpäisykerroin
K_2	on	toisen potenssin lämmönläpäisykerroin
E_e	on	aurinkosäteilyn teho
ΔT	on	keräimen ja ympäristön välinen lämpötilaero.

Hyötysuhde kannattaa laskea monella eri säteilyn voimakkuudella ja lämpötilaerolla jotta saadaan useampi hyötysuhdekäyrä, jotka yhdessä selittävät keräimen suorituskyvyn eri olosuhteissa. (Energiakauppa 2016)

Keräimen hyötysuhde ja tehokäyrät ovat puhtaita matemaattisia suhteita, joka kertovat täsmällisesti keräimen ominaisuudet ja suorituskyvyn. Nämä tulokset ovat toistettavissa, koska kaavat ja lähtötiedot pysyvät samoina. Pelkästään

niiden avulla ei voida kuitenkaan päätellä keräimen todellista tuottoa. Järjestelmiä on niin monenlaisia, että esimerkiksi reilusti ylimitoitetussa käyttövesijärjestelmässä tietyn keräimen neliömetrituotto on vain 250 kWh/m²/a, vaikka alimitoitetussa esilämmitysjärjestelmässä sama keräin tuottaa 450 kWh/m²/a. Vertailukelpoisten simulaatioiden kannalta pitäisi ensin luoda standardit, joiden mukaan määritellään energiankulutus, energiankäyttöprofiili, keräimen ja varaajan koko, taustahäviöt varaajasta ja putkilinjasta sekä muut oleelliset seikat (Energiakauppa.com 2016).

Taulukko 3. Tehokäyrät eri keräimistä (Energiakauppa 2016.)

Simulaatiotulos	Tehokäyrät (pdf)	Vuosituotto
Tasokeräimiä		
Wagner & Co Euro C20 AR	Euro C20AR	384 kWh/m ² /a
Wagner & Co Euro C20 HTF	Euro C20 HTF	363 kWh/m ² /a
ESTEC FK 6250 Prestige	FK 6250 Prestige	342 kWh/m ² /a
Sonnenkraft SK 500 N	SK 500 N	336 kWh/m ² /a
BMK Watt 3000 S	Watt 3000 S	332 kWh/m ² /a
DeDietrich Pro 2.3	DeDietrich Pro 2.3	332 kWh/m ² /a
Hewalex KS 2000 SP	Hewalex KS 2000 SP	329 kWh/m ² /a
DeDietrich NEO 2.1	DeDietrich NEO 2.1	327 kWh/m ² /a
Tyhjiöputkikeräimiä		
Jiangsu Sunrain TZ58	TZ58-1800-25R	389 kWh/m ² /a
Shentai SCM 20	SCM 20	367 kWh/m ² /a
Tyhjiöputkikeräin heijastimella		
AMK OPC 15	OPC 15	433 kWh/m ² /a

Tässä työssä oli tarkoituksena tutkia korvaavia aurinkokeräimiä vanhojen tasokeräimien tilalle ja kerätä hintatietoutta uusimmista/tehokkaammista laitteista, sekä valikoida paras sijaintipaikka keräimille.

Aurinkokeräinten vuosituottoon vaikuttaa suuresti keräinten sijoitus ja suuntaus. Paras saanto saadaan, kun keräimet suunnataan etelään ja kallistetaan 30-60

asteen kulmaan. Näistä arvoista poikkeaminen vähentää saantoa. Talvisin, kun aurinko paistaa matalammalta, saadaan jyrkemmällä kallistuksella parempi saanto. Vastaavasti kesäisin auringon paistaessa korkeammalta, tulisi keräimen kallistuksen olla pienempi. Lisäksi Suomen oloissa keräimet on hyvä kallistaa vähintään 22-25 asteen kulmaan, jotta lumi ei kertyisi niiden päälle. Yleensä keräimet ovat katon suuntaisesti, kuten kuvassa 10. (Solpros 2006)

Tyhjiöputkiin perustuva aurinkokeräin on paras vaihtoehto, jos haluaa lämmönlähteen joka on teknisesti kehittynyt. Tyhjiöputkiaurinkokeräimissä on erittäin hyvä hyötysuhde ja lämmöntuotto myös kylmissä olosuhteissa. Auringon säteily läpäisee tyhjiöputken uloimman lasin ja osuu sisemmän lasiputken pinnalla olevaan valikoivaan mustaan keräinpintaan, jonka pinnoite absorboi tehokkaasti aurinkosäteitä kuin termospullo: lämpö ei pääse katoamaan. (Solpros 2006)



Kuva 10. Tyhjiöputkikeräin (kylpyhuonemarket.fi 2016.)

TP-keräin on kevyt ja sillä on tyylikäs matala profiili.

- erinomainen lämmöntuotto

- high-tech rakenne ja teknologia
- korkea hyötysuhde vuoden ympäri
- kaikki materiaalit kierrätyskelpoisia
- optimaalinen toiminta aamusta iltaan
- laadukkaat käyttömateriaalit
- kevyt ja tyylikäs rakenne
- modulaarinen järjestelmä
- järjestelmä helposti laajennettavissa
- uusiin ja vanhoihin rakennuksiin
- asennus alle vuorokaudessa
- asennus tavallisilla työkaluilla (ei juotoksia eikä hitsauksia)
- ei muutoksia talon rakenteessa.

Tyhjiöputkikeräimen käyttömahdollisuudet ovat :

- käyttöveden lämmittäminen
- asuintilojen lämmittäminen
- omakotitalot, kerrostalot, hotellit, mökit, rivitalot, leirintäalueet jne.

Parhaimpien aurinkolämpöä keräävien laitteistojen kokonaishyötysuhde on nykyisin 50-60% paikalla vallitsevasta säteilytehosta. Jos käyttöön otetaan lisäksi biomassa, pystytään hyödyntämään luonnon oman aurinkoenergian "akkua". Tähän haasteeseen vastaa parhaiten hybridilämmitys.

Yli puolen vuoden ajan kaikki tarvittava lämpö saadaan aurinkokeräimistä. Ne keräävät lämpöä infrapunäsäteilystä myös pilvipeitteen läpi. Mikäli horisontti etelään on avoin, toimivat keräimet ympäri vuoden. Myöhäis syksyllä , talvella ja keväällä ne toimivat tilanteen mukaan tehokkaimmin yhdessä "ilmasta veteen"

lämpöpumpun kanssa. Lämpöpumput käyttävät erityisesti kylmiin olosuhteisiin suunniteltua EVI-tekniikkaa ja tuottavat lämpöä vielä -25°C:ssa.

6.2 Lämmöntalteenoton suunnitelma

Lämmön talteenotto savukaasuista voidaan asentaa jokaiseen tulisijaan. Lämmönvaihdin varaa hukkalämmön veteen ja ruostumaton laite voi lämmitellä sekä kattilaveden että käyttöveden. Seuraavat tulisijat voidaan varustaa savukaasujen talteenotolla: puukiuas, kamiina, puuhella, uuni, takka, liesikamina. Lämmön talteenotto voi myös tehostaa puukattilan ja öljykattilan toimintaa-paluuveden voi esilämmittää laitteessa. Muita erikoiskohteita ovat polttomootorit, kaasulaitteet ja viemäri.

Tässä työssä keskitytään pakokaasun lämmönvaihtimeen ja lämpöenergian talteenottoon diesel-aggregaatista, joka siirtää pakokaasujen hukkalämpöä veteen. Tätä talteenotettua lämpöä voidaan käyttää lämpimän veden tuottoon. Bowmanin lämmönvaihtimet on valmistettu kokonaan ruostumattomasta teräksestä, niinpä ne soveltuvat myös lämpimään käyttövedeen. Pakokaasun lämmönvaihtimet ovat teholtaan 10 KW-1 MW. Tässä työssä oli myös tarkoitus hankkia pienempi varaaja sekä uusille aurinkokeräimille että aggregaatin pakokaasulämmönvaihtimelle. Olen myös tässä ohessa tutkinut eri ratkaisuja savukaasujen talteenotosta eri savupiippuratkaisuilla.

6.3 Hintavertailua eri vaihtoehdoille

Tiedustelussani sain tarjouksia eri tyyppisistä aurinkokeräimistä, varaajista sekä pakokaasun lämmönvaihtimista. Kaikki aurinkokeräimet olivat tyhjiöputkikeräimiä ja niiden tekniset tiedot poikkesivat toisistaan. Liitteessä 1 on lueteltu tarjouksien perusteella otetut keräimet sekä varaajat, jotka ovat erityyppisiä kuin NN-10HP. Aurinkopuiston keräimet ovat kiinalaisia keräimiä ja mitatut tulokset ovat ulkopuolisen mittajaan suorittamia. Htt-20 keräimistä ei ollut saatavilla myöskään paljoakaan tietoa, vaikka kyselin suoraan valmistajalta. Laitoin NN-10HP keräimien tarjoukset samaan liitteeseen 2 ja tein tarjouksen yhdenvertaiseksi kappalemäärien sekä tarvikkeiden osalta. Tarjouksia on helpompi vertailla keskenään, kun ne ovat samankaltaisia. Taulukossa 4 on lueteltu tekniset tiedot NN-10 HP keräimille.

Toiseen hintavertailuun otin pelkästään aggregaatin pakokaasun lämmönvaihtimet ja niiden tarjoukset on koottu liitteeseen 3. Näin on helpompi verrata keskenään eri osa-alueita. Työn tilaaja sitten itse päättää mitä hän ostaa ja liitteistä on helppo lukea eri vaihtoehdot.

Taulukko 4. NN10-HP Tyhjiöputkikeräin

Tekniset tiedot:

Mitat	2210 x 880 x 162	mm
Teho	0,77	n0
	1,546	k1
	0,005	k2
Vuosituotto	630	kWh/m ²
Absorbaatiopinta-ala	0,931	m ²
Kokonaispinta-ala	1,945	m ²
Max. käyttöpaine	6	bar
Max. käyttölämpötila	169,5	°C
Nestetilavuus	0,55	litraa
Omapaino	32	kg
Tyhjiöputkien lkm	10	kpl
Konversiokerroin	84,9	%
Takuu	5	vuotta

7 TULEVAISUUS

Talo tullaan tulevaisuudessa liittämään sähköverkkoon, kunhan liittämämaksu tulee halpenemaan. Työn tässä vaiheessa sähköverkkoon liittyminen on vain ajan kysymys, sillä toimeksiantaja odottaa juuri tarjousta sähköyhtiöltä. Aloituspalaverissa keskusteltiin eri lämmitysratkaisuista sähköverkkoon liittymisen jälkeen.

Varaaja tulee sijoitetuksi talon yhteyteen ja näin ollen leivinuunista ja saunan kiukaasta voidaan ottaa lämpöä talteen lämmöntalteenottopiipulla (Hormiproffa ja Härmä-Air). Putkiston osalta lämpöhäviöt pienenevät näin huomattavasti, mutta siitä huolimatta puukattilaa voidaan käyttää normaalisti varaajan lämmitykseen. Putkistoon ei täten karkaa hukkalämpöä, muuten kuin lämmityksen aikana.

7.1 Miten hyödyntää uusia ideoita

Aurinkopaneelien tuottama ylimääräinen sähkö voidaan myydä sähköyhtiölle, jos ei itse tule käytettyä kaikkea tuottoa hyväksi. Energiatehokkuus ja käytön edullisuus ovat ratkaisevia tekijöitä hybridijärjestelmää valittaessa. Hybridijärjestelmäkokonaisuus täytyy miettiä tarkasti, koska järjestelmien tulee toimia sujuvasti myös rinnakkain. Varsinkin uusissa kohteissa, joissa aiempaa ratkaisua ei vielä ole, hybridit pyritään valitsemaan niin, että niiden käyttökustannukset tulevat ympärivuotisesti mahdollisimman pieniksi. Olisi hyvä miettiä myös järjestelmän takaisinmaksuaikaa. Lämmön- ja jäähdytyksentuottotavan valinnan yhteydessä pyritään myös hieman ennakoimaan tulevaa, eli mietitään pidemmällä aikavälillä lämmitys- ja jäähdytysmuodon kustannuksia esimerkiksi tilastojen perusteella.

Saneeratuissa kohteissa hybridit yleensä koostuvat vanhoista päivitetystä lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmistä ja uusista niihin liitetyistä usein uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvista järjestelmistä. Esimerkkinä kaukolämmitysjärjestelmään voi olla liitettynä maalämpö. Hybridiratkaisut pientaloille voivat olla hyvin erimuotoisia ja aikaisempi lämmitysjärjestelmä pyritään säilyttämään ja sisällyttämään uuteen ratkaisuun, jos se vain on mahdollista ja järkevää.

7.2 Maalämpö

Maalämmössä hyödynnetään maaperän pintakerrokseen, kallioperään tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Talteenottotapana on lämmönkeruupiiri, joka on joko kallioon porattu lämpökaivo, noin metrin syvyyteen asennettu vaakaputkisto tai vesistöön upotettu keruuputkisto.

Keruuputkistossa on jäätymätöntä nestettä, joka lämpenee muutamia asteita matkansa aikana. Nesteestä saatava lämpö höyrystää kylmäaineen, joka kiertää lämpöpumpussa. Höyrystyneen kylmäaineen paine nostetaan kompressorilla, jolloin lämpötila nousee. Lopuksi kylmäaine jäähtyy lämpöpumpun lauhduttimessa takaisin nesteeksi, jolloin luovutettava lämpö sitoutuu lämpimään käyttöveteen tai talon lämpöverkkoon.

Parhaimman hyötysuhteen maalämpö antaa käytettynä yhdessä vesikiertoisien lattialämmityksen kanssa. Maalämpö voi toimia pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä, kun lämpöpumpussa on joko tarpeeksi laaja lämmönkeruupiiri tai vastukset lisälämmitystä varten, jolloin myös lämmin käyttövesi yleensä tuotetaan lämpöpumpun avulla. (Motiva.fi 2014)

Maalämmön hinta koostuu maalämpöpumpusta, lämpökaivon porauksesta, asennustöistä ja kytkennöistä lämmönjakoverkoston ja mahdollisista vanhan lämmityslaitteiston purkutöistä. Uudiskohteen rakentamisen yhteydessä asennettu maalämpö on yleensä edullisempi kuin remontoitavan kohteen maalämpö.

Tyypillisesti omakotitaloon tehtävä maalämpöprojekti on kokonaiskustannuksiltaan noin 15 000 – 25 000 euroa riippuen kohteesta. Lattialämmitys on kaikkein energiatehokkain vesikiertoinen lämmitystapa maalämpöpumpun kanssa, mutta remonttikohteissa kannattaa yleensä hyödyntää jo olemassa oleva vesikiertoinen patteriverkosto. Takaisinmaksuaika on pitkä johtuen alkuinvestoinneista sekä laitteiston huoltotoimista.

7.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu (eli ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP) on uusi lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Kompressorilla voidaan lämmittää myös tilojen lämmitys- ja käyttövesi noin +50 celciusasteen tasolle saakka, minkä ylimenevä osa on lämmitettävä esimerkiksi sähkövastuksella.

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan hoitaa koko talon lämmitystarve, mutta se tarvitsee kylmimpiä aikoja varten varajärjestelmän. Ilma-vesilämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput. Siinä on kaksi lämmönvaihdinta: höyrystin ja lauhdutin.

On huomattava, että ulkolämpötilan laskiessa ilma-vesilämpöpumpulla saatava lämmitysenergian määrä ja laitteen hyötysuhde laskevat. Ilma-vesilämpöpumppu antaa noin 50 prosenttia vähemmän tehoa -20 celciusasteen kelillä kuin +7 celciusasteen lämpötilassa, jossa laitteiden tehot yleensä ilmoitetaan (niin sanottu nimellisteho, standardin EN 14511 mukaan). Markkinoilla on tosin tarjolla myös ratkaisuja, joilla pääsee alempiinkin lämpötiloihin ja lämpöpumpputeknologia kehittyy koko ajan. Rakennuksen vuotuinen energiankulutus ja huipputehontarve lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuottamisessa antavat pohjan lämpöpumppumitoitukselle.

-20 celciusasteen pakkasilla laadukkaan ja uudehkon ilma-vesilämpöpumpun lämpökerroin on useimmiten lattialämmityksen yhteydessä noin 1,4-1,8 kun sulatusjaksot on huomioitu. Vesipatterilämmityksen korkeamman lämpötila-alueen olosuhteissa vanhemmilla tai huonosti pakkasolosuhteisiin soveltuvilla ilma-vesilämpöpumpuilla lämpökerroin voi tippua kovimmilla pakkasilla sähkölämmityksen tasolle. Laitekohtaiset energiatehokkuuserot ovat suuria.

Ilma-vesilämpöpumppu tuottaa vähiten energiaa silloin kun lämmitystarve on suurimmillaan, järjestelmä tarvitsee rinnalleen täydelle lämmitystarpeelle mitoitettun toisen lämmitysjärjestelmän. Yleensä varalämmitysjärjestelmänä käytetään ilma-vesilämpöpumpun omia sähkövastuksia, joilla lämmitystarve katetaan kovimpien pakkasten aikana. Lämmityskauden aikana on kuitenkin vain

vähän sellaisia päiviä, jolloin ilma-vesilämpöpumppu ei riitä. Talossa, jossa on ilma-vesilämpöpumppu, puun käyttö kovien pakkasten aikana on tehokas tapa vähentää ostettavan sähköenergian määrää.

UVLP on hyvä ratkaisu silloin, kun ei voida tehdä maalämmön vaatimaa vaakaputkistoa tai lämpökaivoa. Investointi on yleensä maalämpöä halvempi, mutta investointiero riippuu monesta asiasta. Investoinnin suuruus vaihtelee yleensä noin 7 000-14 000 euron välillä tyypillisessä pientalossa. Toisaalta UVLP antaa maalämpöä vähemmän ilmaisenergiaa vuositasolla. Etelä-Suomen lauhemmat sääalueet ovat laitteen energiatehokkuuden kannalta suotuisampia kuin pohjoisemman Suomen olosuhteet.

Ilma-vesi-lämpöpumpun etuna verrattuna maalämpöpumppuun on halvempi hankintahinta sekä se, että se voidaan asentaa sellaisiin kohteisiin, joihin maalämpöpumpun asennus ei maaperän laadusta johtuen ole mahdollista. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa helposti myös olemassa olevaan taloon, jolloin se voidaan asentaa vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle tai rinnalle. UVLP voidaan myös kytkeä niin sanottuun hybridikäyttöön esimerkiksi olemassa olevan öljylämmityksen tueksi, jolloin öljykattila lämmittää talon kylmimmillä keleillä ja tarvittaessa tukee UVLP:tä.

Korkea menoveden lämpötila heikentää lämpöpumpun antotehoa ja hyötysuhdetta. Siksi lattialämmitys on selvästi patteriverkkoa sopivampi lämmönjakoverkko UVLP:n yhteyteen. On huomioitava, että useilla UVLP-malleilla yli +50 celsiusasteen lämmöntuotanto tilojen lämmitys- ja käyttövesipuolelle on ongelmallista. Käyttövesi ja osan vuodesta myös lämmityspatterit tarvitsevat tätä korkeamman lämpötilan. Lämpötila nostetaan useimmiten vesivaraajan sähkövastuksella. (Motiva 2016)

8 POHDINTA

Lämmitysjärjestelmän tarkastelu oli ensimmäinen lopputyön aihe, jota Ari Pikkarainen ehdotti. Innostuin heti aiheesta, koska minulla ei ollut silloisen työni ohella mitään lopputyöaiheita tarjolla. Sukulaisilla on samankaltaisia lämmitysratkaisuja omissa taloissaan ja tämä innosti minua itseäni sekä erästä tuttavaani perehtymään aiheeseen mielenkiinnolla.

Aihe oli kriittinen puunkulutuksen kannalta ja ymmärtääkseni myös sähköntuotannon näkökulmasta. Työn tarkoituksena oli vertailla aurinkokeräimiä keskenään sekä niiden sijoitusta ympäristöön nähden. Tyhjiöputkikeräimet osoittautuivat tehokkaimmiksi keräimiksi. Lasiputken tyhjiö toimii lämmöneristeenä sekä estää siten absorboitua lämpöä karkaamasta takaisin ulkoilmaan, jolloin suurempi osa lämmöstä jää keräimeen. Tämän takia lämmöntuotto tyhjiöputkissa voi varsinkin kylminä vuodenaikoina olla korkeampi kuin tasokeräimissä.

Työssä oli myös tarkoituksena hyödyntää aggregaatin pakokaasuista lämmöntalteenottoa ja tähän tarkoitukseen olevia lämmönvaihtimia oli erittäin vähän tarjolla markkinoilla. Pakokaasujen lämmöntalteenotto sekä aurinkokeräimien tuotto oli tarkoituksena liittää pienempään varaajaan. Tarkoituksena oli tuottaa lämmintä käyttövettä sekä mahdollisesti vesikieroista lattialämmitystä kosteissa tiloissa kesäaikaan mahdollisimman vähällä puunkulutuksella. Varaajien vertailu jäi vähäisemmälle osalle tässä työssä, mutta tarkoituksena oli myös huomioida talon liittyminen sähköverkkoon. Hybridivaraajat osoittautuivat parhaaksi vaihtoehdoksi ja ne voidaan myös tulevaisuudessa liittää esimerkiksi maalämpöön.

Käydään läpi koko kartoituksen tila työn suunnitteluvaiheesta aina loppuun asti. Aloitin työn joulukuussa, kun sain Tiina Vakkalalta toimeksiannon, jonka Lapin Ammattikorkeakoulu hyväksyi. Minulla oli hyvää aikaa alusta asti paneutua kartoitukseen, joten työ eteni heti alusta asti jouhevasti. Tammikuun aloituspalaverin jälkeen aloin perehtymään nykyiseen laitteistoon ja näistä kokosin taulukon excel-tiedostoksi. Kun käytössä olevat laitteet oli kirjattu, niin kävin paikan päällä tutustumassa laitteistoon.

Kun lähtökohta oli selvillä, aloin selvittää perustietoutta aurinkokeräämistä, savukaasujen lämmöntalteenotosta sekä varaajista. Etsin tietoutta alan kirjoista, internetin julkaisuista ja eri lehtiartikkeleista. Tämän jälkeen tein tarjouskyselyjä eri toimittajille ja sain viisi eri tarjousta tyhiöputkikeräinjärjestelmistä sekä varaajista. Aggregaatin pakokaasun lämmönvaihtimista sain myös kaksi eri tarjousta.

Lämmöntalteenoton ideoita oli useita, joista osan jo mainitsin. Työn lopussa tutkin myös eri lämmitysjärjestelmiä, jotka voitaisiin yhdistää samaan hybridivaraajaan kuin nykyiset laitteet. Tulevaisuuden näkymät ovat erittäin mielenkiintoisia sähköverkkoon yhdistymisen jälkeen lämmitysjärjestelmien koko ajan kehittyessä. Olen edelleen todella tyytyväinen aihevalintaani ja kartoituksen lopputulokseen. Aihe ei ollut helppo, enkä sellaista toivonutkaan. Toivottavasti työstä on hyötyä puunkulutuksen vähentämiseksi ja laitteiston kehittämiseen toimivammaksi. Henkilökohtaisesti panostin tähän työhön paljon, joten uskon sen hyödyntävän muitakin.

LÄHTEET

Ariterm.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 25.1.2016. <http://www.ariterm.fi/>

Aurinkoenergia.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 2.1.2016.
<http://www.aurinkoenergia.fi/>

Aurinkoteknillinenyhdistys.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 25.2.2016.
http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi?page_id=168.

Bowman.fi 2016. Internet sivut. Viitattu 21.2.2016.
<http://www.bowman.fi/tuotteet/marine-lammonvaihtimet/>

Energiakauppa.com 2016. Internet-sivut. Viitattu 17.1.2006.
<http://www.energiakauppa.com/>

Erat, Erkkilä, Nyman, Peippo, Peltola & Suokivi 2008, 52-53, 96-98.

Himoinsa 2016. Modelo HYW-20 T5. Viitattu 19.2.2016

Hormiproffa.com 2016. Internet-sivut. Viitattu 20.2.2016.
<http://www.hormiproffa.com/>

<http://www.harmaair.com/download.php?type=material&file=2606a-78230-899f0-7fdcf-1bd5b-cea75-57-snucbb.pdf&name=WATER.pdf>. Viitattu 5.2.2016.

Härmä Air 2009. Water. Viitattu 5.2.2016. <http://www.harmaair.com/>

JTV-Energia.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 23.3.2016. <http://www.jtv-energia.fi/HP-kerain.html>

Kylpyhuonemarket.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 5.4.2016.
<http://www.kylpyhuonemarket.fi/Tyhjioeputkikeraein-44M2>

Lajunen, J. 2015. Hukkalämmön talteenotto ja hyötykäyttö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

Lehtinen, A. 2016. Tulisijojen lämmön talteenotto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

Motiva.fi 2014. Internet-sivut. Viitattu 17.3.2016.
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu

Motiva.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 17.3.2016.
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp

Perälä, O. 2012. Puulämmitäjän käsikirja. Hämeenlinna: Karisto.

Profil.fi 2016. Internet- sivut. Viitattu 22.2.2016. <http://www.profil.fi/>

Rakennusmaailma 2013. Lämpöä varaajaan savukaasuista LTO-piipulla. Talotekniikka/lämmitys 12.02.2013.

Rakentaja.fi 2016. Internet-sivut. Viitattu 27.2.2016.
http://www.rakentaja.fi/artikkelit/966/aurinkolampoa_voi_hyodyntaa.htm.

Solpros ay 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. Viitattu 26.2.2016. <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>

Taloon.com 2016. Internet-sivut. Viitattu 6.1.2016. <http://www.taloon.com/>

Tuominen, K. 2010. Lämmöntalteenoton mahdollisuuksien selvitys. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

LIITTEET

- Liite 1. Tarjous eri keräintyypeistä, kuin NN-10HP
- Liite 2. Tarjous NN 10-HP keräimistä, sekä tarjouksien yhdenvertaisuus
- Liite 3. Tarjous pakokaasun lämmönvaihtimista sekä teknisiä tietoja
- Liite 4. Kuva tarjotusta pakokaasu lämmönvaihtimesta

Liite 1 1 (4) Tarjous eri keräintyypeistä, kuin NN-10HP

Tarjouksen tekijä	Harmiton Oy			Aurinkopuisto		
	Tarjouksen sisältämät tuotteet	Määrä	Hinta	Tarjouksen sisältämät	Määrä	Hinta
Keräimet	Tyhjiöputkikeräin HTTP-20 (8*20)	8	5 920,00 €	aurinkolämmityspaketti 90 putkea (3*30 putkea)	1	3 050,00 €
	Automaatiikka (täydellisesti varusteltu pumppuryhmä, jossa integroitu automatiikka ja elektroninen virtausmittari		720,00 €			
Liittimet	Putkiston liittimet	4	80,00 €			
Lämmönsiirtoneste	ei sis.					
Rahti	ei sis.			Rahtikulut	1	248,00 €
Putkisto	putkisto 20jm. (aerogel eristetty rst. Kaksoisputki jossa anturikaapelointi		620,00 €	Lämmönsiirtonesteen putki 3/4" (meno-paluu, sisältää eristeen)	10 m	248,00 €
Varaajan malli						
Varaajan malli	ei sis.			Oso EPTC 400 hybridivaraaja(kaksi kierukkaa max 18Kw)	1	2 300,00 €
Asennus				Pakettialennus		-174,19 €
Hinta Yht.	Hinta yht.		7 340,00 €	Hinta yht.		5 700,00 €

Liite 1 2 (4) Tarjous NN-10HP keräimistä, sekä tarjousten yhdenvertaisuus

Tarjouksen tekijä	JTV-Energia	SmartGreen Talotekniikka Oy	Suomen ekotaloid
Keräimet	Tarjouksen sisältämät tuotteet Tyhjöpötkkeräin NN-10HP (3*10)	Tarjouksen sisältämät tuotteet Tyhjöpötkkeräin NN-10HP (4*10)	Tarjouksen sisältämät tuotteet Tyhjöpötkkeräin NN-10HP (2*10)
	Määrä 3	Määrä 4	Määrä 2
	Hinta	Hinta	Hinta
		2 861,92 €	1 480,00 €
	OhjauksyksikköTDC Pumppuasema Terminet kolmelle keräimelle Käivospurustasella 50 litraa, 8 bar, ilmausventtiili, Yhdysvetku	Anturilasku+kennon liittimet S2 solar sis. MTDC V5 säädin Wilo A PWM pumppu	Keräimen tarvikkeet :kartonkiinnitys, pumppu Witasol+MTDC säädin, pääsuunta- astta+seinäkoukku, siirtoneste 20l, Varoilyhmi latsailammllys, DN16 liittin Yksikkö hinta 3,50€
	1	679,52 €	1 1 360,00 €
Liittimet	Yhdyskysysoja keräinten liittämiseksi		
Lämmönsiirtoneste	Lämmönsiirtoneste 10 litraa, tiiviste	Lämmönsiirtoneste 20l Lemox S1	
	2	79,56 €	
Rahit	Rahit	Rahit	Rahit Itella+ Rahit Saksasta varaaja
	1	150,00 €	1 370,00 €
Pötkistö	Tuplasäiliöinä DN 16	Täpöisa teräspötki 2*25m	Takalle ja aurinkokeräimille erist. Rst- pötki DN16 Yksikkö hinta 13,00€
	15 m	575,00 €	
	Edelliset yhti.		
Varaajan malli	Varaaja Akva Geo Solar 500		
	2 150 €		
Varaajan malli	Varaaja Akva NERo Solar 500	Varaaja Rikulec RT300	Varaaja 300l SE Hybrid
	1 650 €	1 2 604,00 €	1 1 150,00 €
Asennus	ei sis.	Asennus tarvittaessa+1800€	ei sis.
	6200€/		
Hinta yhti.	Hinta yhti.	Hinta yhti.	Hinta yhti.
	5900€	8 750 €	4 360,00 €

Tarjouksien yhdenvertaisuus, keräimille lasketaan suurimman keräimistään mukaan. Yksi pötki maksaa keskimäärin 73€. Avioitu pötkien kustannus 575€.

	Lisäään 10 pötkää		Lisäään 20 pötkää	
Yhteensä 40 pötkää		730,00 €	0 €	1 460 €
Pötkistö		sis.	sis.	575 €
Asennus		1 800,00 €	0 €	1 800 €
Venttiiluhinta		8730€/8430€	8 750,00 €	8 195,00 €

Liite 1 3 (4) Tarjous pakokaasun lämmönvaihtimista sekä teknisiä tietoja

Tarjouksen tekijä	Tescon Marine Oy						
Nimike	Typical Engine Power KW	Exhaust gas flow Kg/min	Exhaust gas outlet temp °C	Heat recovery KW	Exhaust gas pressure drop kpa	määrä	hintaa
2-25-3737-4	16	1,2	210	9,5	1,8	1	1 470 €
2-32-3737-5	16	1,2	170	11,5	1,8	1	1 652 €

Exhaust Gas Heat Exchanger Performance Table

Typical examples of exhaust gas heat exchanger performance

The figures below are a general guide only and are not based on any particular natural gas engine. They assume an air/fuel ratio of 10.23 : 1 by volume, a fuel consumption of 0.34m³/kWh (measured at 1.013 bar and 15°C) and an exhaust gas temperature of 600°C and a water inlet temperature of 80°C.

Type	Typical Engine Power kW	Exhaust gas flow kg/min	Exhaust gas outlet temp °C	Heat recovery kW	Exhaust gas pressure drop kPa
2-25-3737-4	16	1.2	210	9.5	1.6
2-32-3737-5	16	1.2	170	11.5	1.8
3-32-3738-5	32	2.4	210	19	1.5
3-40-3738-6	32	2.4	170	21	1.7
3-60-3738-8	32	2.4	120	23	2.2
4-32-3739-5	60	4.5	210	35	1.3
4-40-3739-6	60	4.5	170	39	1.4
4-60-3739-8	60	4.5	120	43	1.8
5-32-3740-5	90	6.7	210	53	1.2
5-40-3740-6	90	6.7	170	58	1.4
5-60-3740-8	90	6.7	120	65	1.8
6-32-3741-5	140	10.5	210	82	1.3
6-40-3741-6	140	10.5	170	90	1.4
6-60-3741-8	140	10.5	120	101	1.9
8-32-3742-5	250	18.7	210	147	1.3
8-40-3742-6	250	18.7	170	161	1.4
8-60-3742-8	250	18.7	120	181	1.8
10-32-3743-5	400	30.0	210	236	1.3
10-40-3743-6	400	30.0	170	256	1.4
10-60-3743-8	400	30.0	120	288	1.8
12-32-3744-5	600	45.0	210	353	1.3
12-40-3744-6	600	45.0	170	388	1.5
12-60-3744-8	600	45.0	120	425	1.9
15-40-5745-6	950	70.0	170	604	1.4
15-60-5745-8	950	70.0	120	670	1.9

For larger sizes contact our sales department.

100kPa = 1 bar

Maximum working gas side pressure 0.5 bar
 Maximum working water side pressure 4 bar
 Maximum working gas side temperature 700°C
 Maximum working water side temperature 110°C

Liite 1 4 (4) Kuva tarjotusta pakokaasu lämmönvaihtimesta

