

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Talotekniikan koulutus

Vili Ikonen

SIMULOINNIN HYÖDYNTÄMINEN  
AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUDEN  
ARVIOINNISSA: CASE VELJEKSET NILSEN OY

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Maaliskuu 2020**  
**Talotekniikan koulutus**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä(t)  
Vili Ikonen

Nimeke  
Simuloinnin hyödyntäminen aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuuden arvioinnissa:  
case Veljekset Nilsen Oy

Toimeksiantaja  
Veljekset Nilsen Oy

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli mitoittaa aurinkolämpöjärjestelmä käyttäen dynaamista IDA ICE simulointiohjelmaa ja tarkastella aurinkolämpöjärjestelmän toteutuksen kannattavuutta kohteeseen. Työn kohteena oli Veljekset Nilsen Oy:n omistama hallirakennus.

Työssä selvitettiin rakennuksen lämmitystehontarve, jonka tuloksia hyödyntämällä saatiin lähtötiedot aurinkolämpöjärjestelmän mitoittamiselle. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoituksessa pyrittiin mitoittamaan aurinkokeräin ja lämmönvaraaja kohteeseen vertailemalla saatuja tuloksia eri varaaja- ja aurinkokeräinkokoonpanoista. Työssä käytettiin ympäristö- ja energiatekniikkaopiskelijan osaamista aurinkokeräimen ja sen simulointiin asetettujen arvojen valinnassa. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoituksessa pääpainona oli kohteen suuren tilalämmityksen tarvitsema lämminvesi ja aurinkokeräimistä saatava lämpö pyrittiin hyödyntämään pääasiallisesti tilojen lämmityksessä. Mitoituksessa keskityttiin erityisesti simuloitavan lämminvesivaraajan tulo- ja menoliitäntöjen optimaalisten korkeuksien määrittämiseen veden kerrostumisen edistämiseksi ja pyrittiin vähentämään lämmityskattilan käyntiaikaa simuloinnissa kesäajalla.

Simulointiohjelma soveltui hyvin kohteen aurinkolämpöjärjestelmän mitoittamiseen. Eri varaaja- ja keräinkokoonpanoista kahden keräimen ja tilavuudeltaan 750 dm<sup>3</sup> varaaja olisi kannattavin ratkaisu kohteeseen. Tällä kokoonpanolla ei kuitenkaan saada merkittäviä säästöjä ja aurinkolämpöjärjestelmään investointi ei olisi kohteeseen kannattavaa.

Kieli  
suomi

Sivuja 53  
Liitteet 6  
Liitesivumäärä 49

**Asiasanat**

Aurinkoenergia, aurinkokeräimet, 3D-mallinnus, simulointi, lämmitysjärjestelmät



**THESIS**  
**March 2020**  
**Degree Programme in Building**  
**Services Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Vili Ikonen

Title  
Utilization of Simulation to Evaluate the Profitability of a Solar Thermal System:  
Case Veljekset Nilsen Oy

Commissioned by  
Veljekset Nilsen Oy

Abstract

The aim of this thesis was to design a solar thermal system using a dynamic IDA ICE-simulation program and to examine the feasibility of implementing a solar thermal system on the site. The object of the work was a hall building owned by Veljekset Nilsen Oy.

The work investigated the heating power demand of the building, the results of which provided input data for the design of the solar thermal system. The design of the solar thermal system aimed to sizing the solar collector and heat accumulator to the object by comparing the results obtained from different accumulator and solar collector configurations. The expertise of an environmental and energy technology student was utilized in choosing the solar collector and its set values. The focus of the solar heating system was the hot water required for the large space heating of the building and the heat from the solar collectors was mainly used for heating the spaces. The sizing focused on determining the optimum height of the inlet and outlet connections for the simulated hot water accumulator to promote water stratification and sought to reduce boiler run-time during simulation in summertime.

The simulation program was well suited for dimensioning the solar thermal system of the building. Of the different storage and collector configurations, two collectors and 750 dm<sup>3</sup> accumulator could be the most profitable set up. However, this configuration does not generate significant savings and it would not be profitable to invest in a solar thermal system in this target.

Language

Finnish

Pages 53

Appendices 6

Pages of Appendices 49

Keywords

solar energy, solar collectors, 3D – modeling, simulation, heating systems

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Rakennuksen lämmitysenergian tarve .....	7
3	Lämmitysenergiatarpeen laskenta .....	8
4	Lämmitysjärjestelmät .....	10
4.1	Yleistä aurinkolämmityksestä .....	10
4.2	Aurinkokeräintyytit .....	10
4.3	Hybridilämmitys .....	12
4.4	Aurinkolämpö uusiutuvan energialähteen kanssa .....	13
4.5	Auringosta saatavan lämpöenergian varastointi .....	14
4.6	Varaajan mitoituksessa huomioitavaa .....	15
5	Tietoja kohteesta .....	16
6	IDA ICE .....	17
6.1	Simulointiohjelma .....	17
6.2	Rakennuskohtaiset tiedot .....	18
6.3	LVI- Järjestelmät .....	18
7	Rakennuksen energiasimulointi .....	19
8	Lämmitystehontarvesimulointi .....	19
8.1	Vuotoilma .....	20
8.2	Rakenteet ja kylmäsiilat .....	21
8.3	Sijainti ja säätiedot .....	22
8.4	Kuormat ja huonelaitteet .....	23
8.5	Simuloinnissa käytettävät LVI- määritykset .....	23
8.6	Lämmitystehontarvesimuloinnin tulokset .....	26
9	Varaajan ja aurinkokeräimen simulointivaihe .....	28
9.1	Lämmitysjärjestelmien mitoitusasetukset .....	29
9.2	Aurinkokeräimen mitoitusasetukset .....	30
10	Tulokset .....	32
10.1	300dm <sup>3</sup> varaaja .....	32
10.2	750 dm <sup>3</sup> varaaja .....	34
10.3	1500 dm <sup>3</sup> varaaja .....	36
10.4	2500dm <sup>3</sup> varaaja .....	39
11	Tuloksien yhteenveto .....	42
11.1	Varaajan lämpöhäviöt ja aurinkoenergia .....	42
11.2	Lämmityskattilan energia .....	43
12	Varaajan ja aurinkokeräimen kannattavuus .....	44
13	Pohdinta .....	46
13.1	Lämmitystehontarvesimuloinnin tarkastelu .....	46
13.2	Varaaja- ja aurinkokeräinsimuloinnin tarkastelu .....	47
13.3	Tuloksien luotettavuus .....	49
14	Johtopäätökset .....	51
15	Lähteet .....	52

## Lyhenteet

kWh	kilowattitunti
w/(m <sup>2</sup> ) (K)	watti kelviniä ja neliometriä kohti
SAM	System Advisor Model
IDA ICE	IDA Indoor Climate & Energy

## Käsitteet

Ilmanvuotoluku q50	Tarkoittaa 50 Pa paine-erolla rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmaa tunnissa kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden (Ympäristöministeriö 2013).
Omavaraisuusaste	Tarkoittaa kuinka suuri osa rakennuksen energiankulutuksesta pystytään tuottamaan aurinkoenergialla.
Yhdistelmävaraaja	Varaaja, josta otetaan lämpöä tilojen lämmitykseen sekä käyttöveteen.
Käyttövesivaraaja	Varaaja, josta otetaan lämpöä vain käyttöveteen.
Tietomalli	Digitaalisessa muodossa oleva kolmiulotteista rakennus tai objekti, johon on sidottu ominaisuuksia.
Lämmönläpäisykerroin	Lyhenteeltään U – arvo tarkoittaa lämpövirran tiheyden yksikköä, jonka suuruus riippuu jatkuvuustilassa rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen lämpötilasta (Tasauslaskentaopas 2010).
Atsimuuttikulma	Kuvaa keräimen kulmaa asteina, jonka muodostavat suunta kohti annettua pistettä horisontissa sekä referenssisuunta.
NMF-Formaatti	Tiedostoformaatti, joka mahdollistaa objektien käytön eri ohjelmien välillä.

## Liitteet

Liite 1	Rakennuksen pohja- ja leikkauskuva
Liite 2	Säätiedoston lisääminen IDA ICE ohjelmaan
Liite 3	Kuvakaappaus simulointiohjelman primäärijärjestelmästä
Liite 4	Vyöhykkeiden sisälämpötilat ja lämpöhäviöt
Liite 5	Aurinkokeräin- ja varaajasimuloinnin tulokset
Liite 6	Tulokset keräimien valinnasta sekä lämmitystehontarpeesta

# 1 Johdanto

Nykypäivänä aurinkolämpöjärjestelmiä mitoitetaan yleensä lämpimän käyttöveden esilämmitykseen tai kesäkaudella kattamaan kokonaan lämpimän käyttöveden lämmitys. Rakenteeltaan energiatehokkaissa taloissa aurinkolämmöllä voidaan kattaa jo huomattava osa tilojen lämmityksestä. Suomessa rakennusten lämmityskauden vähäinen auringonpaiste hankaloittaa aurinkokeräimistä saatavaa hyötyä. Kohteisiin, jossa lämpimän käyttöveden kulutus on todella vähäistä ja tilojen lämmityksen tarve suurta, ei yleensä mitoiteta tai toteuteta aurinkolämpöjärjestelmiä. Aurinkolämpöjärjestelmän komponenttien ja varaajan tilavuuden valinnassa käytetään yleensä valmiita taulukoita tai nyrkkisääntöjä. Asennetun aurinkolämpöjärjestelmän tuotto ja tehokkuus nähdään yleensä vasta toteutuksen jälkeen.

Markkinoilla on useita erilaisia simulointiohjelmistoja, joilla pystytään simuloimaan aurinkolämpöjärjestelmiä jo ennen kuin fyysisesti mitään rakennetaan. Ohjelmat kehittyvät jatkuvasti ja määräykset vaativat koko ajan talotekniseltä suunnittelulta enemmän. IDA Indoor Climate & Energy on yksi näistä ohjelmista, jota tässä työssä käytetään ja jolla pystyy simuloimaan rakennuksen ja sen järjestelmät yksityiskohtaisesti.

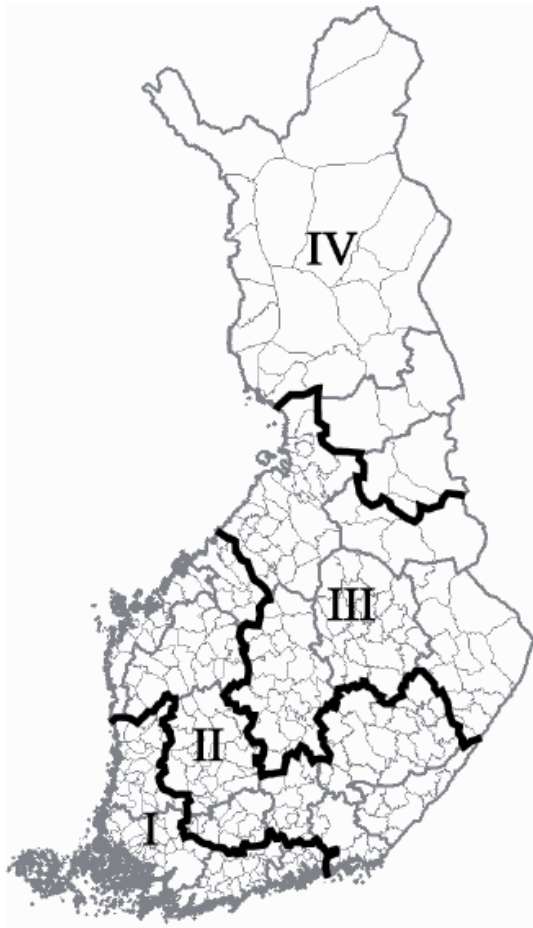
Tässä opinnäytetyössä pyritään mitoittamaan Veljekset Nilsen Oy:n omistamaan hallirakennukseen aurinkolämpöjärjestelmä sekä varaaja dynaamisella simulointiohjelmalla. Ohjelman tuloksien perusteella tarkastellaan aurinkolämpöjärjestelmän investoinnin kannattavuutta kohteeseen. Rakennuksessa on poikkeuksellisen vähäinen lämpimän käyttöveden tarve suhteessa tilojen lämmityksen tarpeeseen sekä kaksi erilämpöistä lämmönluovutusjärjestelmää, joka tuo varmasti haasteita simulointiohjelmalla mitoittamiseen. Työssä on käytetty ympäristö- ja energiatekniikan osaamista aurinkokeräimien arvojen sekä tyypin valinnassa (liite 6).

## 2 Rakennuksen lämmitysenergian tarve

Rakennuksen lämmitysenergian tarpeella tarkoitetaan energiamäärää, jota tarvitaan ylläpitämään sisäilmasto-olosuhteita ja lämmittämään käyttövettä. Pääosa Suomen rakennusten käyttämästä energiasta kuluu rakennusten lämmitykseen. Lämmitykseen käytettävän energian määrä riippuu ulkoilman sääolosuhteista sekä rakennuksen käytöstä. Lämmitystehontarpeeseen rakenteellisesti vaikuttavia tekijöitä ovat johtumislämpöhäviöt, ilmanvaihto ja ilmavuodot. Mitä matalampi ulkolämpötila on, sitä enemmän lämmitysenergiaa rakennukseen tarvitaan. (Ympäristöministeriö 2018a.)

Ympäristöministeriön mukaan lämmitystehontarpeen mitoituksessa käytetään rakennusmääräyskokoelma D3 liitteessä 2 olevia lämmityskauden mitoittavia ulkolämpötiloja. Rakennusmääräyskokoelma D3 on tällä hetkellä kumottu, mutta uutta määräystä ei ole vielä laadittu, joten laskenta toteutettaisiin liitteen 2 mukaan joka tapauksessa. Näitä ulkolämpötiloja laskennassa käyttämällä ei tule kuitenkaan huomioida rakennuksen sisäisiä lämpökuormia eikä auringon aiheuttamia lämpökuormia.

Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen ja jokaisella vyöhykkeellä on omat mitoittavat ulkoilman lämpötilat sekä vuoden keskimääräiset ulkoilman lämpötilat (kuva 1). (Ympäristöministeriö 2012.) Määräysten mukaan pitäisi käyttää mitoittavan säävyöhykkeen ulkolämpötiloja, mutta tässä työssä ei ole tarpeellista noudattaa tätä määräystä, vaan pyritään käyttämään mahdollisimman tarkkoja sää- ja sijaintitietoja, joita IDA ICE simulointiohjelmassa on mahdollista käyttää.



Kuva 1. Suomen eri mitoittavat säävyöhykkeet. (Ympäristöministeriö 2012).

### 3 Lämmitysenergiatarpeen laskenta

Rakennuksen lämmitysenergiatarpeen laskentaan on olemassa monia eri tapoja, ja ympäristöministeriö on antanut ohjeet virallisista laskentatavoista. Nämä ohjeet ovat toistaiseksi voimassa olevia. Rakennusten energiatehokkuuden vaatimuksen osoittamisessa on käytettävä rakentamismääräyskokoelmassa D3 annettuja arvoja, laskentasääntöjä ja sen liitteessä olevia säätietoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennan ohjeita, jos muita tietoja ei ole käytettävissä. (Ympäristöministeriö 2012.)



Rakennukset luokitellaan eri käyttötarkoituseriöluokkiin 1–9. Käyttötarkoituseriöluokkaan 9 kuuluvissa rakennuksissa, jotka eivät ole uudisrakennuksia ja joita energiateriödistusvaatimus koskee, voidaan laskenta toteuttaa arvioiduilla tai toteutuneilla ilmanvaihdon ilmamäärillä, sisälämpötiloilla ja sisäisillä lämpökuormilla (Ympäristöministeriö 2018b). Energiateriödistus vaaditaan tänä päivänä kaikille uudisrakennuksille. Olemassa oleville rakennuksille energiateriödistusta vaaditaan vain myynnin tai vuokrauksen yhteydessä, mutta tämä ei koske kuitenkaan tiettyjä rakennuksia kuten teollisuus- ja korjaamorakennuksia (Motiva 2019a).

Energiateriökkuuden ja lämmitystehontarpeen laskentaan voidaan käyttää myös dynaamista laskentatyökalua eli simulointiohjelmia. Tällaisia simulointiohjelmiä on olemassa useita. Esimerkkinä mainittakoon MagiCAD Comfort & Energy tai IDA Indoor Climate and Energy. Ohjelmien pääidea on samankaltainen, mutta simulointien yksityiskohtien laajuus ja simulointien tuloksien saatavuus vaihtelee ohjelmien välillä. Tällaisten simulointiohjelmien tulee olla validoituja siihen tarkoitettujen ASHRAE, SFS EN, tai SIBSE standardien mukaisesti (Ympäristöministeriö 2012). Dynaaminen laskenta on välttämätöntä, jotta voidaan arvioida esimerkiksi lämpökuormien hyödyntäminen lämmityksessä, sillä esimerkiksi rakentamismääräyskokoelma D5 kuukausitason laskentamenetelmä ei pysty ottamaan huomioon lämpökuormia riittävällä tarkkuudella (Kurnitski 2012, 28).

## **4 Lämmitysjärjestelmät**

### **4.1 Yleistä aurinkolämmityksestä**

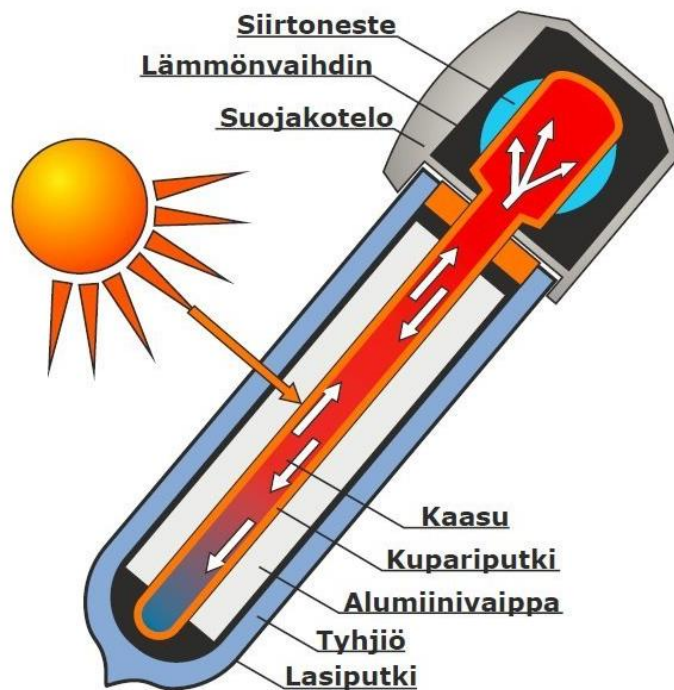
Auringosta saatava teho ja vuorokauden tunnit, jolloin aurinkoenergiaa saadaan, vaihtelee maapallon sijainnin ja sään vaihtelujen mukaan. Pohjois-Suomessa talvikaudella aurinko ei välttämättä edes nouse tietyllä ajanjaksolla. Esimerkiksi Utsjoella aurinko ei nouse 26.11.–17.1. välisenä aikana. (Tahkokorpi ym. 2016, 23.) Auringosta tulevia säteilytyyppejä on erilaisia. On suora säteily, joka tarkoittaa suoraan auringosta maanpinnalle tulevaa säteilyä. Hajasäteily on säteilyä, joka on muuttanut suuntaa ilmakehässä olevien partikkeleiden takia. Heijastunut säteily tarkoittaa säteilyä, joka on heijastunut maanpinnasta. Aurinkoenergian hyödyntämisen kannalta nämä kaikki säteilyt ovat merkittäviä. (Tahkokorpi ym. 2016, 28–30.)

Auringon aktiivisella hyödyntämisellä tarkoitetaan jonkin järjestelmän käyttämistä aurinkolämmön talteenotossa. Näitä järjestelmiä on nykypäivänä useita erilaisia. Yleiset komponentit aurinkolämpöjärjestelmälle ovat lämpövarasto, lämmön keruulaitteisto ja lämmön kulutuslaitteisto. Lämmön siirtäminen tapahtuu nesteen avulla ja suomen olosuhteissa käytetään tavallisesti jäätymätöntä glykolinesteestä. (Tahkokorpi ym. 2016, 78.)

### **4.2 Aurinkokeräintyytit**

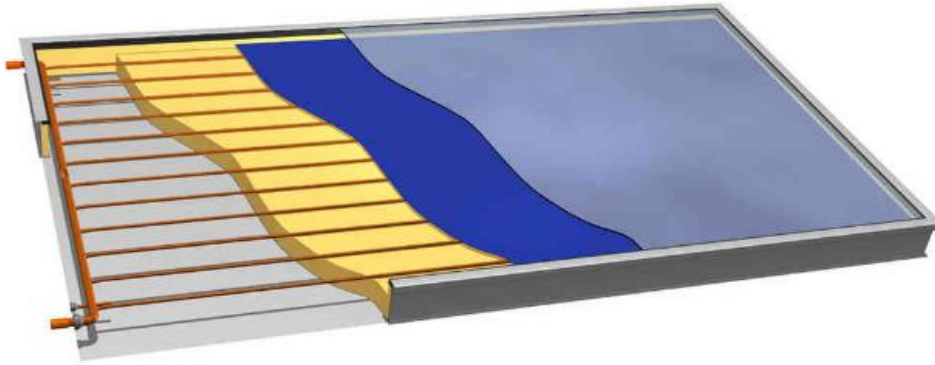
Aurinkolämmön talteenottoon on saatavilla nykyisin monia keräintyyppieitä. Yleisimpinä Suomessa on käytössä nestekiertoiset taso- ja tyhjiöputkikeräimet. Tyhjiöputkikeräimessä ilma on poistettu putken sisältä kokonaan, mikä edesauttaa lämpöhäviöiden pienentämisessä. Toiminta perustuu tyhjiön hyvään lämmöneristävyyteen, joka pitää keräämänsä lämmön hyvin putkessa. Lämmöntuotto tyhjiöputkikeräimillä on siksi hyvä varsinkin kylminä vuodenaikoina. Tyhjiöputkikeräimet voidaan jaotella kahteen erilaiseen tyyppiin. Toisessa lämmönsiirtoneste

kiertää U-muotoisen mustan absorboivan pinnan alla ja toisessa on erillinen suljettu lämpöputki, jossa neste höyrystyy matalassa lämpötilassa ja vie lämpöä lämmitysjärjestelmään vaihtimen kautta. (Motiva 2019b.) Tyhjiöputkikeräimen malli on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Tyhjiöputkikeräin (Tulituote.com)

Tasokeräimessä auringon säteilyä otetaan talteen tumman keräinelementin avulla, jonka pinta-ala ottaa säteilyä vastaan ja lämpenee lähes kokonaan. Tasokeräintyyppisiä on yleisesti kahta erilaista. Toisessa on kattamaton keräin, jota käytetään tuottamaan vain hyvin matalalämpöistä energiaa. Katetussa keräimessä tuotetaan jo korkealämpoisempää energiaa. Tasokeräimen malli on esitetty kuvassa 3. (Motiva 2019c.)



Kuva 3. Tasokeräin. (Energiakauppa.com)

Tasokeräimen ja tyhjiöputkikeräimen eroina voidaan pitää tyhjiöputkikeräimen parempi lämmöntuotto kylminä vuodenaikoina. Kesäkaudella tasokeräimen ja tyhjiöputkikeräimen lämmöntuotossa ei ole suuria eroja. (Tahkokorpi ym. 2016, 84). Korkeita lämpötiloja tuottaessa tyhjiöputkikeräin on parempi vaihtoehto, koska siinä on paremmat lämmönsäilytysominaisuudet verrattuna tasokeräimeen (Tahkokorpi ym. 2016, 95).

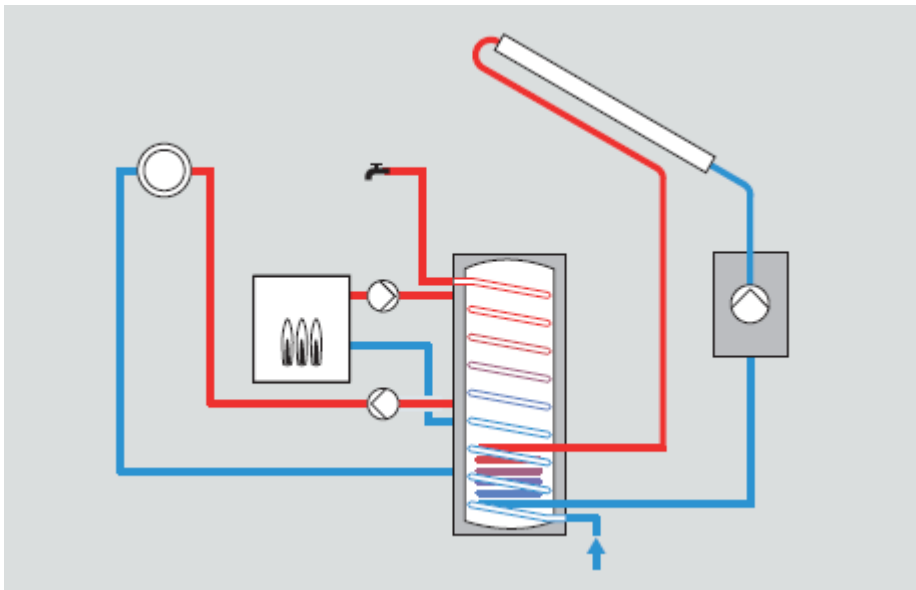
### 4.3 Hybridilämmitys

Lämmitysmuotoja ja järjestelmiä on nykypäivänä monia erilaisia, jos verrataan esimerkiksi ajankohtaa 30 vuotta taaksepäin. Rakennusmääräysten vuosi vuodelta tiukentuessa yhä enemmän pyritään ja joudutaan rakentamaan energiatehokkaampia lämmitysratkaisuja, joissa voidaan soveltaa useita eri lämmönlähteitä.

Hybridilämmityksellä tarkoitetaan kahden erilaisen lämmitysmuodon vuorottelua esimerkiksi vuorokauden ajan tai vuodenajan mukaan, jolloin tulee hyödynnettyä lämmitysmuotojen hyvät puolet ja olosuhteet. Lämmitysmuotoja voi olla samanaikaisesti useita toiminnassa. Taloudellisesti ajateltuna hybridilämmityksessä sopivia lämmitysmuotoja ovat esimerkiksi kesäajalla ilma-vesilämpöpumppu ja aurinkolämmön yhdistelmä sekä talviaikana puu ja pellettilämmityksen yhdistelmä. Jos hybridilämmityksessä otetaan huomioon muut lämmitysjärjestelmät ja vaihteleva sähkön hinta sekä lämmönvarastointi, voi hybridilämmitys madaltaa käyttökustannuksia ja parantaa omavaraisuusastetta. (Motiva 2019d.)

#### 4.4 Aurinkolämpö uusiutuvan energialähteen kanssa

Polttoaineiden hinnannousujen vuoksi ilman öljyä toimivien järjestelmien kysyntä kasvaa jatkuvasti. Biomassalla ja puulla toimivat kattilat tai lämpöpumput ovat hyvä yhdistelmä aurinkolämpöjärjestelmien kanssa. Turvataksaan lämmöntuoton aurinkolämpöjärjestelmät yhdistetään usein jonkun säästä ja ilmastosta riippumattoman lämmitysjärjestelmän kanssa. Aurinkolämpöjärjestelmän periaatetehtävä ei muutu, vaikka käytettäisiin erilaisia lämmöntuoton yhdistelmiä. Automaattisesti toimivissa kattiloissa, kuten pellettikattilassa, yhdistelmävaraajan käyttö on suotavaa (kuva 4). (Viessmann 2009, 137.)



Kuva 4. Kattilan ja aurinkokeräimen käyttö yhdistelmävaraajan kanssa. (Viessmann 2009, 137.)

Aurinkolämpö liitetään puulämmitykseen yleensä saman periaatteen takia kuin vesikiertoiseen sähkölämmitykseenkin. Aurinkolämpöjärjestelmän liittäminen puulämmitykseen vapauttaa usein kesäaikaisesta lämmitystyöstä puulämmityksessä. Lämpöä varastoidaan kattilasta ja aurinkokeräimestä varaajaan, josta eri lämpötiloihin kerrostunut vesi otetaan tarpeen mukaan joko lämpimälle käyttövedelle tai lämmityspiiriin. (Tahkokorpi ym. 2016, 121.) Aurinkoenergia ei riitä Suomessa lämmitykseen ilman jotain toista lämmitysjärjestelmää, ja useimmissa tapauksissa toinen lämmitysjärjestelmä on mitoitettava koko lämmitystehontarvetta vastaavaksi (Seppänen 2001, 335).

Suurempi hyöty aurinkolämmöstä saadaan yleensä, jos sitä käytetään pelkän käyttöveden lämmityksen sijasta myös rakennuksen lämmityksessä vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Aurinkokerääjien ollessa kytkettynä lämmitysjärjestelmään voidaan sillä tuottaa jopa 25–35 prosenttia lämmityksen tarpeesta. (Motiva 2016.)

#### **4.5 Auringosta saatavan lämpöenergian varastointi**

Energian varastointi on vaikuttava tekijä aurinkolämmön hyödyntämisessä, ja se on keskeinen osa koko järjestelmää. Tyypillisesti lämpöä varastoidaan muutamia vuorokausia tasaamaan sään vaihtelusta aiheutuvaa lämmitystarpeen epätasapainoa. Aurinkolämmön kausivarastointi kesäkaudelta talven lämmityskaudelle olisi Suomessa hyödyllistä, mutta sitä ei Suomessa tehdä kovin paljoa. (Tahkokorpi ym. 2016, 105.)

Vesivaraajan käyttö aurinkolämpöjärjestelmissä on yleisin ratkaisu. Yleensä käytetään vuorokausivaraajaa, jolloin auringosta saatua energiaa on käytettävissä aurinkoisina vuodenaikoina läpi vuorokauden, vaikka sää olisi pilvinen ja sateinen. Suomessa vesivaraajat ovat yleensä yhdistelmävaraajia. Varaajan on oltava kattilan kokoon suhteutettuna sellainen, että kattilan teho riittää lämmittämään sitä, mikäli kattila lämmittää varaajan kautta lämmityspiiriä. (Tahkokorpi ym. 2016, 122.) Auringosta saadaan hyödynnetyksi sitä enemmän lämpöä mitä matalampi lämmitysjärjestelmän lämpötilataso on. Tämän takia lattialämmitysjärjestelmä tai muu matalalämpöjärjestelmä yhdistettynä aurinkoenergian hyödyntämiseen on hyvä ratkaisu taloudellisesti ajateltuna. Aurinkokeräinpiiri erotetaan yleensä etenkin Suomen ilmasto-olosuhteissa varaajasta lämmönsiirtimen avulla, koska piirissä käytetään yleensä jotain jäätymätöntä nestettä, joka ei saa sekoittua käyttöveteen. (Seppänen 2001, 344.)

Lisälämmityksen liittäminen samaan varaajaan kuin aurinkolämpöpiirin vaihdin on kytketty heikentää aurinkoenergiasta saatavaa hyötyä varsinkin suuren varaajan kohdalla, koska joudutaan tarpeettomasti lämmittämään koko varaajan vesitilavuutta ja korkeampi keräinpiirin lämpötila heikentää keräimen hyötysuhdetta

(Seppänen 2001, 346). Tästä voidaan päätellä, että hyvä ratkaisu olisi, jos lämmityskattila olisi kytkettynä tarvittaessa myös suoraan lämmityspiiriin niin, että se ohittaisi varaajan. Automatiikalla voitaisiin ohjata lämmitystä edullisimman tilanteen mukaan niin, ettei lämmitysvesi kiertäisi varaajan kautta.

Tilanteessa, jossa aurinkokeräimet kytketään yhdistelmävaraajaan, tapahtuu varaajassa enemmän kerrostumista ja se lisää keräimen käyttötunteja verrattuna siihen, jos aurinkokeräimet kytkettäisiin pelkkään käyttövesivaraajaan. Yleisin tapa lämpötilan kerrostumiseen varaajassa on asentaa aurinkolämpöpiirin lämmönvaihdin varaajan alaosaan. Tällöin varaajan keskiosassa on lämpimän käyttöveden esilämmityskierukka ja yläosassa jälkilämmityskierukka. Jos lämmitysmuotona käytetään lattialämmitystä tai muuta matalalämpöjärjestelmää niin lämmityspiirin lähtöliitäntä voidaan kytkeä ylä- tai keskikohtaan varaajaa. Automatiikka ohjaa silloin lämmityspiiriin lähtevää veden lämpötilaa niin, että lämmityksen paluupiiristä tuleva vesi ei olisi koskaan liian kuumaa ja tämä pitää varaajan alaosan sopivan viileänä kerrostumisen edistämiseksi. (Tahkokorpi ym. 2016, 105.)

#### **4.6 Varaajan mitoituksessa huomioitavaa**

On huolehdittava, ettei aurinkolämpöjärjestelmää ylimitoiteta. Tällöin lämmönsiirtoneste kuumenee liian lämpimäksi ja kiehuu kuumina kesäpäivinä. Kiehuminen muuttaa nesteessä olevia ominaisuuksia ja kuluttaa aurinkolämpöjärjestelmää. Kiehumisen estämiseksi on mahdollista mitoittaa tarpeeksi suuri varaaja tai varastoida ylimääräinen lämpö maaperään. (Rakennustieto Oy, 5.)

Aurinkokeräimestä saatava yllilämpö tilanteessa, jossa varaajan lämpötilan nousee ylärajaan, syötetään yllilämpö maalämpöpiirin keruuputkistoon ja tällä tavoin yleensä nostetaan muun muassa maalämpöpumpusta saatavaa hyötyä ottamalla varastoitua aurinkoenergiaa maaperästä. Varaajan hyvä mitoitus edellyttää tietoja lämpimän käyttöveden kulutuksesta, kesäaikaisesta lämmitystehontarpeesta, varaajan lämpöhäviötietoja sekä siirtoputkien lämpöhäviöitä. (Motiva 2017.)

## 5 Tietoja kohteesta

Toimeksiantajana tälle opinnäytetyölle toimi Ilomantsissa sijaitseva Veljekset Nil- sen Oy. Yritys tekee maanrakennustöitä, maa-ainesten myyntiä ja toimituksia sekä metsäkoneurakointia. Yritys on perustettu vuonna 1974.

Tässä opinnäytetyössä simuloidaan aurinkolämpöjärjestelmä varaajineen yrityk- sen päärakennukseen, joka on tehty yrityksen metsäkoneitten sekä maansiirto- kaluston huoltotöitä varten. Rakennus sijaitsee Pohjois-Karjalassa Ilomantsissa. Päärakennuksen lisäksi tontilla on varastorakennus polttoaineen säilytystä varten ja erillinen lämmönjakorakennus, jossa on kohteen nykyinen lämmönlähde, pel- lettikattila sekä pellettisiilo. Päärakennuksen kerrosala on yhteensä 380 m<sup>2</sup> ja ti- lavuus 2 204 m<sup>3</sup> (liite 1).

Päärakennuksessa on pinta-alaltaan suurimmassa tilassa vesikiertoinen lattia- lämmitys ja samassa rakennuksessa olevissa toimistotiloissa sekä taukutiloissa vesikiertoinen radiaattorilämmitys. Tilojen lämmitysten ohjaukseen on käytetty Ouman EH-80 sekä EH-800B lämmönsäädintä, jotka ohjaavat tilojen lämmitystä ulkolämpötilan ja menoveden lämpötilan mittauksien avulla. Säädin säätää auto- maattisesti lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa. Kohteessa on myös vedenottopisteitä, joista otetaan jonkin verran lämmintä käyttövedettä. Kohteesta ei ole olemassa LVI- suunnitelmia. Jäähdytystä tiloissa ei ole. Ilmanvaihto on toteu- tettu poistoilmapuhaltimilla, joita ohjataan käsikäytöllä tarpeen mukaan. Tilojen lämmityksen syöttöputket sekä lämpimän käyttöveden putket lämmönlähteeltä päärakennukseen kulkevat maan sisässä.



## 6 IDA ICE

### 6.1 Simulointiohjelma

Tässä opinnäytetyössä rakennuksen lämmitysenergiatarpeen laskenta tehdään EQUA:n kehittämällä IDA Indoor Climate & Energy simulointiohjelmalla. Ohjelman avulla voidaan mallintaa rakennus, sen järjestelmät ja säätöjärjestelmät yksityiskohtaisesti. EQUA on kehitelty 90-luvulta lähtien simulointiohjelmistoja rakennusten ja erilaisten energiajärjestelmien simulointiin. Näitä simulointiohjelmistoja on käytetty suurissa projekteissa ympäri maailmaa, ja ohjelman laskentamenetelmät ovat validoituja ja luotettavia. (EQUA Simulation AB.)

Ohjelmaan voi tuoda rakennuksen joko valmiista olemassa olevasta rakennuksen tietomallista tai ohjelmalla voi luoda rakennuksen kokonaisuudessaan. Rakennus kootaan tekemällä joka tilasta omat vyöhykkeensä, jotka ohjelma liittää automaattisesti toisiinsa. Vyöhykkeille voidaan määritellä mitat, lämpötilat, rakenteet, ikkunat, ovet, huonelaitteet, ilmanvaihto, sekä erilaiset kuormat kuten, valaistus, laitteet ja aktiviteettitaso. Ohjelmaan on saatavilla Suomi lokalisaatiopaketti, joka mahdollistaa Suomen rakennusmääräyskokoelman eri käyttötarkoituksiluokkien käytön simuloinnissa, sekä Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaiset operatiivisen lämpötilan tavoitearvokuvaajat. Lokalisaatiopaketista saa myös Suomen säädatan paikkakunnittain.

Simuloinnista on mahdollista saada lämmitystehontarve, jäähdytystehontarve, energiantarve, yllilämpölaskelmat tai kaikki edellä mainitut tulokset yhtä aikaa. Ohjelmaan voidaan asettaa ennen simulointia asetusarvot, jotka määrittävät mitä tuloksia simuloinnista halutaan.

## 6.2 Rakennuskohtaiset tiedot

IDA ICE -simulointiohjelmassa on mahdollista käyttää ASHRAE 2013 standardin mukaista sijaintitiedostoa, joka mahdollistaa eri paikkakuntien mitoituslämpötilojen, sekä auringon säteilykertoimen oikean määrän simuloinnissa. Sää tiedostona voi käyttää EQUA:n tarjoamia sää tiedostoja, joita on käytettävissä neljä eri tiedostomuotoa: TestReference Year (TRY), ASHRAE IWE C, ASHRAE IWE C 2 sekä EnergyPlus Weather Data. Sää tiedosto on myös mahdollista tuoda ohjelmaan muistakin tietokannoista, kunhan tiedostomuoto on oikea. Nämä sää tiedostot pitää sisällään tunnin tarkkuudella ajan, lämpötilan, ilman suhteellisen kosteuden, auringon säteily tiedot, tuulen nopeuden sekä pilvisyyden.

Simulointiohjelman päävalikkoon voidaan syöttää oletusarvot rakenteille ja kohteelle voidaan lisätä varjostus, kylmä sillat, maaperän ominaisuudet, vuotoilma, painekertoimet, lisäenergia, häviöt ja fysikaaliset parametrit.

## 6.3 LVI- Järjestelmät

Ohjelmassa on oletuksena primäärijärjestelmä, joka pitää sisällään oletus lämmön- ja jäähdytyksen tuoton. Tämä on yleensä hyvä pohja omien lämmön- ja jäähdytyskomponenttien lisäämiseen tai muokkaamiseen, koska se pitää sisällään kaikki peruskomponentit tätä varten. Malliin on mahdollista lisätä NMF (Neutral Model Format) formaattia käyttäviä yhtälöihin perustuvia mallinnustyökaluja ja luoda erilaisia taloteknisiä ratkaisuja, jotka energiasimulointi ottaa huomioon laskelmissa. Ohjelman vakio primäärijärjestelmän voi myös korvata ESBO Plant järjestelmällä, jolloin voidaan rakentaa helpommin monimutkaisempia ratkaisuja. Vakio primäärijärjestelmän ulkoasu on nähtävissä liitteessä 3.

Ilmanvaihto voidaan määrittellä vapaasti jokaiselle tilalle erikseen. Ohjelmaan voidaan lisätä erilaisia ilmanvaihtokoneita tai puhaltimia, jotka voidaan määrittää palvelemaan tiloja halutulla tavalla.

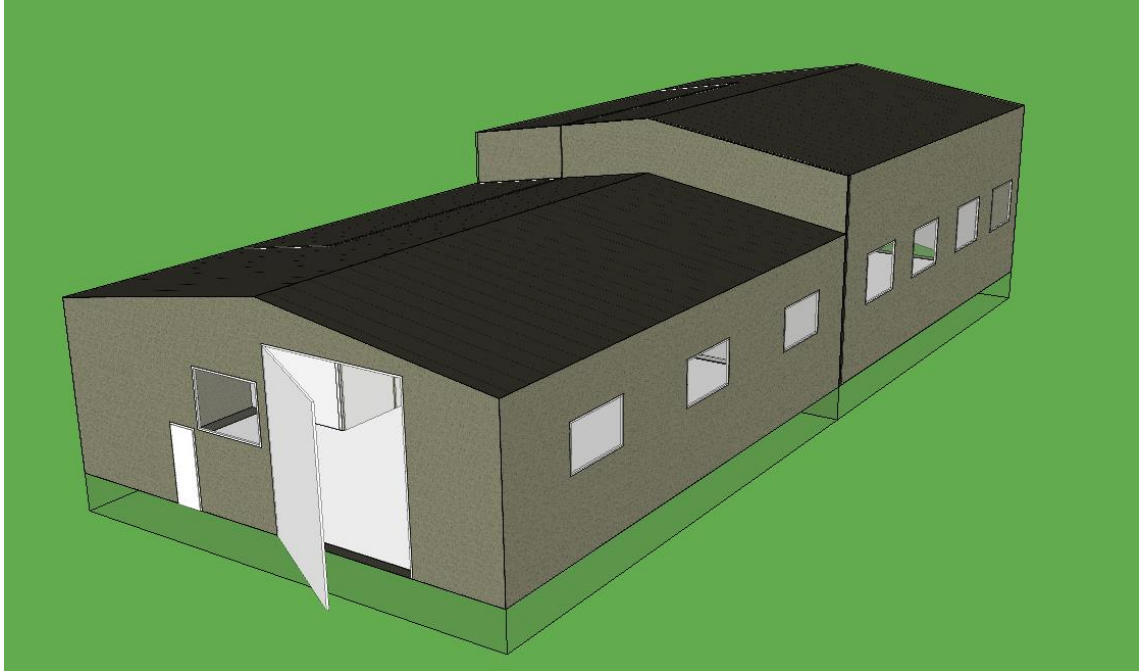
Jokaisella vyöhykkeellä on ohjelmassa vakiona ideaalinen lämmitin ja jäähdytin valmiina. Ideaalinen tarkoittaa tässä ohjelmassa, että laitteelle ei ole annettu ohjelmassa fyysistä sijaintia millään huoneen pinnalla ja että laite ei ole yhteydessä ohjelman lämmöntuottojärjestelmään. Ideaalinen lämmitin voidaan korvata esimerkiksi lattialämmityksellä tai vesikiertoisella radiaattorilla ja halutessaan jäähdytyksen voi jättää kokonaan pois. Laskentatuloksissa ohjelma ottaa kuitenkin huomioon ideaalisen lämmityksen vaatiman lämmitystehontarpeen.

## **7 Rakennuksen energiasimulointi**

Rakennuksen energiasimuloinnissa oli kaksi selkeää vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa simulointi tehtiin rakennuksen lämmitystehontarpeen selvittämistä varten. Simuloinnista saatuja lämmitysenergiatarpeen tuloksia hyödynnettiin aurinkokeräimen kokoa ja määrää valittaessa (Liite 6). Toisessa vaiheessa simulointi tehtiin lämminvesivaraajan sekä aurinkokeräimen mitoittamiseksi IDA ICE ESBO laajennusosaa hyödyntäen. Varaajan ja aurinkokeräimen simuloinnissa hyödynnettiin Liitteen 6 mukaisia valittuja aurinkokeräintietoja ja keräimen suuntauskulmien tietoja, keräimen mitoittamiseen IDA ICE -ohjelmalla. Molemmat simulointivaiheet tehtiin vuoden mittaisella simuloinnilla.

## **8 Lämmitystehontarvesimulointi**

Energiasimulointi aloitettiin luomalla IDA ICE -ohjelmalla rakennukselle vyöhykkeet mittakaavaan käytettävissä olevien rakennuksen pohjakuvapiirustusten mukaisesti (Liite 1). Huonekorkeudet ja välipohjan paksuudet saatiin leikkauskuvista (Liite 1). Tämän jälkeen muokattiin jokaiselle vyöhykkeelle olosuhteiden asetusarvot sekä huonelaitteet ja kuormat vastaamaan tiedossa olevia rakennuksen tietoja. Valmis 3D-malli on esitetty kuvassa 5. Rakennuksen luomisen jälkeen ohjelmalla tehtiin lämmitystehontarpeen simulointi, josta saatiin vuoden ajalta rakennuksen lämmityksen tehontarve.



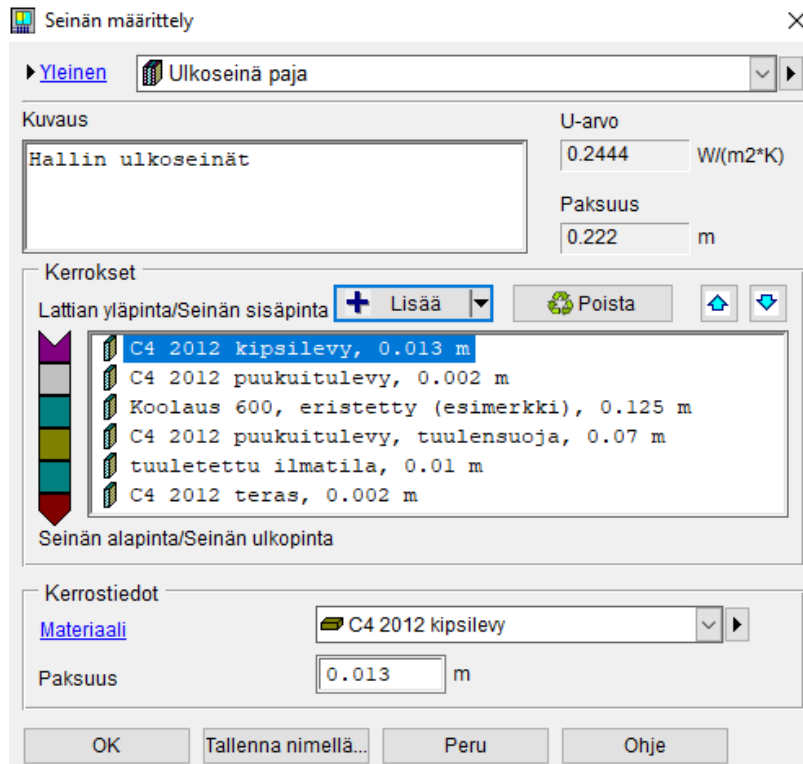
Kuva 5. Rakennuksen 3D malli IDA ICE ohjelmassa.

## 8.1 Vuotoilma

IDA ICE ohjelmaan voi syöttää vuotoilman tiedoiksi tuulesta johtuvan ilmavirran tai vakion vuotoilmavirran. Tässä työssä käytetään vakiovuotoilmavirtaa, koska kohteen ilmatiiviyttä ei tunneta, eikä sitä ollut mahdollista mitata. Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna voidaan käyttää  $q_{50} = 4$  ( $\text{m}^3/\text{h m}^2$ ), jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä. Ilmanvuotoluvulla ilmaistaan rakennuksen tai sen osan ilmanpitävyys ja tähän perustuu tilojen vuotoilman lämpöenergiakulutuksen laskenta. Vuotoilma lasketaan rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta  $q_{50}$ . Olemassa olevaan rakennukseen ilmanvuotoluku selvitetään suunnitelmista, mittaamalla tai ajantasaisista rakennuksen asiakirjoista. (Ympäristöministeriö 2012.) Tässä työssä käytettiin ilmanvuotolukuna  $4$  ( $\text{m}^3/\text{h m}^2$ ).

## 8.2 Rakenteet ja kylmäsiljat

Simulointiohjelman rakennuskohtaisiin tietoihin on syötettävä oletusarvoihin rakenteet, joihin mukaan ohjelma laskee lämmönläpäisykertoimet tilojen eri rakenteille. Tässä työssä rakenteiksi määritettiin kohteen rakennuspiirustuksista saadut rakenteiden suunnittelutiedot. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki rakennuksen ulkoseinän määrittämisestä kohteeseen.



Kuva 6. Ulkoseinän rakenteet rakennuspiirustuksien mukaan.

Viivamaisten kylmäsiltojen määrittämisessä suunnitteluarvoja ei ollut saatavilla, joten käytettiin ympäristöministeriön ohjearvoja rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta (Ympäristöministeriö 2018a). Kuvassa 7 on nähtävissä määritetyt viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat lisäkonduktanssit.



Kuva 7. Viivamaisten kylmäsiltojen lisäkonduktanssit ohjelmassa.

### 8.3 Sijainti ja säätiedot

IDA ICE -ohjelmassa ei käytetty ympäristöministeriön asetuksen D3 mukaista säävyöhykettä, vaan sen sijasta käytettiin todennukaisempaa tuntikohtaista sijainti- ja säätietoa kohteen paikkakunnalta. Tiedosto ottaa huomioon mitoituksessa esimerkiksi auringon tuottaman passiivisen suoran lämmityksen rakennukseen Ilomantsin sijainnilla, sekä tuntikohtaiset ilmasto- olosuhteet.

Säätiedostoksi valittiin Euroopan komission tyypillinen vuosisää kohteen sijainnin mukaan vuosilta 2007–2016. Tämä säätiedosto on koostettu noin 10 vuoden ajalta ja tähän on valittu kuukauden säädata sen perusteella mitä pidettiin vuoden tyypillisimpänä. Esimerkiksi helmikuu voi olla tiedostossa vuodelta 2007 ja tammikuu vuodelta 2011. Tämä säätiedosto valittiin, koska siitä saatiin kohteen sijainnin sääolosuhteet. Tässä säätiedostossa ei ollut pilvisyyden arvoja ollenkaan tai ne olivat arvoltaan virheellisiä, joten todennukaiset pilvisyyden arvot lisättiin jälkikäteen Ashrae IWEC2 Ilomantsin säätiedostosta. Säätiedoston lisääminen

eri lähteestä IDA ICE ohjelmaan vaati paljon säätiedoston muokkaamista ennen kuin ohjelma osasi lukea tiedostoa. Näistä vaiheista on kerrottu liitteessä 2.

#### **8.4 Kuormat ja huonelaitteet**

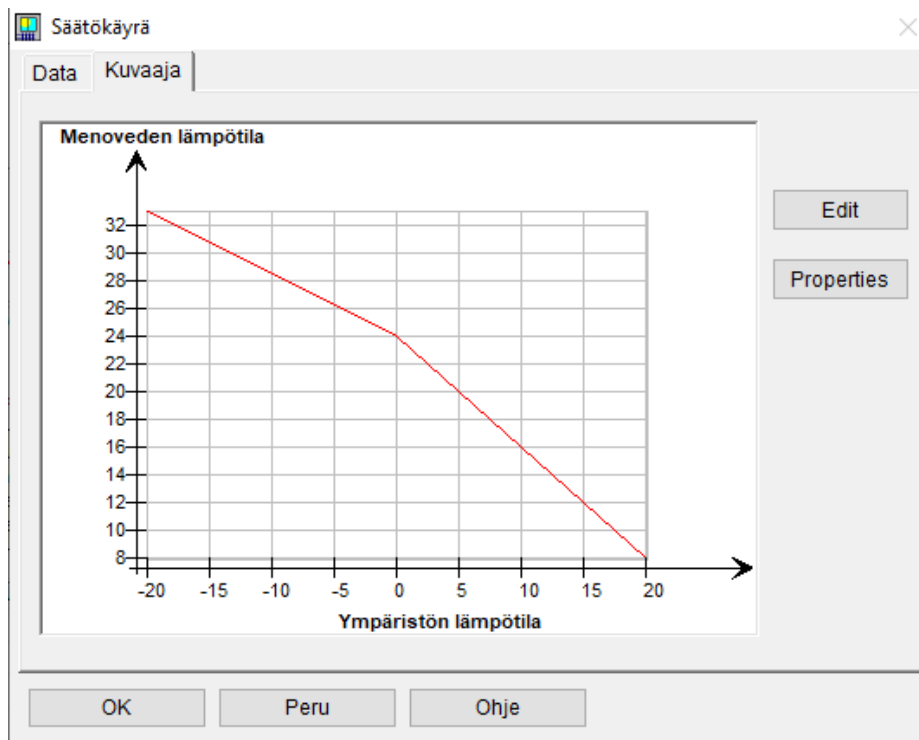
Tässä työssä tilalaitteiden ja valaistuksesta aiheutuvat lämpökuormat on jätetty pois laskennasta, johtuen osittain tilalaitteiden todella epäsäännöllisestä käytöstä ja siitä oletuksesta, että valaistuksen ja huonelaitteiden lämpökuormat tiloihin olisivat merkitykseltään hyvin vähäisiä tässä työssä. Näin pääteltiin koska tila on tilavuudeltaan suuri suhteessa laitteiden tuomiin kuormiin. Kuormat jätettiin laskennasta pois myös simuloinnin yksinkertaistamiseksi. Rakennuksessa on kaksi nosto- ovea, joista toinen ohjelmoitiin simuloinnissa avautumaan kuusi kertaa päivässä kahden minuutin ajan kerrallaan joka viikonpäivä sunnuntaita lukuun ottamatta. Toinen ovi laitettiin avautumaan kerran päivässä viiden minuutin ajan. Näin mahdolliset nosto- ovien käytöstä aiheutuneet lämpöhäviöt on huomioitu laskelmissa arvioiden avulla.

Tiloissa on poistoilmapuhallin, jota ohjataan käsikäytöllä. Arvion mukaan se on asetettu käymään joka päivä yhden tunnin ajan klo 9:00 – 10:00, vaikka todellisuudessa sen käyttö voi olla todella vähäistä. Nimellisvirraksi puhaltimeen on asetettu 50 l/s.

#### **8.5 Simuloinnissa käytettävät LVI- määritykset**

Lämmitysjärjestelmät toteutettiin simuloinnissa mahdollisimman todenmukaisesti rakennuksen nykytilanteen mukaan, että saatiin tarkat tulokset lämmitysenergian tarpeesta. Ohjelmaan määritettiin lattialämmitys kohtiin, joissa se fyysisesti rakennuksessa sijaitsee. Muihin tiloihin määriteltiin ideaalinen lämmitin. Todellisuudessa tiloihin mihin määritettiin ideaalinen lämmitin, on tiloissa vesikiertoinen patterilämmitys.

Lattialämmitykselle tulevan veden lämpötila määriteltiin ohjelmaan kohteen nykyisessä Ouman EH-800b säätimessä olevilla arvoilla (Kuva 8). Mitoitustehona lattialämmitykselle käytettiin  $30\text{w}/\text{m}^2$  johtuen tilan matalasta käyttölämpötilasta. Putkiston syvyydeksi valittiin 10 cm lattiapinnasta perustuen omistajan antamiin tietoihin. Lämmönsiirtokertoimena käytettiin ohjelman ehdottamaa kerrointa putkistolle betonissa  $30\text{w}/(\text{m}^2)$  (K). Kokonaiskuva lattialämmityksessä käytetyistä arvoista näkyy kuvassa 9. Lämpimän käyttöveden määräksi valittiin rakennuksen omistajalta saadun arvion mukaan  $50\text{dm}^3/\text{vrk}$ .



Kuva 8. Lattialämmityksen säätökäyrä ohjelmassa.



Lattialämmitys ja -jäähdytys (lämpötilasäätö)		
	Jäähdytys	Lämmitys
Mitoitusteho	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="30"/>
	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="4330.0"/>
		W/m <sup>2</sup>
		W
dT(vesi) maksimiteholla	<input type="text" value="5.0"/>	<input type="text" value="10"/>
		°C
Säädin	<input type="text" value="P"/>	
Anturi	<input type="text" value="Ilman lämpötila"/>	

Massavirta	
<input checked="" type="radio"/>	Virtaussäätö (2-tieventtiili)
<input type="radio"/>	Lämpötilasäätö (3-tieventtiili). Virtaus lasketaan mitoitustehon ja tämän dT:n avulla:
	<input type="text" value="-"/> °C

Sijainti laatussa	
Syvyys pinnasta	<input type="text" value="0.1"/> m

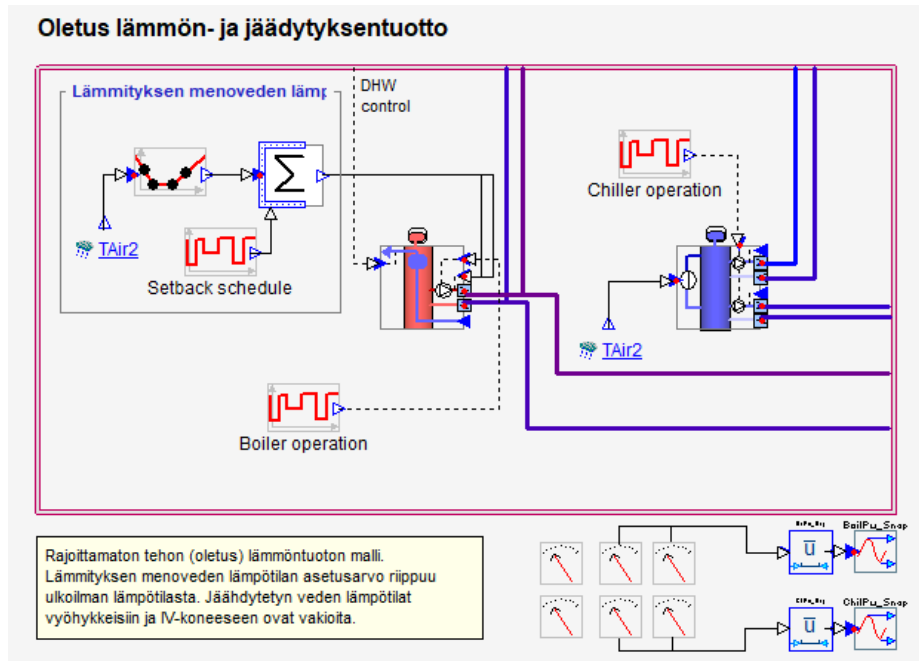
  

Lämmönsiirtokerroin	
Veden ja rakenteen välinen lämmönsiirtokerroin	<input type="text" value="30"/> W/(m <sup>2</sup> ·K)

Kuva 9. Lattialämmityksen asetusravat ohjelmassa.

Primäärijärjestelmässä, eli tässä simuloinnissa, ainoana lämmöntuottajana on objekti (Standard Boiler), joka on yksinkertaistettu malli lämmöntuotolle (Kuva 10). Kattilalle annettiin maksimitehoksi nykyisen pellettikattilan mukaan 50kW ja pumppausteho asetettiin rajoittamattomaksi. Ohjelma laskee tällöin pumpun tehon niin kuin se olisi ideaalisesti painesäädetty ja toimisi vakiohyötysuhteella. Tilojen ideaaliset lämmittimet eivät kytkeydy lämmitysjärjestelmään ja ideaalisen lämmityksen tarvitsemaa pumppausta ei oteta huomioon. Ohjelma laskee ainoastaan lattialämmityksen ja lämpimän käyttöveden tarvitseman veden pumppaustehon.

Jakelujärjestelmien häviöitä ei ole otettu mukaan simuloinnissa, joten esimerkiksi kattilarakennuksesta hallirakennukseen maan alla kulkevasta lämmitysputkistosta aiheutuvia häviöitä ei ole huomioitu. Jos lämmitysjärjestelmän lämpimän käyttöveden ja vyöhykkeiden lämmityksen jakeluhäviöiksi asetetaan simulointiohjelmassa normaalit häviöt, tulee vuosittaisiksi jakeluhäviöiksi yhteensä 3 328 kWh (Kuva 11). Tällöin lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ovat 0,5 W/ (m<sup>2</sup> lattia-ala) ja lämpöhäviöt ovat vyöhykkeisiin 4 % kokonaan käytetystä lämmöntuotosta.



Kuva 10. Standard Boiler IDA ICE ohjelmassa.

## Jakeluhäviöt

kWh

Kuukausi	Lämpimän käyttöveden jakelu	Lämmitys	Jäähdytys*	Ilmanvaihtokanavisto*
1	165.1	291.2		
2	149.1	242.6		
3	165.1	182.3		
4	159.8	93.3		
5	165.1	15.6		
6	159.8	5.7		
7	165.1	1.4		
8	165.1	5.0		
9	159.8	26.6		
10	165.1	119.0		
11	159.8	208.3		
12	165.1	193.0		
<b>Yhteensä</b>	<b>1944.0</b>	<b>1384.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Kuva 11. Lämmityksen ja lämpimän käyttöveden jakeluhäviöt.

## 8.6 Lämmitystehontarvesimuloinnin tulokset

Rakennuksen kuukausittainen energiankulutus on nähtävillä tässä työssä käytetyn yhteisen osion liitteessä 6. Poistoilmapuhaltimen ja pumpun energiankulutus näkyy kuvassa 12. Puhallin kuluttaa kuukaudessa keskimäärin 2,3 kWh energiaa ja pumpu tammikuussa jopa 9,2 kWh ja vastaavasti kesäkuun alusta elokuun loppuun kulutus on lähes 0 kWh. Yhteensä apulaitteiden vuosittaiseksi energiankulutukseksi saatiin 79,3 kWh.

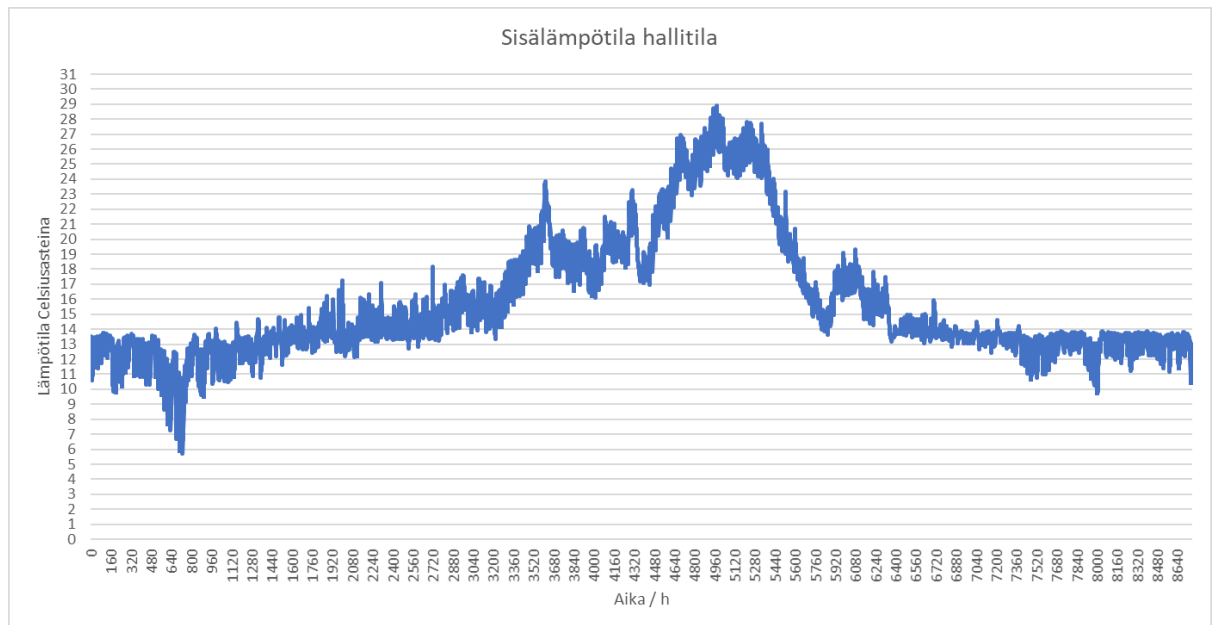
## Apulaitteiden energia

**kWh**

Kuukausi	Kostutus	Puhaltimet	Pumput
1		2.3	9.2
2		2.0	8.1
3		2.3	6.6
4		2.2	3.5
5		2.3	0.3
6		2.2	0.0
7		2.4	0.0
8		2.4	0.1
9		2.2	1.4
10		2.3	6.4
11		2.2	8.2
12		2.3	8.3
<b>Yhteensä</b>		<b>27.0</b>	<b>52.3</b>

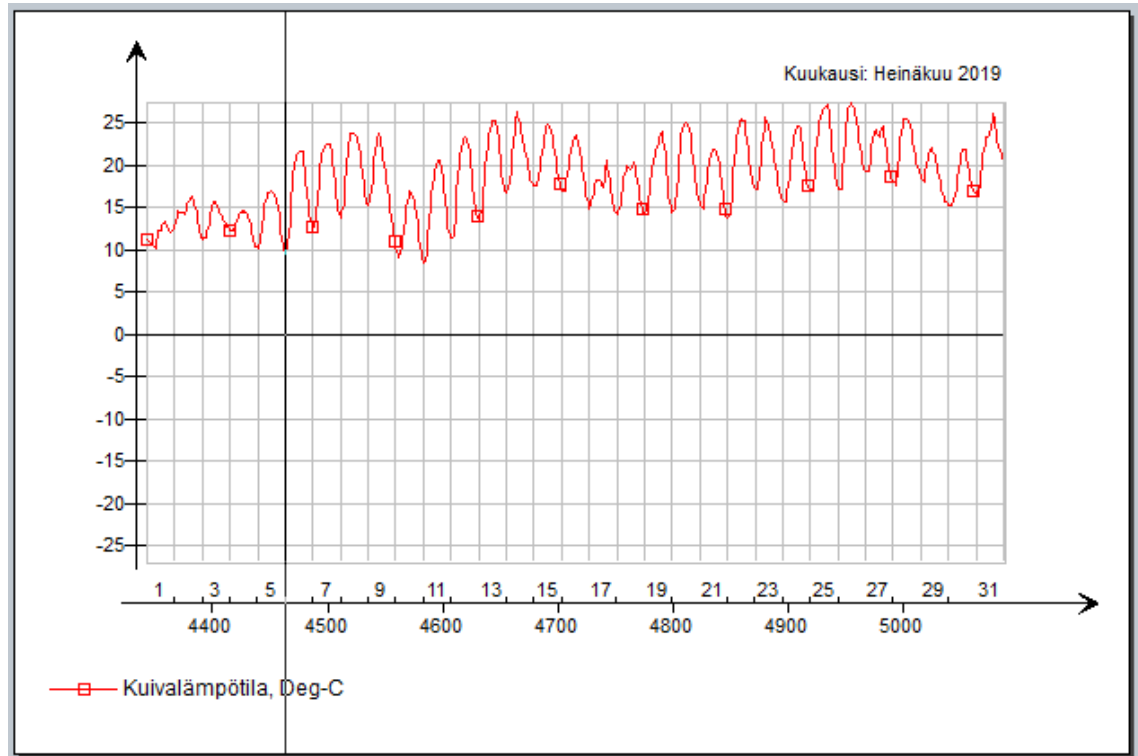
Kuva 12. Apulaitteiden energiankulutus.

Korkean lattialämmityshallitilan sisälämpötilat kohoavat simuloinnissa heinäkuun seitsemäntenä päivänä ja on korkeimmillaan 28,9 °C. Kylmimmillään lämpötila käy tammikuun viimeisenä päivänä 6 °C (Kuvaaja 1).



Kuvaaja 1. Hallitilan sisälämpötilat.

Säädattä lukiessa nähdään, kuinka heinäkuun alussa kuivalämpötila ulkona on vielä matalalla, noin 10–15 °C (Kuvaaja 2).



Kuvaaja 2. Heinäkuun kuivalämpötila ulkona.

Rakennuksen kaikkien vyöhykkeiden vuosittaiset sisälämpötilat ja lämpöhäviöt graafeina on esitetty liitteessä 4. Lämmitysjärjestelmän kuukausikohtaiset keskiarvot meno ja paluulämpötiloille sekä massavirta on esitetty liitteessä 6. Nämä tuntikohtaiset arvot ovat vain lattialämmityksen arvoja, koska ideaalisia lämmittämiä ei voi kytkeä lämmitysjärjestelmään simulointiohjelmassa.

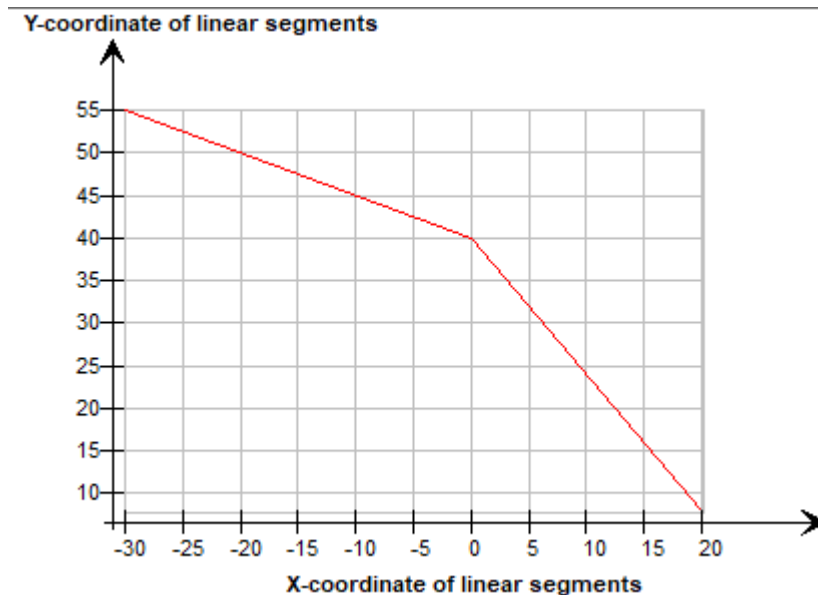
## 9 Varaajan ja aurinkokeräimen simulointivaihe

Tässä simulointivaiheessa käytettiin samaa luotua rakennusta ja ohjelman arvoja rakennukselle, kuin ensimmäisessä simuloinnissa (Osio 8). Ainoastaan ideaaliset lämmityslaitteet vaihdettiin radiaattorilämmitykseen ja ohjelman vakio primäärijärjestelmä korvattiin ESBO Plant laajenuksella. Tässä simuloinnissa pyrittiin mitoittamaan varaaja aurinkolämpöjärjestelmän kanssa IDA ICE ohjelmalla ja etsittiin tilannetta, jossa päälämmitysjärjestelmän kesäaikainen käyttö pienenesi tai jäisi kokonaan pois. IDA ICE ESBO Plant laajenuksessa asetettiin aurinkokeräimen tiedot käyttäen hyödyksi liitteessä 6 esitettyjä tuloksia ympäristö- ja energia-tekniikan opiskelijalta.

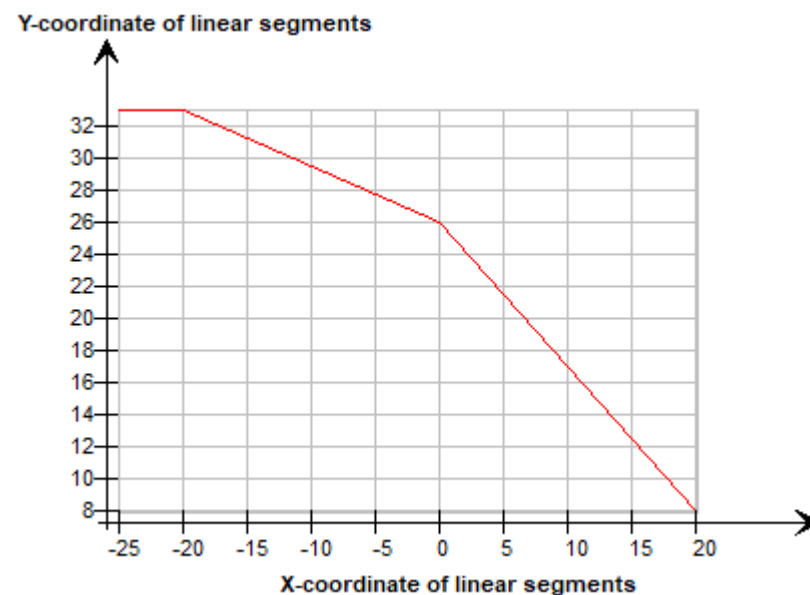
## 9.1 Lämmitysjärjestelmien mitoitusasetukset

Varaajaksi kokeiltiin mitoituksessa 300dm<sup>3</sup>, 750dm<sup>3</sup>, 1500dm<sup>3</sup> ja 2500dm<sup>3</sup> kokoista varaajaa. Kaikissa simuloinneissa on edellä mainitut asetusarvot. Ohjelmassa käytetään varaajana yhdistelmävaraajaa, johon on määriteltä 10 lämpötilakerrosta veden kerrostumiseen. Varaajan yläosan lämpötila laitettiin asetusarvoon 60 °C. Varaajan asetuksista on säädetty varaajan maksimilämpötila rajattomaksi, jotta voidaan nähdä mahdollinen varaajan yllämpeneminen. Varaajasta on kaksi lähtöä, joista toinen tilojen lämmitykseen ja toinen lämpimään käyttövedeen. Tilojen lämmitykselle sekä lämpimälle käyttövedelle lähdöt on kytketty varaajan yläosaan. Tuloliitännänä varaajassa on lämmityskattila sekä aurinkokeräin. Lämmityskattilan tuloliitäntä on varaajan yläosan ja keskiosan välissä ja aurinkokeräimen tuloliitäntä on varaajan alaosassa. Ohjelma ottaa manuaalisesti asetetut liitännät huomioon ja laskee automaattisesti nosteesta aiheutuvan veden sekoittumisen varaajassa.

Lämmityskattilan maksimilämmöntuottoteho on asetettu arvoon 50kW ja kattila rupeaa tuottamaan lämpöä varaajaan, kun varaajan yläosan lämpötila on alle 60 C. Lämmityskattilan hyötysuhteeksi on asetettu 0,84. Varaajan lämmönläpäisykerroin on asetettu arvoon 0,3 W/m<sup>2</sup> K. Lämmityspiiriin lähtevän veden asetusarvo on EH-80 lämmönsäätimen mukaan asetettu (kuva 13). Tilat, joissa on lattialämmitys, on oma säätökäyränsä matalalämpöisemmän menoveden takia (kuva 14). Ohjelmassa on radiaattorilämmityksen ja lattialämmityksen takia molemmilla erilaiset säätökäyrät. Mitoitusohjelma ottaa huomioon lämmityspiiriin vain yhden lähdön, ja säättää menoveden lämpötilaa näiden kahden erillämpöisen lämmitysjärjestelmän vaatiman lämpötilan mukaan.



Kuva 13. Lämmityspiiriin lähtevän veden lämpötila suhteessa ulkoilmaan.



Kuva 14. Lattialämmityksen säätökäyrä.

## 9.2 Aurinkokeräimen mitoitukset

Simuloinnissa aurinkokeräinpiirissä on kiertovesipumppu ja erillinen paisuntasäiliö. Tämä aurinkokeräinpiiri syöttää vaihtimen eli tässä tapauksessa varaajassa olevan kierukan kautta varaajaan lämpöä. Aurinkokeräinpiirin vaihdin sijaitsee varaajan pohjassa. Aurinkokeräimen kiertovesipumppu on asetettu käymään lämpötilaeron keräinpiirin meno ja paluuveden välillä ollessa 5 astetta. PI-säädin

ohjaa pumpppua pyrkien maksimoimaan kerättyä lämpöä. Keräinpiirissä on simuloinnissa etyleeniglykolia, jonka jäätymispiste on  $-25\text{ °C}$ .

Aurinkokeräiminä simuloinnissa kokeiltiin  $2,373\text{m}^2$ ,  $4,746\text{m}^2$  ja  $7,119\text{m}^2$  kokoisia aurinkokeräimiä jokaiselle eri varaajakoolle. Lisäksi lopuksi kokeiltiin  $14,238\text{m}^2$  kokoista, eli kuuden keräinmäärän omaavaa aurinkokeräintä  $2500\text{ l}$  varaajalle.

Simuloinnin asetusarvoina aurinkokeräimelle käytettiin Wagner Euro L20AR aurinkokeräimestä saatavia arvoja (KUVA 15). Keräinkulmaksi asetettiin  $55$  astetta. Aurinkokeräimen atsimuuttikulmaksi valittiin  $220$  astetta. Näillä kulmien asetusarvoilla pitäisi saada keväällä enemmän aurinkoenergiaa talteen ja vähentää kesän yllilämmöntuottoa varaajaan.

mitat	2151 x 1215 x 110 mm (pituus x leveys x syvyys)
bruttopinta-ala	$2,609\text{ m}^2$
apertuuripinta-ala	$2,373\text{ m}^2$
absorbaattoripinta-ala	$2,373\text{ m}^2$
keräimen hyötysuhde	eta0 = 84,8 % k1 = 3,46 W/m <sup>2</sup> K k2 = 0,0165 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
kulmakorjauskerroin	K (50°) = 95%, k <sub>diff</sub> =88%
keräimen vuosituotto (virallinen valmistajan antama tieto)	521 kWh/m <sup>2</sup> a (ITW 5 m <sup>2</sup> (standarttimittauspaikkakunta Würzburg Etelä Saksa, kokonaissäteily: 1212 kWh/m <sup>2</sup> /a)
keräimen kehys	alumiini reuna- ja 60 mm taustaeristeellä; ominaislämpökapasiteetti 5,3 kJ/(m <sup>2</sup> K)
lasikate	4 mm aurinkoturvalasi, sunarc -heijastuksenestopinnoitettu, läpäisy = 96 %
absorbaattori	absorbaattorinpelti alumiini, putkisto kupari, käyttöpaine max. 10 bar
absorbaattorin pinnoite	korkeaselektiivinen tyhjiöpinnoite, $\alpha = 95\%$ , $\varepsilon = 5\%$
absorbaattorin tilavuus/ lämmonsiiirtoneste	1,5 litraa / Tyfocor tai DL20 (propyleniglykoli sis. korroosionestoaineet)
stagnaatiolämpötila	$209\text{ °C}$ ( $E_e=1000\text{W/m}^2$ ; $T_{\text{ulko}} 30\text{ °C}$ )
keräimenliitin 1/2" UK	rst- haitariputki 1/2"-liitin
anturitasku sisähalkaisija	6 mm
Solar Keymark	Nro. 011-7S481 F
paino	48 kg

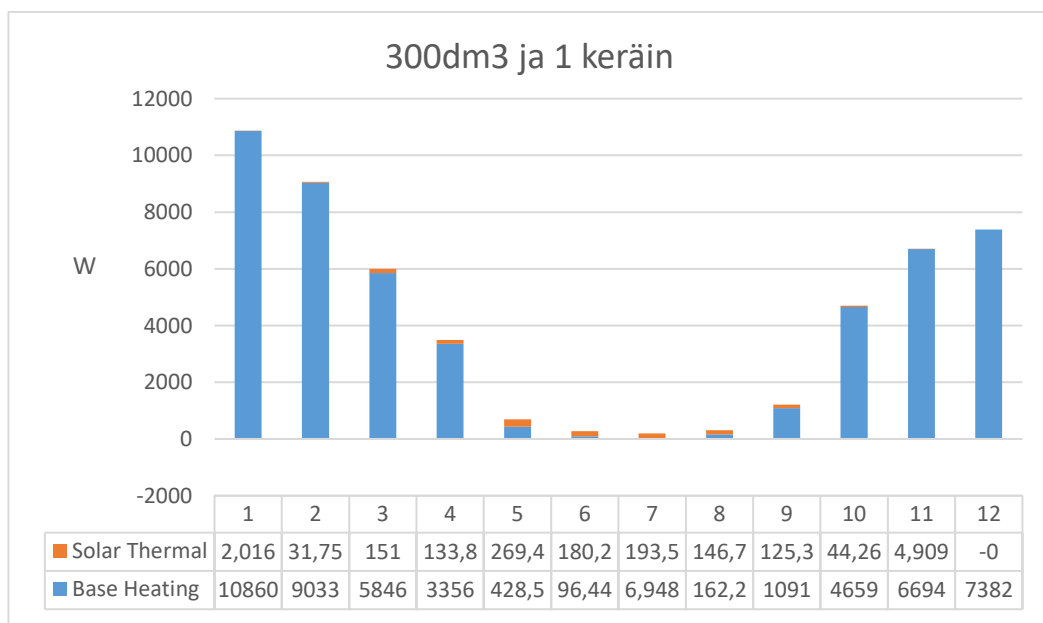
Kuva 15. Wagner Euro L20AR tiedot (Ympäristöenergia Oy).

## 10 Tulokset

### 10.1 300dm<sup>3</sup> varaaja

Varaajan korkeudeksi asetettiin 1,8 metriä. Varaajan tilavuudeksi 300 dm<sup>3</sup>. Yhden aurinkokeräimen apertuuripinta-alaksi asetettiin 2,373m<sup>2</sup>, kahden 4,746m<sup>2</sup> ja kolmen 7,119m<sup>2</sup>. Tuloksien arvot on kerätty liitteestä 5. Tuloksista on laskettu kokonaisenergiantuotto kertomalla keskimääräinen teho 24 tunnilla ja tuloksia koskevalla kuukauden päivien määrällä. Tuloksien arvoista on koottu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla pylväsdiagrammi jokaiseen tulos osioon, josta nähdään aurinkokeräimen sekä lämmityskattilan tuottama keskimääräinen teho kuukausittaisella tasolla.

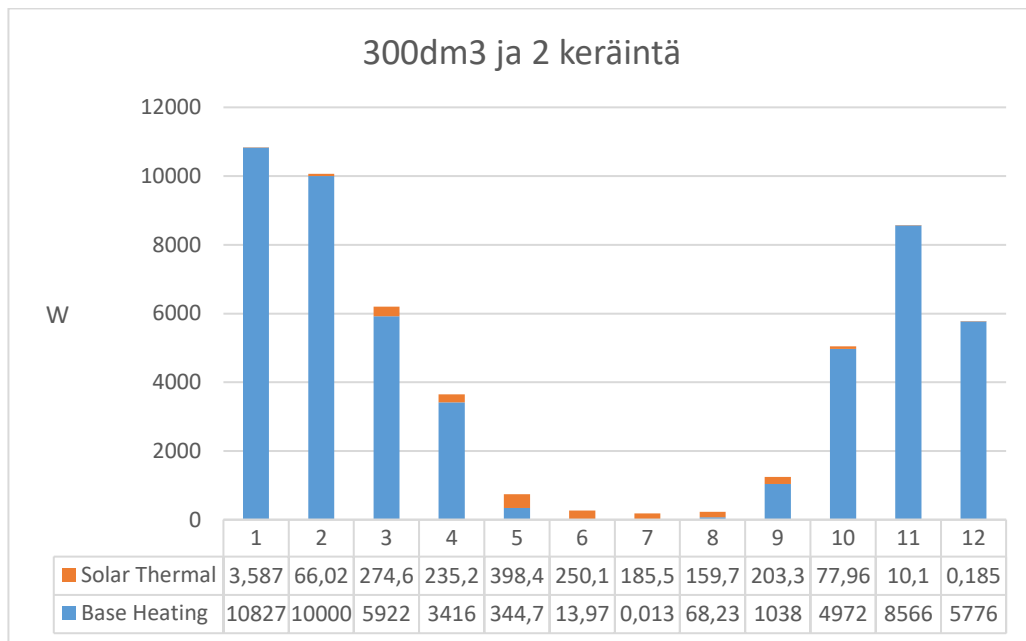
**Yhdellä keräinmäärällä** ja 300 L varaajalla saatiin vuoden ajalta kerättyä energiaa yhteensä 941,4 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin talteen toukokuulta, 200 kW ja vastaavasti vähiten joulukuulta, 0 kWh. Lämmityskattila tuottaa ympäri vuoden energiaa ja yhteensä 35 992 kWh. Heinäkuun ajalta vähiten, 5,2 kWh ja tammikuun ajalta eniten, 8079 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila asettuu heinäkuussa arvoon 79,37 °C ja varaajan lämpöhäviöt koko vuodelta ovat yhteensä 271 kWh.



Kuvio 1. Kuukausittainen keskimääräinen teho yhdellä keräimellä (W).

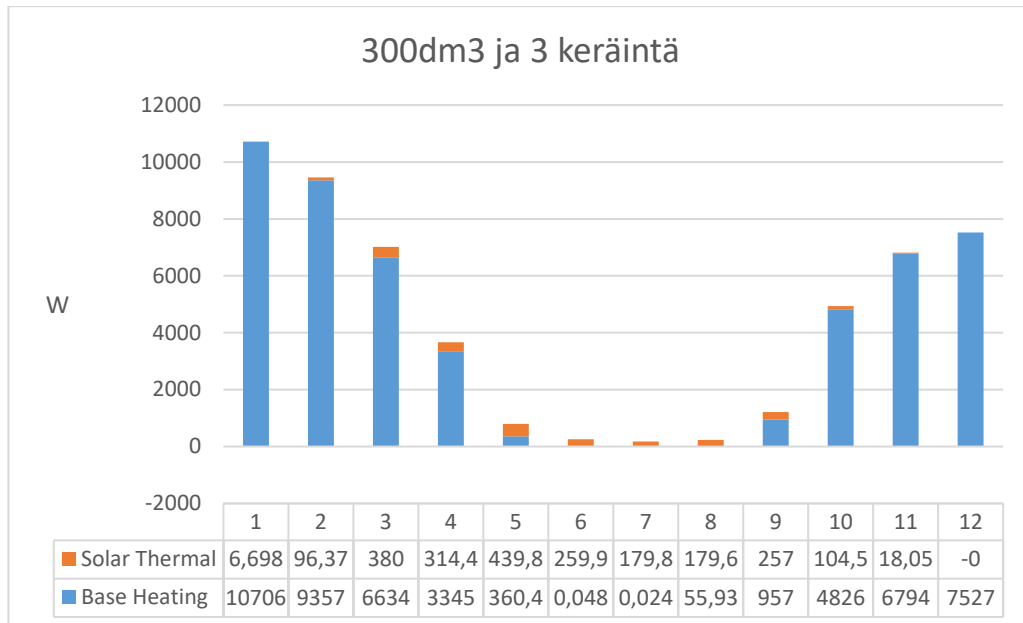


**Kahdella keräinmäärällä** ja 300 L varaajalla saatiin vuoden ajalta kerättyä energiaa yhteensä 1366 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin talteen toukokuulta, 296 kWh ja vastaavasti vähiten joulukuulta 0,137 kWh. Lämmityskattila tuottaa heinäkuussa vain 0,09 kWh lämpöä ja koko vuoden ajalta yhteensä 36 868 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten, 8055 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 88,5 °C ja varaajan lämpöhäviöt koko vuodelta ovat yhteensä 302 kWh.



Kuvio 2. Kuukausittainen keskimääräinen teho kahdella keräimellä (W).

**Kolmella keräinmäärällä** ja 300 L varaajalla saatiin vuoden ajalta kerättyä energiaa yhteensä 1636 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin talteen toukokuulta, 327 kWh ja vastaavasti vähiten joulukuulta, -0,02 kWh. Lämmityskattila tuottaa kesä- ja heinäkuun ajalla yhteensä 0,053 kWh ja elokuun ajalta yhteensä 41,6 kWh. Yhteensä kattila tuottaa vuoden ajalta energiaa 36 676 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten, 7964 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuussa 92,7 °C ja varaajan lämpöhäviöt koko vuodelta ovat yhteensä 320,7 kWh.

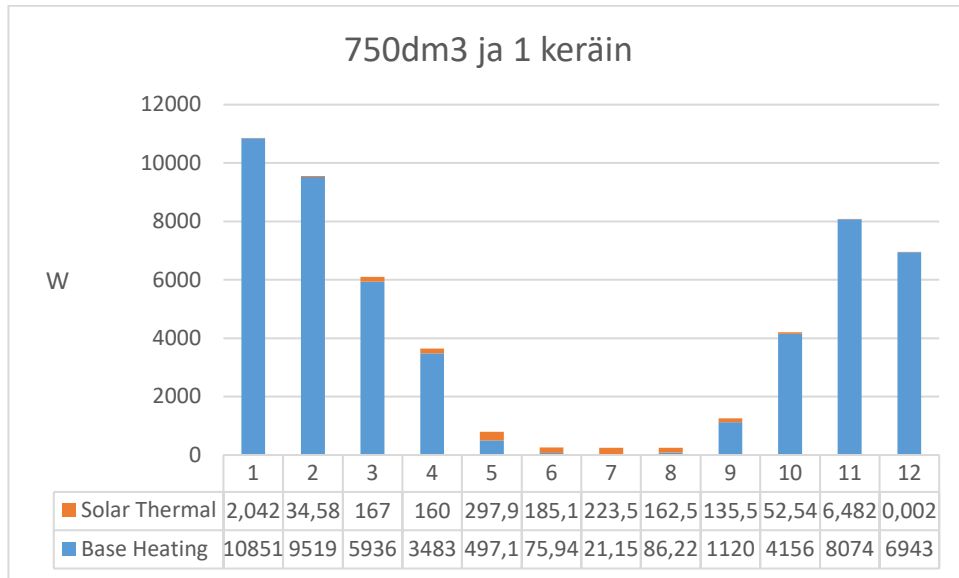


Kuvio 3. Kuukausittainen keskimääräinen teho kolmella keräimellä (W).

## 10.2 750 dm<sup>3</sup> varaaja

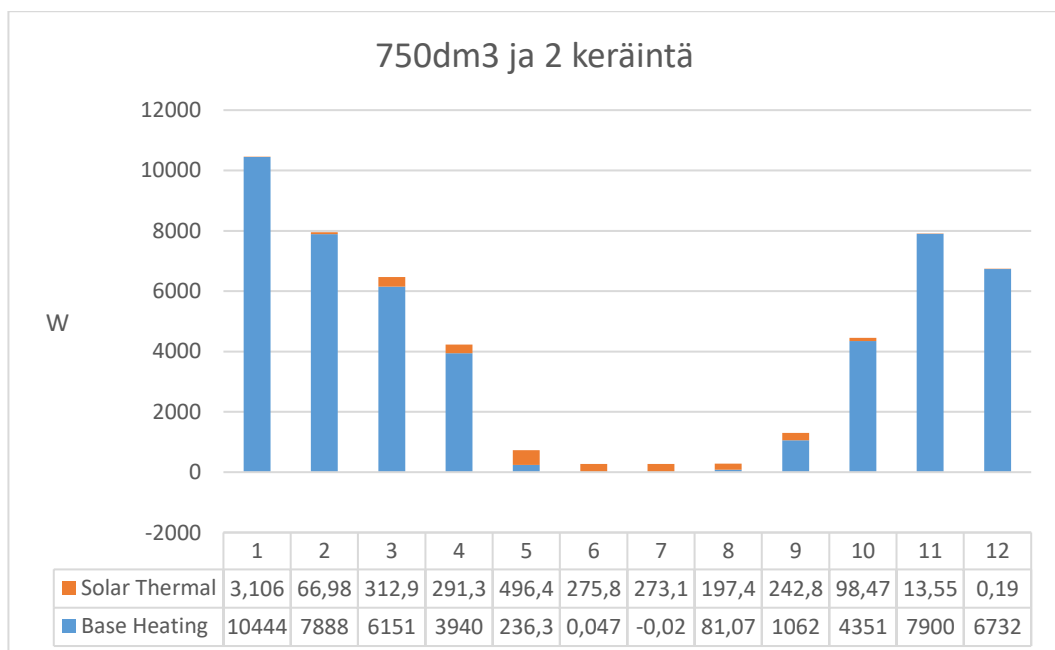
Varaajan korkeudeksi asetettiin 2,5 metriä ja tilavuudeksi 750 dm<sup>3</sup>. Yhden aurinkokeräimen apertuuripinta-alaksi asetettiin 2,373m<sup>2</sup>, kahden 4,746m<sup>2</sup> ja kolmen 7,119m<sup>2</sup>. Tuloksien arvot on kerätty liitteestä 5. Tuloksista on laskettu kokonaisenergiantuotto kertomalla keskimääräinen teho 24 tunnilla ja tulosta koskevan kuukauden päivien määrällä. Tuloksien arvoista on koottu Excel taulukkolaskentaohjelmalla pylväsdiagrammi jokaiseen tulos osioon, josta nähdään aurinkokeräimen sekä lämmityskattilan tuottama keskimääräinen teho kuukausittaisella tasolla.

**Yhdellä keräinmäärällä** ja 750 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 1047 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 222 kWh ja vähiten joulukuulta, 0,012 kWh. Lämmityskattila tuottaa tällä kokoonpanolla energiaa ympäri vuoden yhteensä 36 773 kWh. Heinäkuussa vähiten, 15,6 kWh ja tammikuussa eniten, 8072 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 69,95 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 466 kWh.



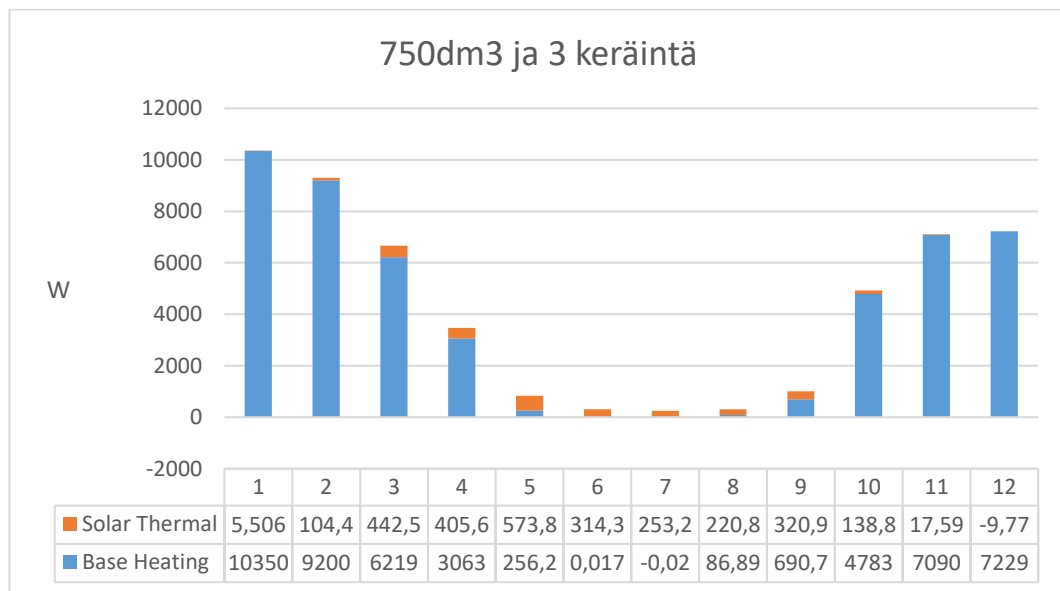
Kuvio 4. Kuukausittainen keskimääräinen teho yhdellä keräimellä (W).

**Kahdella keräinmäärällä** ja 750 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 1666 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin talteen toukokuulta, 369 kWh ja vähiten joulukuulta, 0,01 kWh. Lämmityskattila tuottaa vähiten kesä – ja heinäkuulta yhteensä 0,0016 kWh ja elokuussakin vain 61,3 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 35 415 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 7770 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 87,38 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 534 kWh.



Kuvio 5. Kuukausittainen keskimääräinen teho kahdella keräimellä (W).

**Kolmella keräinmäärällä** ja 750 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 2048 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 427 kWh ja vähiten joulukuulta, 0 kWh. Lämmityskattila tuottaa kesä- ja heinäkuun ajalta yhteensä 0,001 kWh ja elokuun ajalta vain 42,3 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 35 507 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 7700 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 92,06 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 574 kWh.

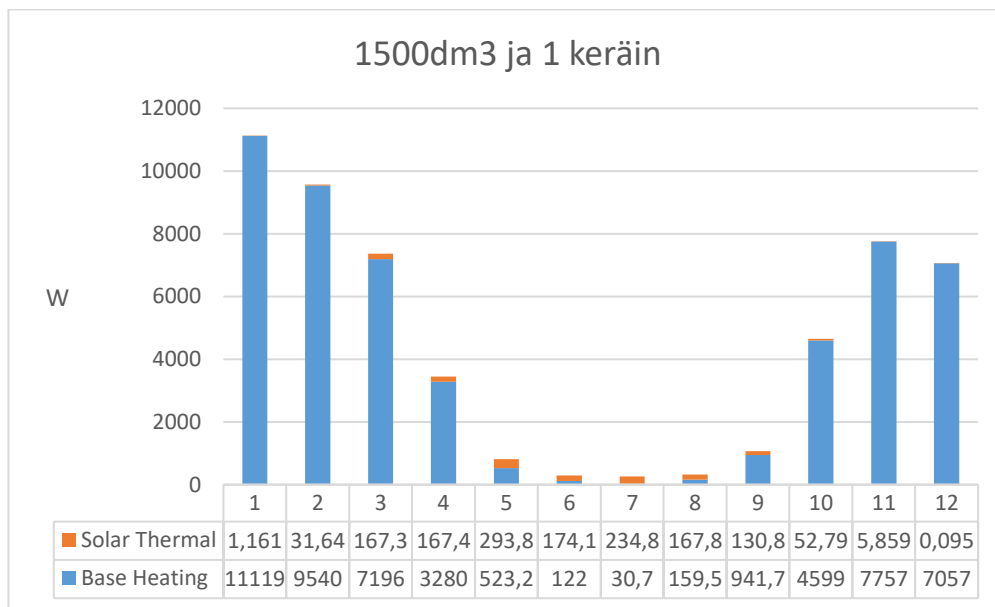


Kuvio 6. Kuukausittainen keskimääräinen teho kolmella keräimellä (W).

### 10.3 1500 dm<sup>3</sup> varaaja

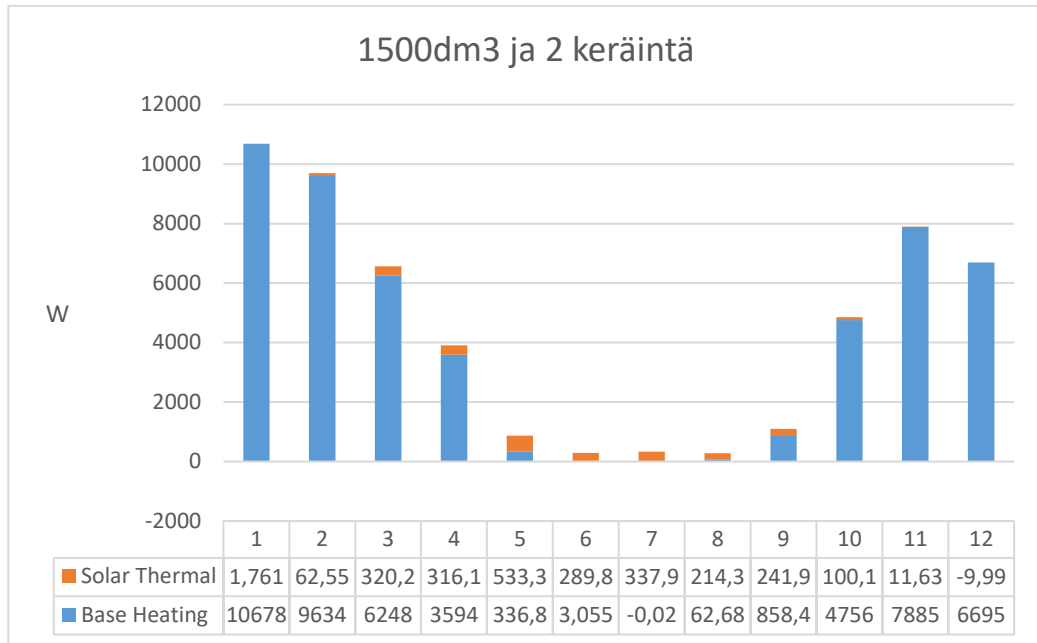
Varaajan korkeudeksi asetettiin 2,5 metriä ja tilavuudeksi 1500 dm<sup>3</sup>. Yhden aurinkokeräimen apertuuripinta-alaksi asetettiin 2,373m<sup>2</sup>, kahden 4,746m<sup>2</sup> ja kolmen 7,119m<sup>2</sup>. Tuloksien arvot on kerätty liitteestä 5. Tuloksista on laskettu kokonaisenergiantuotto kertomalla keskimääräinen teho 24 tunnilla ja tulosta koskevan kuukauden päivien määrällä. Tuloksien arvoista on koottu Excel taulukkolaskentaohjelmalla pylväsdiagrammi jokaiseen tulos osioon, josta nähdään aurinkokeräimen sekä lämmityskattilan tuottama keskimääräinen teho kuukausittaisella tasolla.

**Yhdellä keräinmäärällä** ja 1500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 1048 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 218 kWh ja vähiten joulukuulta, 0,07 kWh. Lämmityskattila tuottaa joka kuukautena energiaa ja näistä vähiten heinäkuulta, 22,8 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 37 950 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 8273 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 64,47 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 678 kWh.



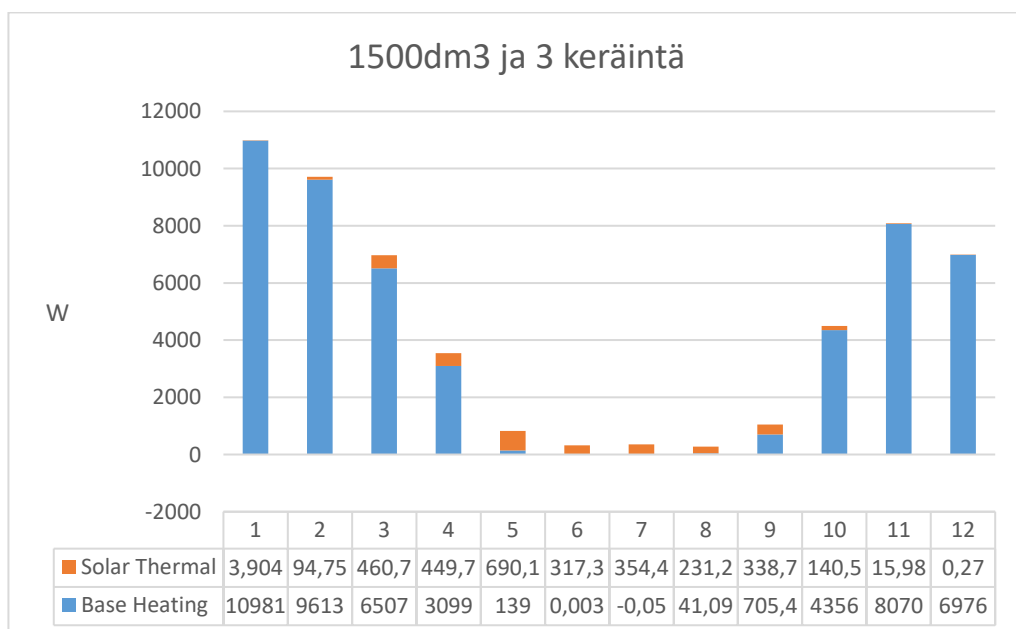
Kuvio 7. Kuukausittainen keskimääräinen teho yhdellä keräimellä (W).

**Kahdella keräinmäärällä** ja 1500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 1782 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 397 kWh ja vähiten joulukuulta, 0 kWh. Lämmityskattila tuottaa heinäkuulta negatiivisesti energiaa -0,012 kWh. Kesäkuussa kattila tuottaa vain 2,3 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 36 767 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 7944 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 79,95 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 761 kWh.



Kuvio 8. Kuukausittainen keskimääräinen teho kahdella keräimellä (W).

**Kolmella keräinmäärällä** ja 1500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 2271 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 513 kWh ja vähiten joulukuulta, 0,2 kWh. Lämmityskattila tuottaa heinäkuulta negatiivisesti energiaa -0,03 kWh ja kesäkuussa kattila tuottaa vain 0,002 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 36 583 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 8170 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 89,41 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 824 kWh.

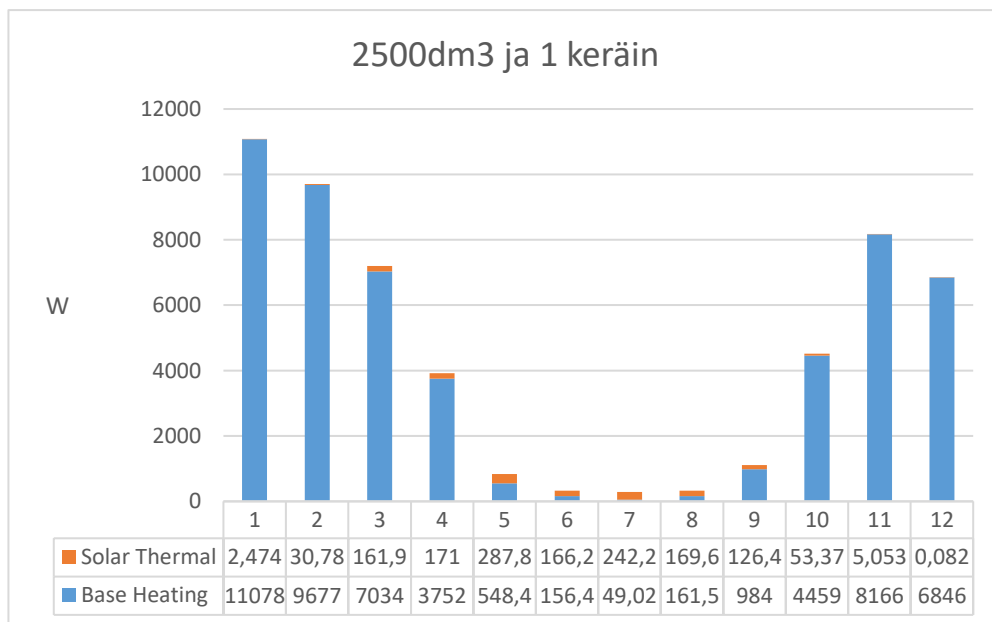


Kuvio 9. Kuukausittainen keskimääräinen teho kolmella keräimellä (W).

## 10.4 2500dm<sup>3</sup> varaaja

Varaajan korkeudeksi asetettiin 2,5 metriä ja tilavuudeksi 2500 dm<sup>3</sup>. Yhden aurinkokeräimen apertuuripinta-alaksi asetettiin 2,373m<sup>2</sup>, kahden 4,746m<sup>2</sup> ja kolmen 7,119m<sup>2</sup>. Tuloksien arvot on kerätty liitteestä 5. Tuloksista on laskettu kokonaisenergiantuotto kertomalla keskimääräinen teho 24 tunnilla ja tuloksia koskevan kuukauden päivien määrällä. Tuloksien arvoista on koottu Excel taulukkolaskentaohjelmalla pylväsdiagrammi jokaiseen eri keräinmäärän tulos osioon, josta nähdään aurinkokeräimen sekä lämmityskattilan tuottama keskimääräinen teho kuukausittaisella tasolla.

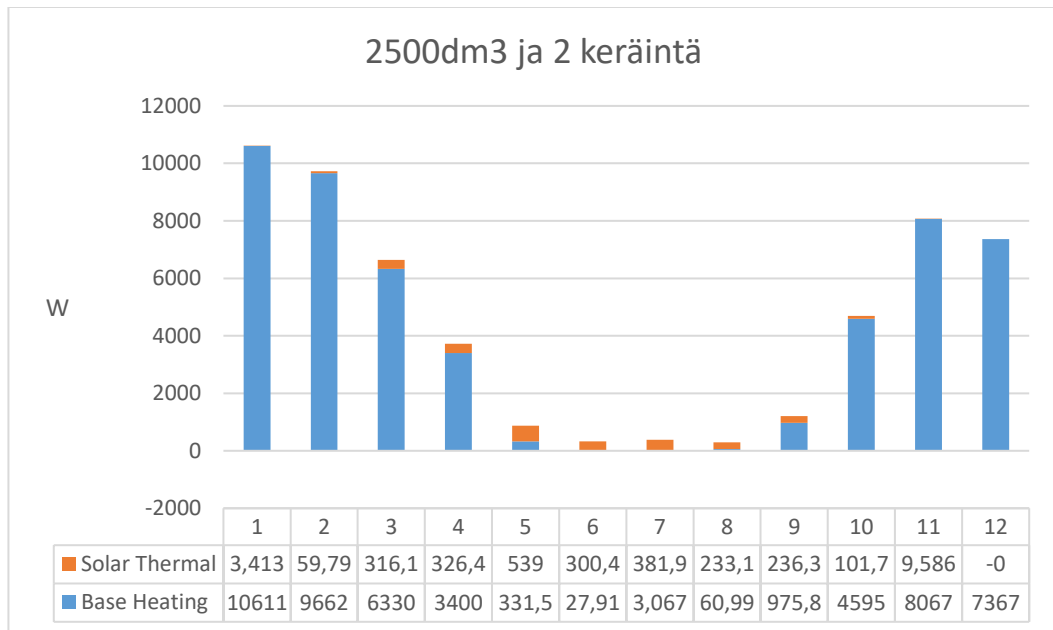
**Yhdellä keräinmäärällä** ja 2500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 1040 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 214 kWh ja vähiten joulukuulta, 0,06 kWh. Lämmityskattila tuottaa joka kuukautena energiaa ja kuukausista vähiten heinäkuulta, 36,4 kWh. Kattilan vuosittainen energiantuotto on yhteensä 38 352 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 8242 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 62,57 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 913 kWh.



Kuvio 10. Kuukausittainen keskimääräinen teho yhdellä keräimellä (W).

**Kahdella keräinmäärällä** ja 2500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 1840 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta,

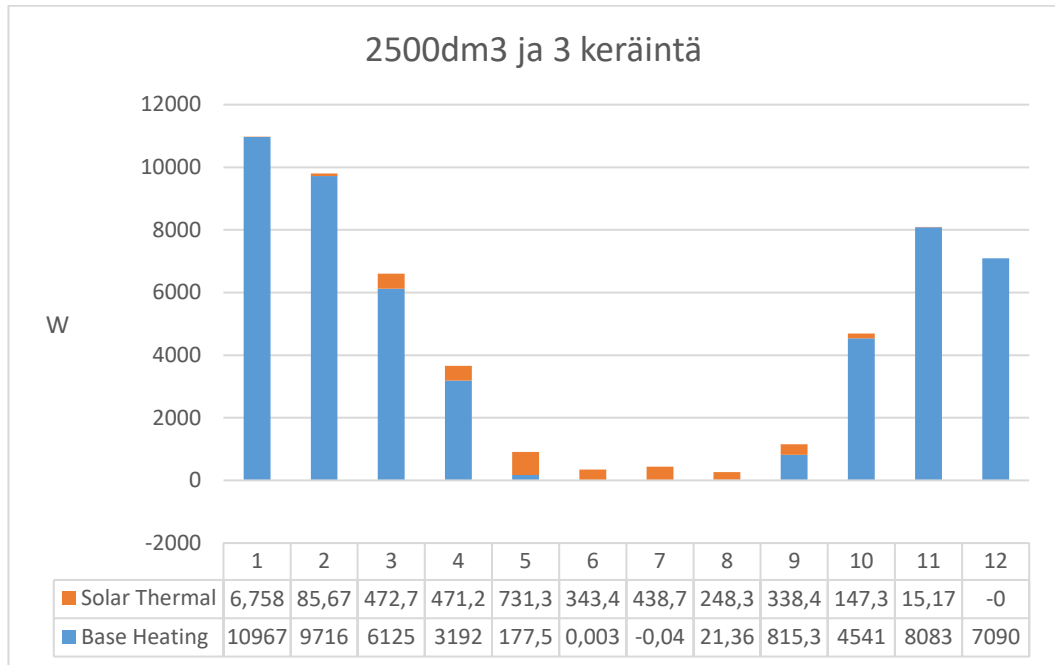
401 kWh ja joulukuun arvo on negatiivinen, -0 kWh. Lämmityskattila tuottaa heinäkuulta vain 2,28 kWh kesäkuulta kattila tuottaa 20,7 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 37 267 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 7893 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 75,26 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 1003 kWh.



Kuvio 11. Kuukausittainen keskimääräinen teho kahdella keräimellä (W).

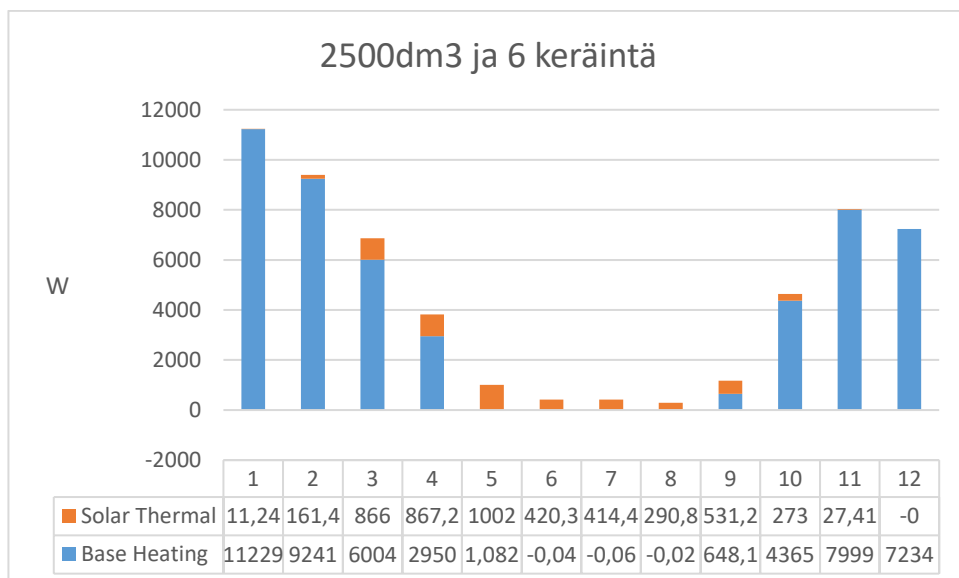
**Kolmella keräinmäärällä** ja 2500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 2419 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 544 kWh ja vähiten joulukuulta, -0 kWh. Lämmityskattila tuottaa heinäkuulta negatiivisesti energiaa -0,03 kWh ja kesäkuussa kattila tuottaa vain 0,002 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 36 750 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 8159 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 84,95 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 1092 kWh.





Kuvio 12. Kuukausittainen keskimääräinen teho kolmella keräimellä (W).

**Kuudella keräinmäärällä** ja 2500 L varaajalla saatiin vuoden ajalta aurinkoenergiaa kerättyä yhteensä 3563 kWh. Eniten aurinkoenergiaa saatiin toukokuulta, 745 kWh ja vähiten joulukuulta, -0 kWh. Lämmityskattila tuottaa touko- ja elokuun välisellä ajalla yhteensä 0,7 kWh. Kattilan vuosittainen tuotto on yhteensä 36 010 kWh. Tammikuussa kattila tuottaa eniten energiaa, 8354 kWh. Varaajan keskimääräinen maksimilämpötila on heinäkuulta 93,81 °C ja varaajan koko vuoden lämpöhäviöt ovat yhteensä 1217 kWh.

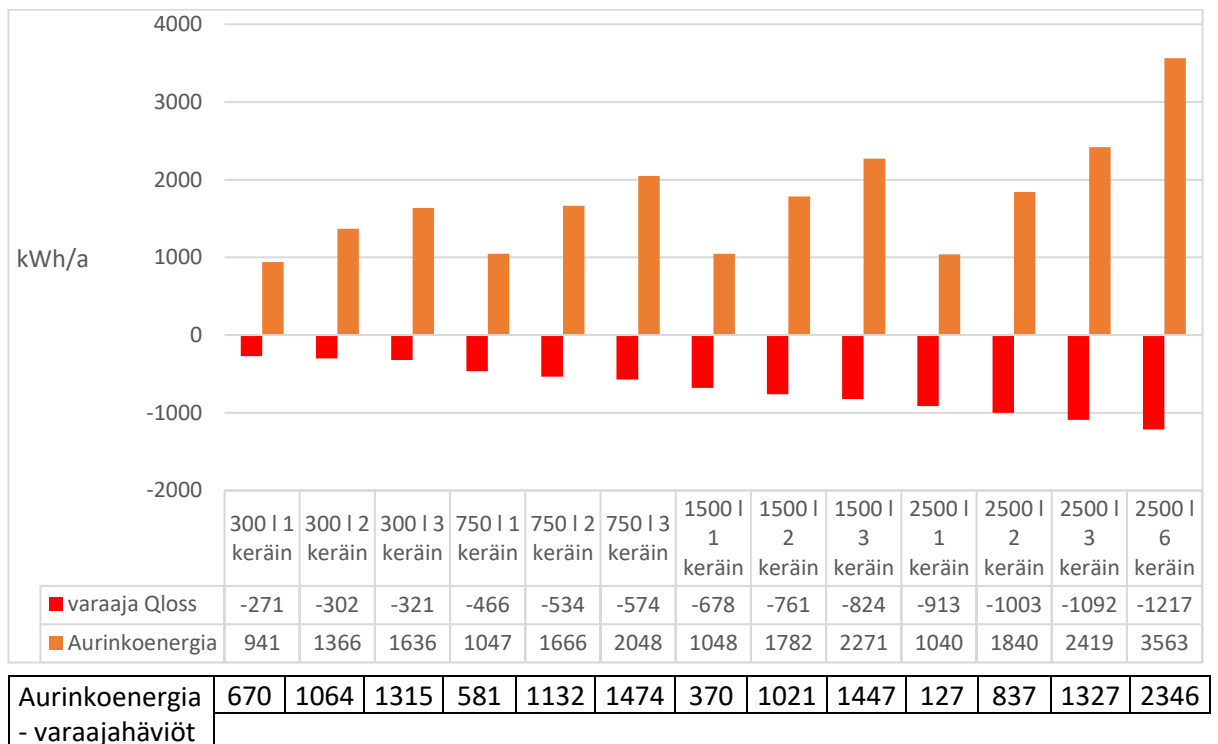


Kuvio 13. Kuukausittainen keskimääräinen teho kuudella keräimellä (W).

## 11 Tuloksien yhteenveto

### 11.1 Varaajan lämpöhäviöt ja aurinkoenergia

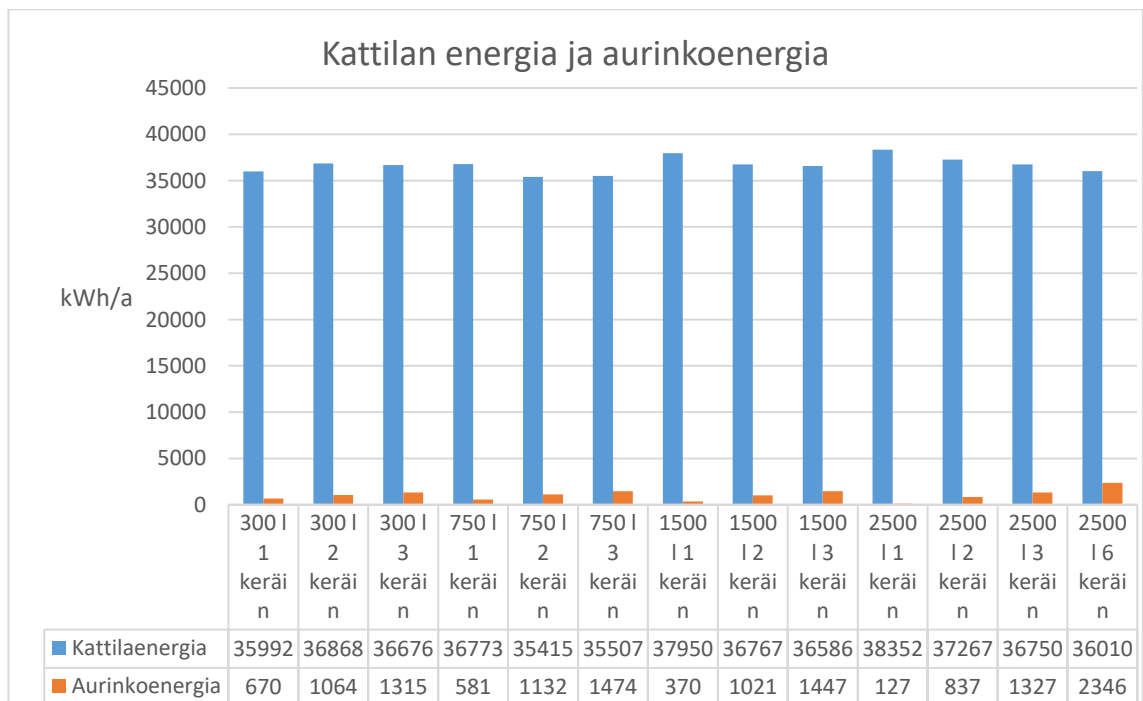
Varaaja- ja aurinkoenergiasimuloinnin tuloksista tehtiin Excel taulukkolaskentaohjelmalla yhteenveto kuvioon 14, jossa näkyy eri kokoonpanojen kerätty aurinkoenergia, varaajien häviöt sekä näiden erotus. Tulokset on esitetty vuoden ajalta. Kaaviossa ”varaaja Qloss” tarkoittaa varaajan lämpöhäviöenergiaa ja ”Aurinkoenergia” tarkoittaa kerättyä aurinkoenergiaa. Kerätyistä aurinkoenergioista vähennettäessä varaajien lämpöhäviöt nähdään, että eniten energiaa saatiin säilytettyä 2500 L varaajalla ja kuudella keräinmäärällä yhteensä 2346 kWh. Vähiten aurinkoenergiaa saatiin säilytettyä 1500 L varaajalla ja yhdellä keräimellä, 370 kWh ja tässä kokoonpanossa varaajan lämpöhäviöt ovat jo yli puolet talteen otetusta aurinkoenergiasta.



Kuvio 14. Kerätty aurinkoenergia ja varaajan häviöt eri kokoonpanoilla.

## 11.2 Lämmityskattilan energia

Tuloksien keräytystä aurinkoenergiasta vähennettiin varaajien lämpöhäviöt, koska se on oleellinen tarkastelukohde tässä työssä ja vaikuttaa varaajan tilavuuden valitsemiseen. Kattilan tuottama energia sekä aurinkoenergia, josta on vähennetty varaajan lämpöhäviöt, on esitetty kuviossa 15 eri kokoonpanoilla. Tuloksista voidaan todeta, että 750 L varaajalla sekä kahdella keräinmäärällä lämmityskattila tuottaa vuoden ajalta vähiten energiaa eli 35415 kWh. Eniten energiaa lämmityskattila joutuu tuottamaan 2500 L varaajalla ja yhdellä keräinmäärällä, 38352 kWh. 750 L varaajalla ja kahdella keräinmäärällä kattilan vuosittainen tuotto jää alhaiseksi verrattaessa muihin ja aurinkoenergiaa saadaan vielä kohtuullisesti talteen varaajien lämpöhäviöiden jälkeen.



Kuvio 15. Kattilaenergia ja aurinkoenergia, josta vähennetty varaajan lämpöhäviöt.

## 12 Varaajan ja aurinkokeräimen kannattavuus

Tässä osiossa on laskettu yksinkertaisella tavalla varaajan ja aurinkokeräimen kannattavuutta kohteeseen tuloksien perusteella. Kannattavuutta tarkastellaan pelletin hinnan perusteella ja laskelmissa verrataan aurinkolämpöjärjestelmästä saatavan energian hintaa lämmityskattilalla tuotetun energian hintaan. Investoinnin kannattavuutta tarkastellaan tässä takaisinmaksuajan perusteella, eikä pelletin hinnan mahdollista muutosta ole huomioitu. Kannattavuuslaskelma perustuu kattilan tarvitsemaan energiaan eri varaaja- ja aurinkokeräin kokoonpanoilla. Laskelmaan on valittu tarkastelussa oleva laitekokoonpano, jolla lämmityskattila joutuu tuottamaan vähiten energiaa. Kannattavuuslaskelmien hintoina on käytetty tyypillisiä aurinkolämpöjärjestelmän hintoja vuosilta 2014–2015 (kuva 16). Näihin hintoihin kuuluu kokonaisuudessaan aurinkokeräimet, kattokiinnikkeet, pumppu ja varolaitteet, ohjausyksikkö, paisunta-astia, lämmönsiirtoputki ja lämmönsiirtoneste sekä asennustyöt.

Lämminvesivaraajan hintana käytetään Aurinkoenergiavaraaja AKVA SOLAR 750 lämminvesivaraajan hintaa, joka on näissä laskelmissa 2305 e (Taloon Yhtiöt Oy).

Järjestelmän koko keräin-m <sup>2</sup>	Laitteiston ja asennuksen hankintahinta €/keräin-m <sup>2</sup>	Ylläpitokulut % alkuinvestoinnista /keräin-m <sup>2</sup>
Pienet järjestelmät 4 – 20 keräinm <sup>2</sup>	500 – 1000 €/keräinm <sup>2</sup>	10 %, 50 – 100 €/keräinm <sup>2</sup>
Keskikokoiset järjestelmät 20 – 100 keräinm <sup>2</sup>	500 – 750 €/keräinm <sup>2</sup>	8 %, 40 – 60 €/keräinm <sup>2</sup>
Suuret järjestelmät 100 – 1000 keräinm <sup>2</sup>	400 – 500 €/keräinm <sup>2</sup>	5 %, noin 20 – 25 €/keräinm <sup>2</sup>
Teolliset järjestelmät, 15 000 keräinm <sup>2</sup>	280 – 340 €/keräinm <sup>2</sup>	Noin 20 €/keräinm <sup>2</sup>

Kuva 16. (Auvinen 2016).

Jotta voidaan vertailla aurinkoenergian tuomaa säästöä, on pellettikattilan polttoaineen hinta laskettu. Pelletin hinta on otettu Vapon internetsivustolta 500 kg pellettisäkki, jonka alkaen hinta on 138,2 e (Vapo 2018). Yhdessä pellettikilogrammassa on 4,7 kWh energiaa, joten 1 kWh energiaa maksaa  $132,8 \text{ e} / (500 \text{ kg} * 4,7 \text{ kWh}) = 0,05881 \text{ e}$ .

Eri varaaja- ja keräinkokoonpanot ja kattilan vuosittaiset polttoainekustannukset on esitetty taulukossa 1. Taulukosta nähdään, että 750 L ja kahden keräimen kokoonpanolla rakennuksen lämmitys kustantaisi 2083 e, joka olisi edullisin vaihtoehto. Tästä kokoonpanosta aurinkolämmön osuus on varaajan lämpöhäviöiden jälkeen 1132 kWh, joka pelletin hinnalla olisi  $0,05881 * 1132 \text{ kWh} = 66,57 \text{ euroa}$  vuodessa.

300 l 1 keräin	2117	e
300 l 2 keräin	2168	e
300 l 3 keräin	2157	e
750 l 1 keräin	2163	e
750 l 2 keräin	2083	e
750 l 3 keräin	2088	e
1500 l 1 keräin	2229	e
1500 l 2 keräin	2162	e
1500 l 3 keräin	2152	e
2500 l 1 keräin	2255	e
2500 l 2 keräin	2192	e
2500 l 3 keräin	2161	e
2500 l 6 keräin	2118	e

Taulukko 1. Eri kokoonpanojen kattilan käyttämä energia. Euroa / vuosi.

Kahden keräimen järjestelmän hinnaksi tulisi noin  $4,746 \text{ m}^2 * 600 \text{ e} = 2848 \text{ e}$ . Tähän lisätään vielä 750 L varaajan investointikustannus 2305 e ja järjestelmän 30 vuoden ylläpitokulut, jotka ovat noin 10 % keräinjärjestelmän hinnasta. Yhteensä investointikustannuksiksi tulisi  $2848 \text{ e} + 2305 \text{ e} + 284,8 \text{ e} = 5437,8 \text{ euroa}$ .

Jos valittu aurinkolämpöjärjestelmä olisi käytössä 30 vuoden ajan, tulisi aurinkoenergialla säästöä tällöin  $30 \text{ v} * 66,57 \text{ e} = 1997 \text{ euroa}$ . Tuotetun energian ja investointikustannuksen erotus olisi tällöin  $5437,8 \text{ e} - 1997 \text{ e} = 3440,8 \text{ euroa}$ . Järjestelmälle jäisi siis edullisimman kokoonpanon kanssa 30 vuoden jälkeen

vielä hintaa noin 3440 euroa, eikä investoinnit maksaisi itseään lähellekään takaisin. Yritykselle on mahdollista saada energiatukea 20 % investointihinnoista. Vaikka kohteen investoinneille saataisiin yrityksille myönnettävää energiatukea 20 % investointihinnoista, jäisi hintaa 30 vuoden jälkeen vielä  $((2848 \text{ e} + 2305 \text{ e}) * 0,8) + 284,8 \text{ e} - 1997 \text{ e} = 2410 \text{ euroa}$ .

## 13 Pohdinta

### 13.1 Lämmitystehontarvesimuloinnin tarkastelu

Tässä simulointivaiheessa oli tarkoitus saada realistinen lämmitystehontarve rakennukselle. Osion 8.6 tuloksien kuvaajista nähdään, että vyöhykkeet, joissa on lattialämmitys ideaalilämmityksen sijasta, tapahtuu tilojen lämpötilassa enemmän poikkeamaa asetusarvosta. Tammikuun lopussa, kun ulkolämpötila on jopa  $-27 \text{ }^{\circ}\text{C}$  on sisälämpötila hetkellisesti noin  $+6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vastaavasti näissä tiloissa heinä- ja elokuun vaihteessa sisälämpötila on hetkellisesti jopa  $+29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tämä johtuu luultavasti ohjelman lattialämmityksen lämpötilansäädöstä ja säätöarvoista sekä kesäaikaisesta ulkolämpötilasta ja auringon tuomasta lämpösäteilystä. Ideaalisen lämmityksen omaavissa tiloissa lämpötila pysyy asetusarvossaan, mutta kun lämpökuormaa tulee jostain muualta kuin lämmityslaitteelta niin sisälämpötila nousee. Kuumimmillaan wc-tila on hetkittäin kesäkaudella noin  $+30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . WC-tilan näin korkeaan lämmön nousuun syynä voi olla se, että simulointiohjelmassa ovi on koko ajan kiinni ja tilassa on suuri ikkuna etelään päin suhteutettuna tilan koon ja auringon passiivista lämpöä tulee näin paljon tilaan.

Rakennuksen lämmitystehontarpeen kannalta tulokset näyttävät uskottavilta lukuun ottamatta kesäkauden ideaalisten lämmittimien käyttämää lämpötehoa. Heinäkuussa energiantarve on  $39,2 \text{ kWh}$ , mitä ei mielestäni pitäisi olla, jos sisälämpötilat ovat kuitenkin koko ajan yli asetusarvon. Toisaalta säädätystä katsottuna heinäkuun alussa on ulkoilman kuivalämpötila noin  $+10 - +15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ja ideaaliset

lämmityslaitteet reagoivat nopeasti pieniinkin lämpötilan muutoksiin ja näin saattavat käyttää lämpötehoa, vaikkei tilaa todellisuudessa tarvitsisi lämmittää (kuvaaja 2).

### **13.2 Varaaja- ja aurinkokeräinsimuloinnin tarkastelu.**

Tässä simulointivaiheessa oli tarkoituksena löytää kohteeseen sopiva varaaja sekä aurinkokeräin, josta saataisiin tilojen lämmitykseen kesäkaudella mahdollisimman paljon energiaa ja saataisiin vähennettyä kattilan tuottamaa energiaa. Lämpimän käyttöveden määrä tutkittavassa kohteessa on todella pieni, joten työssä keskityttiin tilojen lämmitykseen.

Varaajan ja aurinkokeräimen simulointia tarkasteltaessa on ideaaliset lämmittimet korvattuna vesikiertoisella patterilämmityksellä, ja tämä nostaa lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötilaa verrattuna tilanteeseen, jossa olisi pelkästään matalalämpöinen lattialämmitys. Tuloksista voidaan todeta, että varaajan tilavuuden kasvaessa myös varaajan lämpöhäviöt kasvavat suuriksi. Varaajan lämpöhäviöitä myös nostaa patteriverkoston tarvitsema korkeampi lämpötila. Varaajan tilavuuden suurentuessa lämmityskattila joutuu lämmittämään tarpeettomasti suurta vesitilavuutta, jotta saadaan lämmityspiiriin oikeanlämpöistä vettä ja tämän huomaa 2500 L varaajan ja yhden keräimen kohdalla. 2500 L ja kuuden aurinkokeräimen sekä 300 L ja 1 aurinkokeräimen kokoonpanossa lämmityskattilan vuosittaisessa energiantuotossa on eroa vain 18 kWh, josta suurempi varaaja käyttää enemmän energiaa.

Pienessä varaajassa ongelmaksi koituu taas varaajan pieni lämmön varastointikapasiteetti, jolloin kattila joutuu lämmittämään tiheästi paluuvettä, ellei aurinkolämmöstä ole saatavilla lämpöä. Missään simuloinnissa varaajan lämpötila ei ylittänyt veden kiehumispistettä, mikä voi toisinaan olla ongelma. Kiehumiselta esti tässä tapauksessa mahdollisesti korkeat varaajan lämpöhäviöt kesällä sekä keräimen suuntaus niin, että keväällä auringosta saatava tuotto olisi parasta.

750 L varaaja ja kaksi keräintä olisi tulosten perusteella paras vaihtoehto kohteeseen, sillä tällä varaaja- ja aurinkokeräinkokoonpanolla lämmityskattilan tuottama koko vuoden energiantarve on vähäisintä ja keräimestä saadaan hyvin energiaa. Tällä aurinkokeräin- ja varaajakokoonpanolla aurinkoenergialla katettaisiin kuitenkin vain 3,2 % vuosittaisesta lämmitysenergiasta. On oletettavissa, että tässä kohteessa oleva vesipatterilämmitys heikentää aurinkoenergiasta saatavaa kokonaistuottoa jonkin verran johtuen patterien korkeammasta menoveden lämpötilasta, jonka seurauksena aurinkoenergiasta saatava hyöty pienenee. Suurella keräinmäärällä ja pienemmällä varaajalla olisi mahdollista hyötyä ehkä aurinkoenergiasta enemmän, jos aurinkokeräimestä saatava ylijäämä pystyttäisiin ohjaamaan muualle kuin varaajaan.

Jokin järjestelmä, joka voisi jäähdyttää tai käyttää aurinkokeräimistä tulevan ylijäämän kesäajalla hyödyksi, nostaisi merkittävästi auringosta saatavaa hyötyä tällaisessa kohteessa. Keräinjärjestelmä voitaisiin ylivoimaisesti ylivoimistaa ja saataisiin keväällä kaikki lämmitysenergia auringosta käyttöön. Olisi mielenkiintoista nähdä, minkälainen vaikutus tällaisella järjestelmällä olisi aurinkoenergian hyödynnettävyyteen. Jatkokehittämistä ajatellen jäljempänä mainitun järjestelmän pystyisi mahdollisesti simuloimaan teorian tasolla ja laskemaan kannattavuutta.

IDA ICE ohjelmassa oli myös mahdollista käyttää ideaalista varaajaa, joka olisi niin sanotusti ihanteellinen ja määrittäisi varaajan tulo- ja lähtöliitännät aina optimaaliseen korkeuteen riippuen lämmöntarpeesta. Kokeiltaessa ideaalista varaajaa kahden keräimen ja 750dm<sup>3</sup> varaajalla lämmityskattilan vuosittainen tuotto kasvoi verrattuna itse määrittämiin asetusarvoihin. Myös aurinkokeräimestä kerätty energia varaajaan kasvoi, mutta tässä työssä haettiin lämmityskattilan käytön minimoimista. Oli mielenkiintoista huomata, että etsimäni teorian pohjalta määritetyt korkeudet varaajan tulo- ja lähtöliitännöihin antoivat simuloinnista parempia tuloksia kuin se, että olisin käyttänyt ohjelman ideaalista varaajaa.



IDA ICE dynaaminen simulointiohjelma soveltuu mielestäni hyvin varaajan, keräimen ja rakennuksen lämmitysjärjestelmän mitoittamiseen. Olisi ollut hyödyllistä, jos tilojen eri lämpöiset lämmitysjärjestelmät olisi voitu erottaa simuloinnissa, tämä ei kuitenkaan ole ohjelmassa vielä mahdollista. Esimerkiksi varaajan lähdöt olisi voitu näille erilämpöisille järjestelmille asettaa niiden vaatimaan optimaaliseen korkeuteen. Ohjelman sujuva käyttö vaatii perehtyneisyyttä ja laajaa tietoa ohjelman käyttämisestä. Tässä työssä eniten aikaa meni ohjelman käytön opettelemiseen ja simulointien eri vaiheisiin. Jokainen eri kokoonpanon simulointivaihe kesti tämän kokoisessa rakennuksessa noin 10–15 minuuttia, joten asetusten huolellinen määrittäminen oli hyvä tehdä ajan säästämiseksi sekä mahdollisten asetusarvojen virheiden varalta. Kokonaisuudessaan tämän opinnäytetyön simulointivaiheisiin ja ohjelman käyttöön meni aikaa arviolta noin 130 tuntia.

### **13.3 Tuloksien luotettavuus**

IDA ICE Simulointiohjelmassa on mahdollista muokata todella paljon eri asetuksia ja arvoja. On mahdollista, että pieniäkin muutoksia ohjelman arvoihin tekemällä voidaan vaikuttaa lopputulokseen merkittävästi. Simuloinneissa on pyritty huolellisuuteen ja useaan testisimulointivaiheeseen, jossa on tarkasteltu muutettavien arvojen vaikutusta simuloinnin tuloksiin ja sitä kautta päätelty eri arvojen muuttamisen merkitystä tuloksiin.

Työn simuloinneissa ei ole laskettu järjestelmän lämpimän veden kiertojohtoon tai menojen ja paluulinjojen lämpöhäviöitä mukaan. Näiden laskentaan ottamattomien putkistojen lämpöhäviöiden takia rakennuksen tarvitsema lämmitysteho saattaisi todellisuudessa olla hieman nykyistä isompi, ei kuitenkaan kovin merkittävästi. Simulointiohjelmassa myös jokaisella tilalla on kiinni olevat ovet, jotka todellisuudessa saattaa olla auki ja kiinni epäsäännöllisesti. Tämä voi vaikuttaa lämmitystehtotarpeeseen jollakin tasolla.

Poistoilmapuhallin on simuloinnissa ohjattu käymään päivittäin ja todellisessa tilanteessa voi olla, että puhallinta ei käytetä kuukausiin. Puhaltimen poistoilman

kautta rakennukseen tulee korvausilmaa, joka voi nostaa lämmitystehontarvetta todellisesta tilanteesta jonkin verran.

Simulointiohjelman varaajan asetuksissa on lukuisia arvoja, joita voi muokata. Varaajan tulo- ja menoliitännöiden korkeudesta aiheutuvat veden kerrostumiset varaajassa ovat luotettavia niiltä osin kuin simulointiohjelma osaa kerrostumista laskea. Teoriaosuuden tietojen avulla pyrittiin sijoittamaan varaajan liittymisyhteiden putket optimaalisiin korkeuksiin. Pellettikattilan hyötysuhde voi olla todellisudessa vähemmänkin mitä sille on simuloinnissa määritelty, koska kyseessä on jo vanha pellettikattila.

Tuloksia ei voida pitää täysin tarkkoina, johtuen monesta muuttujasta simulointiohjelmassa. Ohjelman kaikki arvot ja niiden vaikutukset pitäisi tietää tarkalleen täysin luotettavien tulosten saamiseksi ja tähän vaaditaan mielestäni useita koulutuksia ohjelman käytöstä sekä paljon käyttökokemusta.

## 14 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli simuloida toimeksiantajan rakennus ja mitoitaa siihen aurinkolämpöjärjestelmä. Toimeksiantaja halusi tietää, onko aurinkolämpöjärjestelmä kannattava kohteeseen toimimaan toisena lämmönlähteenä pellettikattilan rinnalla. Työssä keskityttiin etenkin löytämään varaajan tilavuuden kanssa sopivaa aurinkokeräin pinta- alaa kohteeseen. Työssä onnistuttiin rakentamaan simulointiohjelmaan rakennus sekä simuloimaan rakennuksen lämmitysjärjestelmä varaajan ja aurinkokeräinjärjestelmän kanssa.

Työn tuloksista saatiin hyvin selville tuotettu aurinkoenergia jokaisella eri keräinpinta- alalla sekä sopiva varaajan tilavuus. Paras aurinkokeräin ja varaajakoonpano oli tuloksien perusteella kahden keräinmäärän ja tilavuudeltaan 750dm<sup>3</sup> varaajan kokoonpano. Tällä kokoonpanolla lämmityskattilan vuosittainen energiankulutus jäi vähäisimmäksi. Kannattavuuslaskelmien perusteella tätäkään kokoonpanoa ei olisi taloudellisesti järkevää toteuttaa kohteeseen. Tämän työn asetettujen määritysten ja sen seurauksena saatujen tuloksien perusteella aurinkolämpöjärjestelmä ei ole siis kannattava investointi kohteeseen. Pelletillä toimiva lämmitysjärjestelmä on tänä päivänä hyvinkin järkevä ratkaisu tässä työssä käsiteltävän kohteen kaltaisiin rakennuksiin.

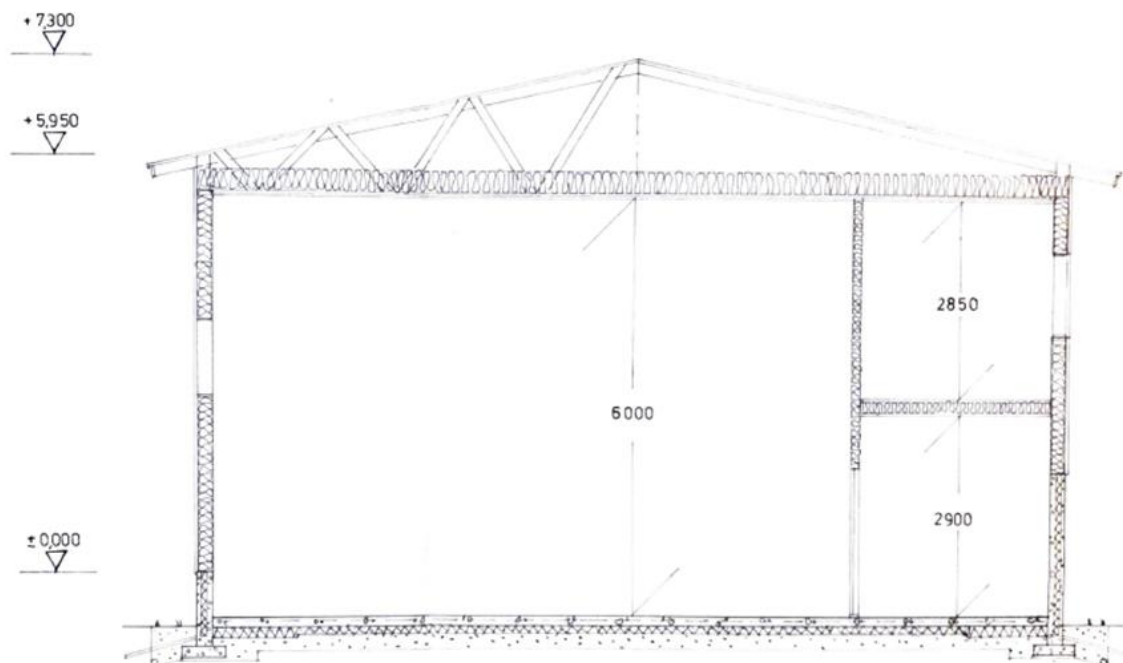
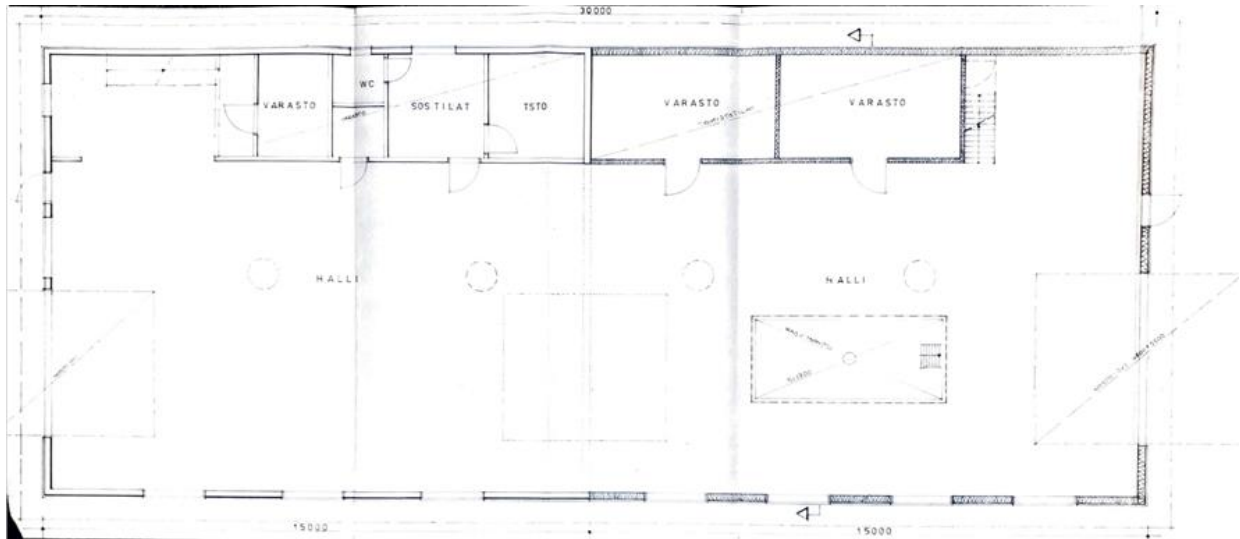
Opinnäytetyönä tämä oli haastava ja erittäin mielenkiintoinen. Sain paljon uutta tietoa rakennuksen mallinnuksesta ja simuloinnista. Simulointiohjelman tuloksien kautta sain myös paljon tietoa varaajan käyttäytymisestä aurinkolämpöön liitetynä. Työssä näin konkreettisesti miten lämmitysjärjestelmiä voidaan kokeilla rakennukseen ennen varsinaista toteutusta IDA ICE simulointiohjelmalla.

## 15 Lähteet

- Auvinen, K. 2016. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja%20kannattavuus-suomessa/>. 27.2.2020.
- Energiakauppa. 2020. Tasokeräimet. [https://www.energiakauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe/Aurinkokeraein/Tasokeraimet](https://www.energiakauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe/Aurinkokeraein/Tasokeraimet). 13.1.2020.
- EQUA Simulation AB. 2020. <https://www.equa.se/fi>. 17.1.2020.
- Ympäristöministeriö. 2018a. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmityshontarpeen laskenta. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Ympäristöministeriö. 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Ympäristöministeriö 2018b. Energiatodistusopas 2018. Rakennuksen energiatodistus ja E-luvun määrittäminen. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Ympäristöministeriö. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Ympäristöenergia Oy. 2020. Aurinkokeräin Wagner Euro L20AR. <https://www.energiakauppa.com/Wagner-Euro-L20AR-Ruukin-kautta>. 19.2.2020.
- Motiva 2019a. Milloin energiatodistus tarvitaan ja milloin energiatodistusta ei tarvita. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika\\_on\\_energiatodistus/milloin\\_energiatodistus\\_tarvitaan\\_ja\\_milloin\\_ei](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/milloin_energiatodistus_tarvitaan_ja_milloin_ei). 12.12.2019.
- Motiva 2019b. Tyhjiöputkikeräimet. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tyhjioputkikeraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputkikeraimet). 12.12.2019.
- Motiva 2019c. Tasokeräimet. [https://motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tasokeraimet](https://motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet). 14.12.2019.
- Motiva 2019d. Energiatehokas koti -hanke. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys). 8.1.2019.
- Motiva 2016. Tukilämmitysjärjestelmät. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/tukilammitysjarjestelmat](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/tukilammitysjarjestelmat). 13.1.2020.
- Motiva 2017. Aurinkolämmön varastointi. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/aurinkoenergia/aurinkolammon\\_varastointi](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/aurinkoenergia/aurinkolammon_varastointi). 15.1.2020.
- Kurnitski, J. 2012. Energiämääräykset 2012. Opas uudisrakennusten energiämääräysten soveltamiseen.
- Tahkokorpi, M., Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A. & Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa.
- Tulituote. 2020. Heatpipe – tyhjiöputkikeräimet. [https://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/aurinkokeraimet/heatpipe\\_tyhjioputkikeraimet/](https://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/aurinkokeraimet/heatpipe_tyhjioputkikeraimet/). 13.1.2020.

- Taloon Yhtiöt Oy. 2020. Varaajat aurinkolämmölle. <https://www.taloon.com/aurinkoenergiavaraaja-akva-solar-750-2-x-lk35-ak-2-yhdetta-3-bar>. 26.2.2020.
- Viessmann 2009. Technical guide – Solar thermal systems. [https://www.viessmann.be/content/dam/vi-brands/BE/global/PDFs/EN/Technical\\_guide\\_solar\\_thermal\\_systems.pdf/jcr\\_content/renditions/original.media\\_file.download\\_attachment.file/Technical\\_guide\\_solar\\_thermal\\_systems.pdf](https://www.viessmann.be/content/dam/vi-brands/BE/global/PDFs/EN/Technical_guide_solar_thermal_systems.pdf/jcr_content/renditions/original.media_file.download_attachment.file/Technical_guide_solar_thermal_systems.pdf). 21.1.2020.
- Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys.  
RT 103077. 2019. Aurinkolämpöjärjestelmät. RT ohjekortti. [www.karelia.finna.fi/](http://www.karelia.finna.fi/) ,rakennustiedon kortistot.
- Vapo 2018. Puupelletti. <https://kauppa.vapo.fi/tuotteet/500-kg-pellettisakki/>. 27.2.2020.

## Rakennuksen pohja- ja leikkauskuva



## LEIKKAUS

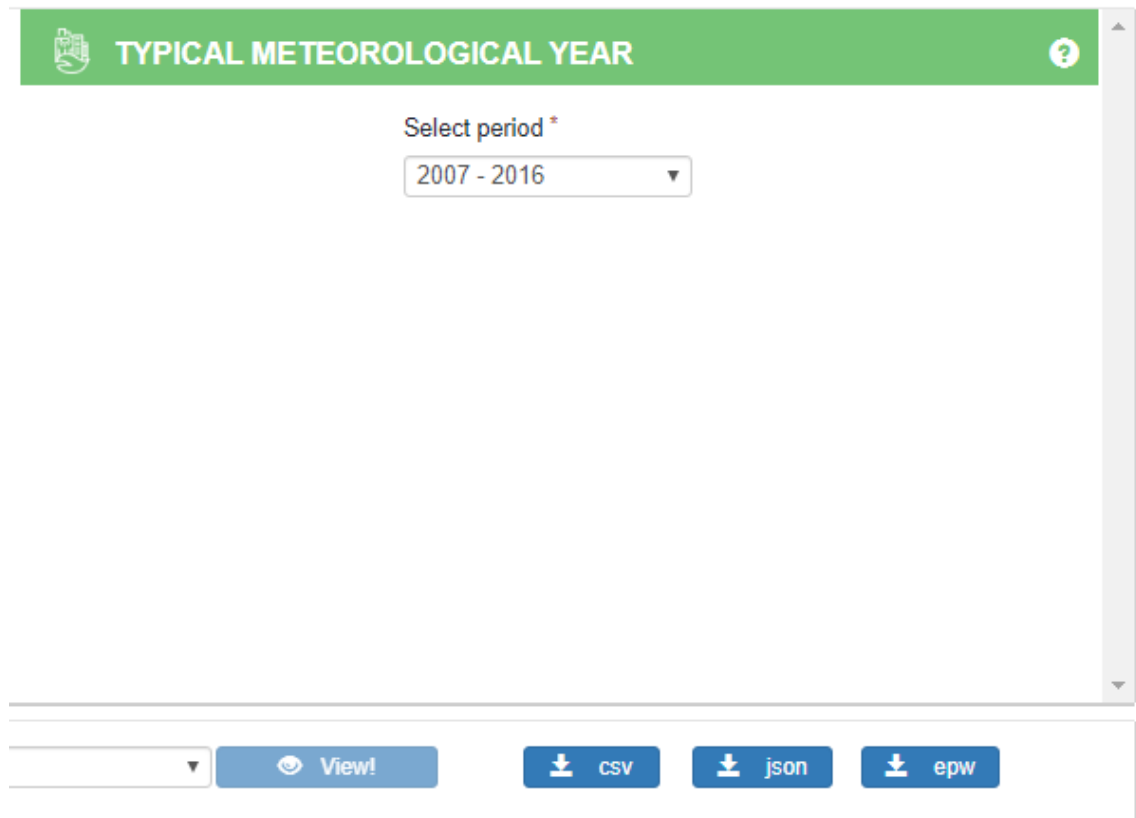
VANHAOSA:

K-ALA 190 m<sup>2</sup>R-TIL. 950 m<sup>3</sup>

LAAJENNUS:

K-ALA 190 m<sup>2</sup>R-TIL. 1254 m<sup>3</sup>

Säätiiedosto ladattiin EPW tiedostomuodossa Euroopan komission sivuilta (kuva 1).



Kuva 1. (Typical Meteorological year) säädata.

IDA ICE ei suoraan osaa lukea vielä tätä tiedostoa, vaan siitä täytyi muuttaa ensin otsikkorivit. Nämä otsikkorivit korvattiin IDA ICE tietokannasta saatavasta Helsinki IWEC säätiiedostosta. Punaisella ruudulla on merkitty kopioitavat rivit, jotka tulevat entisten tilalle. (kuva 2).

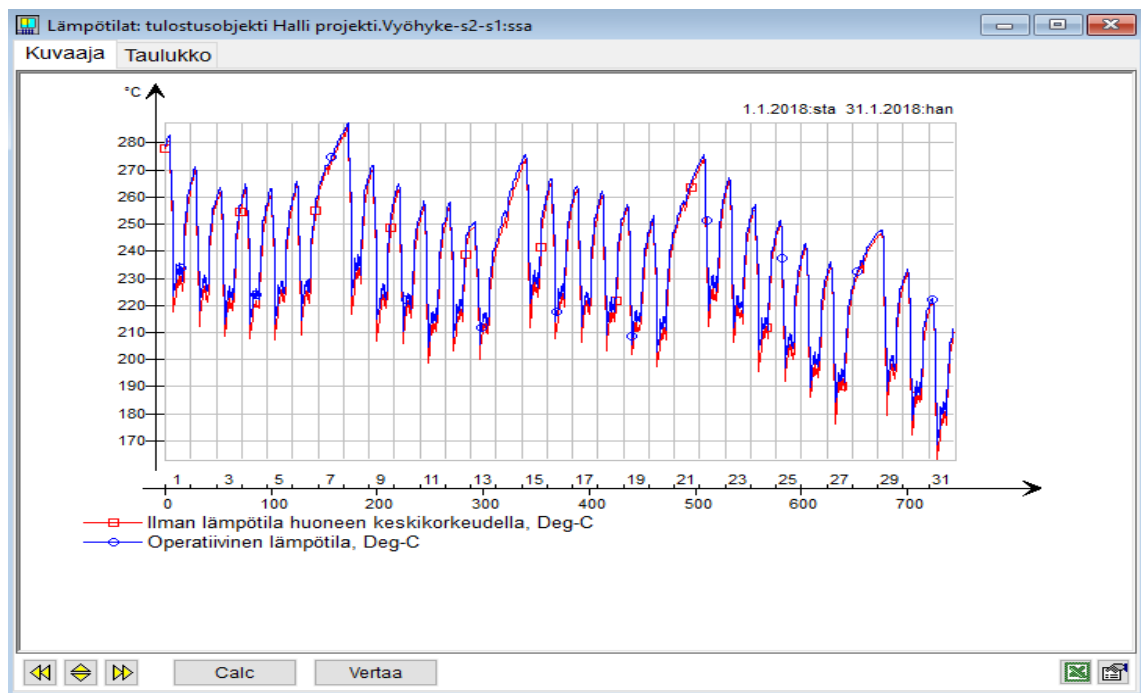
```

FIN_Helsinki.029740_IWEC - Muistio
Tiedosto Muokkaa Muotoile Näytä Ohje
LOCATION,HELSINKI,-,FIN,IWEC Data,029740,60.32,24.97,2.0,56.0
DESIGN CONDITIONS,1,Climate Design Data 2009 ASHRAE Handbook,,Heating,2,-22.8,-19.1,-25.4,0.4,-22.7,-21.8,0.5,-19.1,11.3,0.4,10.3,-
0.3,2.7,0,Cooling,7,9.5,26.7,17.9,24.9,16.8,23.2,16,19.1,24,18.1,22.8,17.2,21.6,4.5,160,17.2,12.4,20.5,16.2,11.6,19.5,15.2,10.9,18.6,54.3,23.
8,51.1,23,48.3,21.5,798,Extremes,10,8.8,7.8,22.9,-25.1,28.9,4.4,1.6,-28.2,30.1,-30.8,31,-33.3,31.9,-36.5,33.1
TYPICAL/EXTREME PERIODS,6,Summer - Week Nearest Max Temperature For Period,Extreme,7/20,7/26,Summer - Week Nearest Average Temperature For
Period,Typical,8/10,8/16,Winter - Week Nearest Min Temperature For Period,Extreme,2/ 3,2/ 9,Winter - Week Nearest Average Temperature For
Period,Typical,12/22,1/ 5,Autumn - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,9/29,10/ 5,Spring - Week Nearest Average Temperature
For Period,Typical,4/ 5,4/11
GROUND TEMPERATURES,3,.5,,,,-0.62,-4.08,-5.02,-4.21,0.47,5.70,10.62,14.19,15.23,13.55,9.52,4.43,2,,,,2.49,-0.75,-2.30,-
2.35,0.12,3.69,7.54,10.85,12.55,12.23,9.96,6.46,4,,,,4.52,2.00,0.46,-0.02,0.89,2.98,5.57,8.11,9.82,10.22,9.25,7.20
HOLIDAYS/DAYLIGHT SAVINGS,No,0,0,0
COMMENTS 1,"IWEC- WMO#029740 - Europe -- Original Source Data (c) 2001 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning
Engineers (ASHRAE), Inc., Atlanta, GA, USA. www.ashrae.org All rights reserved as noted in the License Agreement and Additional Conditions.
DISCLAIMER OF WARRANTIES: The data is provided 'as is' without warranty of any kind, either expressed or implied. The entire risk as to the
quality and performance of the data is with you. In no event will ASHRAE or its contractors be liable to you for any damages, including
without limitation any lost profits, lost savings, or other incidental or consequential damages arising out of the use or inability to use
this data."
COMMENTS 2, -- Ground temps produced with a standard soil diffusivity of 2.3225760E-03 {m**2/day}
DATA PERIODS,1,Data,Sunday, 1/ 1,12/31
1990,1,1,1,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9?9*0B8888888*0*0E8*0*0,-2.8,-
4.0,90,100400,0,1415,247,0,0,0,0,0,0,180,2.1,4,4,13.3,77777,9,999999999,0,0.0290,0,88,0.000,0.0,0.0
1990,1,1,2,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9?9A7A7A7A7A7A7*0E8*0*0,-3.6,-
5.0,89,101100,0,1415,236,0,0,0,0,0,0,240,2.6,1,1,15.0,22000,9,999999999,0,0.0290,0,88,0.000,0.0,0.0
1990,1,1,3,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9?9*0B8888888*0*0E8*0*0,-4.4,-
5.9,88,101500,0,1415,232,0,0,0,0,0,0,240,2.4,1,1,15.0,22000,9,999999999,0,0.0290,0,88,0.000,0.0,0.0
1990,1,1,4,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9?9*0B8888888*0*0E8*0*0,-5.1,-
6.6,88,101700,0,1415,225,0,0,0,0,0,0,240,2.3,0,0,15.0,22000,9,999999999,0,0.0290,0,88,0.000,0.0,0.0
1990,1,1,5,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9?9A7A7A7A7A7A7*0E8*0*0,-5.8,-
7.1,89,101700,0,1415,222,0,0,0,0,0,0,240,2.1,0,0,15.0,22000,9,999999999,0,0.0290,0,88,0.000,0.0,0.0
1990,1,1,6,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9?9*0B8888888*0*0E8*0*0,-6.3,-
7.6,89,101800,0,1415,220,0,0,0,0,0,0,240,2.4,0,0,14.0,22000,9,999999999,0,0.0290,0,88,0.000,0.0,0.0
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

```

Kuva 2. IWEC Helsinki säätiedosto.

Otsikkorivien muuttamisen jälkeen IDA ICE hyväksyy tiedoston mutta lukee sitä väärin. Tämän huomaa simuloinnin tuloksista, kun sisälämpötilat ovat noin 200–300 °C (kuva 3).



Kuva 3. Esimerkki lämpötiloista.



Jotta ohjelma osaa lukea säätiedostoa oikein on tiedosto ensiksi avattava IDA ICE:n kautta Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Näin tekemällä IDA ICE muuttaa tuulen nopeudet radiaaniarvoihin x ja y, eikä niitä tarvitse itse laskemalla muuttaa. Euroopan komission sivulta ladattavassa säätiedostossa on ilmoitettu eri tavalla tuulen nopeus (m/s) ja tuulen suunta asteina.

Kun tiedosto avattiin Excelillä, niin huomattiin että pilvisuus oli 990 % jokaisena tuntina koko vuoden ajalla (Kuva 4). Nämä solut korvattiin IWEC2 Ilomantsin sää-tiedostosta saatavalla pilvisyyden tiedolla, jonka pilvisyystiedot ovat välillä 0–100 %.

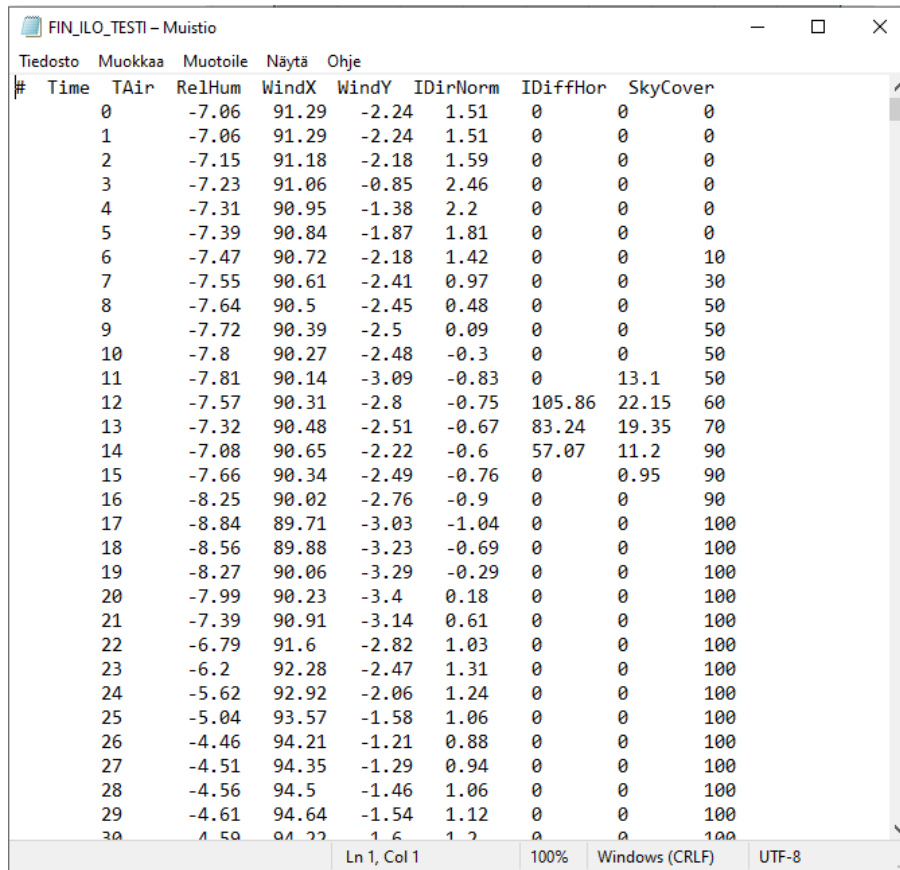
Aika	Kuivalam- potila, Deg-C	Ilman suhteelli- nen kosteus, %	Tuulen nopeus, x- kompone- ntti, m	Tuulen nopeus, y- kompone- ntti, m	Suora sateily (normaal- in suunt	Hajasatei- ly vaakasuo- ralle pinn	Pilvisuus, %
0	-7.06	91.29	-2.24	1.51	0	0	990
1	-7.06	91.29	-2.24	1.51	0	0	990
2	-7.15	91.18	-2.18	1.59	0	0	990
3	-7.23	91.06	-0.85	2.46	0	0	990
4	-7.31	90.95	-1.38	2.2	0	0	990
5	-7.39	90.84	-1.87	1.81	0	0	990
6	-7.47	90.72	-2.18	1.42	0	0	990
7	-7.55	90.61	-2.41	0.97	0	0	990
8	-7.64	90.5	-2.45	0.48	0	0	990
9	-7.72	90.39	-2.5	0.09	0	0	990
10	-7.8	90.27	-2.48	-0.3	0	0	990
11	-7.81	90.14	-3.09	-0.83	0	13.1	990
12	-7.57	90.31	-2.8	-0.75	105.86	22.15	990
13	-7.32	90.48	-2.51	-0.67	83.24	19.35	990
14	-7.08	90.65	-2.22	-0.6	57.07	11.2	990
15	-7.66	90.34	-2.49	-0.76	0	0.95	990
16	-8.25	90.02	-2.76	-0.9	0	0	990
17	-8.84	89.71	-3.03	-1.04	0	0	990
18	-8.56	89.88	-3.23	-0.69	0	0	990
19	-8.27	90.06	-3.29	-0.29	0	0	990
20	-7.99	90.23	-3.4	0.18	0	0	990
21	-7.39	90.91	-3.14	0.61	0	0	990
22	-6.79	91.6	-2.82	1.03	0	0	990
23	-6.2	92.28	-2.47	1.31	0	0	990
24	-5.62	92.92	-2.06	1.24	0	0	990
25	-5.04	93.57	-1.58	1.06	0	0	990
26	-4.46	94.21	-1.21	0.88	0	0	990
27	-4.51	94.35	-1.29	0.94	0	0	990

Kuva 4. Tiedosto avattuna Exceliin.

Tämän jälkeen avattiin PRN – tiedostomuotoa oleva säätiedosto Muistio ohjelmalla ja poistettiin kaikki sen sisältö lukuun ottamatta otsikkoriviä. Tähän PRN – tiedostoon kopioitiin otsikkorivin alapuolelle Excelissä olevat sarakkeet mukaan lukien yksi tyhjä rivi täysien sarakerivien vasemmalta puolen (Kuva 5). PRN – säätiedosto saatiin kysymällä se EQUA:n yhteyshenkilöltä, joka lähetti säätiedoston sähköpostilla. Tässä tapauksessa ei ole merkitystä minkä paikkakunnan PRN – säätiedosto on koska tiedot pyyhitään kokonaan siitä. Kuvassa 6 on esitetty miltä PRN tiedoston tulisi näyttää, jotta IDA ICE osaa lukea sitä oikein (Kuva 6). Seuraavaksi lisättiin muokattu ja valmis PRN - tiedosto IDA ICE - ohjelman säätietoihin ja simuloinnin tuloksista nähtiin, että se toimi hyvin.

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
		Aika	Kuivalam potila, Deg-C	Ilman suhteelli nen kosteus, %	Tuulen nopeus, x- kompone ntti, m	Tuulen nopeus, y- kompone ntti, m	Suora sateily (normaal in suunt	Hajasatei ly vaakasuo ralle pinn	Pilvisyys, %	
		0	-7.06	91.29	-2.24	1.51	0	0	0	
		1	-7.06	91.29	-2.24	1.51	0	0	0	
		2	-7.15	91.18	-2.18	1.59	0	0	0	
		3	-7.23	91.06	-0.85	2.46	0	0	0	
		4	-7.31	90.95	-1.38	2.2	0	0	0	
		5	-7.39	90.84	-1.87	1.81	0	0	0	
		6	-7.47	90.72	-2.18	1.42	0	0	10	
		7	-7.55	90.61	-2.41	0.97	0	0	30	
		8	-7.64	90.5	-2.45	0.48	0	0	50	
		9	-7.72	90.39	-2.5	0.09	0	0	50	
		10	-7.8	90.27	-2.48	-0.3	0	0	50	
		11	-7.81	90.14	-3.09	-0.83	0	13.1	50	
		12	-7.57	90.31	-2.8	-0.75	105.86	22.15	60	
		13	-7.32	90.48	-2.51	-0.67	83.24	19.35	70	
		14	-7.08	90.65	-2.22	-0.6	57.07	11.2	90	
		15	-7.66	90.34	-2.49	-0.76	0	0.95	90	
		16	-8.25	90.02	-2.76	-0.9	0	0	90	
		17	-8.84	89.71	-3.03	-1.04	0	0	100	
		18	-8.56	89.88	-3.23	-0.69	0	0	100	
		19	-8.27	90.06	-3.29	-0.29	0	0	100	
		20	-7.99	90.23	-3.4	0.18	0	0	100	
		21	-7.39	90.91	-3.14	0.61	0	0	100	
		22	-6.79	91.6	-2.82	1.03	0	0	100	
		23	-6.2	92.28	-2.47	1.31	0	0	100	
		24	-5.62	92.92	-2.06	1.24	0	0	100	
		25	-5.04	93.57	-1.58	1.06	0	0	100	
		26	-4.46	94.21	-1.21	0.88	0	0	100	
		27	-4.51	94.35	-1.29	0.94	0	0	100	
		28	-4.56	94.5	-1.46	1.06	0	0	100	
		29	-4.61	94.64	-1.54	1.12	0	0	100	
		30	-4.58	94.72	-1.6	1.2	0	0	100	

Kuva 5. Kopioidut sarakerivit Excelistä.



#	Time	TAir	RelHum	WindX	WindY	IDirNorm	IDiffHor	SkyCover
0		-7.06	91.29	-2.24	1.51	0	0	0
1		-7.06	91.29	-2.24	1.51	0	0	0
2		-7.15	91.18	-2.18	1.59	0	0	0
3		-7.23	91.06	-0.85	2.46	0	0	0
4		-7.31	90.95	-1.38	2.2	0	0	0
5		-7.39	90.84	-1.87	1.81	0	0	0
6		-7.47	90.72	-2.18	1.42	0	0	10
7		-7.55	90.61	-2.41	0.97	0	0	30
8		-7.64	90.5	-2.45	0.48	0	0	50
9		-7.72	90.39	-2.5	0.09	0	0	50
10		-7.8	90.27	-2.48	-0.3	0	0	50
11		-7.81	90.14	-3.09	-0.83	0	13.1	50
12		-7.57	90.31	-2.8	-0.75	105.86	22.15	60
13		-7.32	90.48	-2.51	-0.67	83.24	19.35	70
14		-7.08	90.65	-2.22	-0.6	57.07	11.2	90
15		-7.66	90.34	-2.49	-0.76	0	0.95	90
16		-8.25	90.02	-2.76	-0.9	0	0	90
17		-8.84	89.71	-3.03	-1.04	0	0	100
18		-8.56	89.88	-3.23	-0.69	0	0	100
19		-8.27	90.06	-3.29	-0.29	0	0	100
20		-7.99	90.23	-3.4	0.18	0	0	100
21		-7.39	90.91	-3.14	0.61	0	0	100
22		-6.79	91.6	-2.82	1.03	0	0	100
23		-6.2	92.28	-2.47	1.31	0	0	100
24		-5.62	92.92	-2.06	1.24	0	0	100
25		-5.04	93.57	-1.58	1.06	0	0	100
26		-4.46	94.21	-1.21	0.88	0	0	100
27		-4.51	94.35	-1.29	0.94	0	0	100
28		-4.56	94.5	-1.46	1.06	0	0	100
29		-4.61	94.64	-1.54	1.12	0	0	100
30		-4.59	94.72	-1.6	1.2	0	0	100

Kuva 6. Excelistä kopioidut tiedot PRN - tiedostossa.




## Vyöhykkeiden sisälämpötilat ja lämpöhäviöt

Tässä liitteessä on esitetty rakennuksen eri vyöhykkeiden sisälämpötilat sekä lämpöhäviöt simulointijakson ajalta. Taulukossa 2 on tuloksien tulkitsemista var-  
ten selvennetty vyöhykkeiden nimien todellista sijaintia.

Vyöhyke-s2-s1	Hallitilan korkeampi puolisko (6 m)
Vyöhyke-s2-s2	Hallitilan matalampi puolisko (4,4 m)
Vyöhyke-s1-s2-up	Letkuvarasto
Vyöhyke-s1-s2-low-s1	Pukuhuone
Vyöhyke-s1-s2-low-s2	Pyykkihuone
Vyöhyke-s1-s2-low-s3	Taukotila
Vyöhyke-s1-s2-low-s4	WC
Vyöhyke-s1-s2-low-s5	Kompurahuone
Vyöhyke-s1-s1-up	Toimistotilat
Vyöhyke-s1-s1-low-s1	Ruuvivarasto
Vyöhyke-s1-s1-low-s2	Öljyvarasto

Taulukko 2. Tilojen todelliset nimet

		<b>Lämmitystarve raportti</b>	
<b>Projekti</b>		<b>Rakennus</b>	
		Mallin lattia-ala	443.9 m <sup>2</sup>
Asiakas		Mallin tilavuus	2135.6 m <sup>3</sup>
Vastuuhenkilö	Vili Ikonen	Mallin maaperän pinta-ala	385.0 m <sup>2</sup>
Sijainti	Joensuu (Ilomantsi)_029190 (ASHRAE 2013) pilvillä	Mallin vaipan ala	1238.2 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_ILOMANTSI_029190(IW2)pilvillä	Ikkuna/Vaippa	2.3 %
Tapaus	Halli projekti	Keskimääräinen U-arvo	0.263 W/(m <sup>2</sup> K)
Simuloitu	10.2.2020 11.50.46	Vaipan alan suhde tilavuuteen	0.5798 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

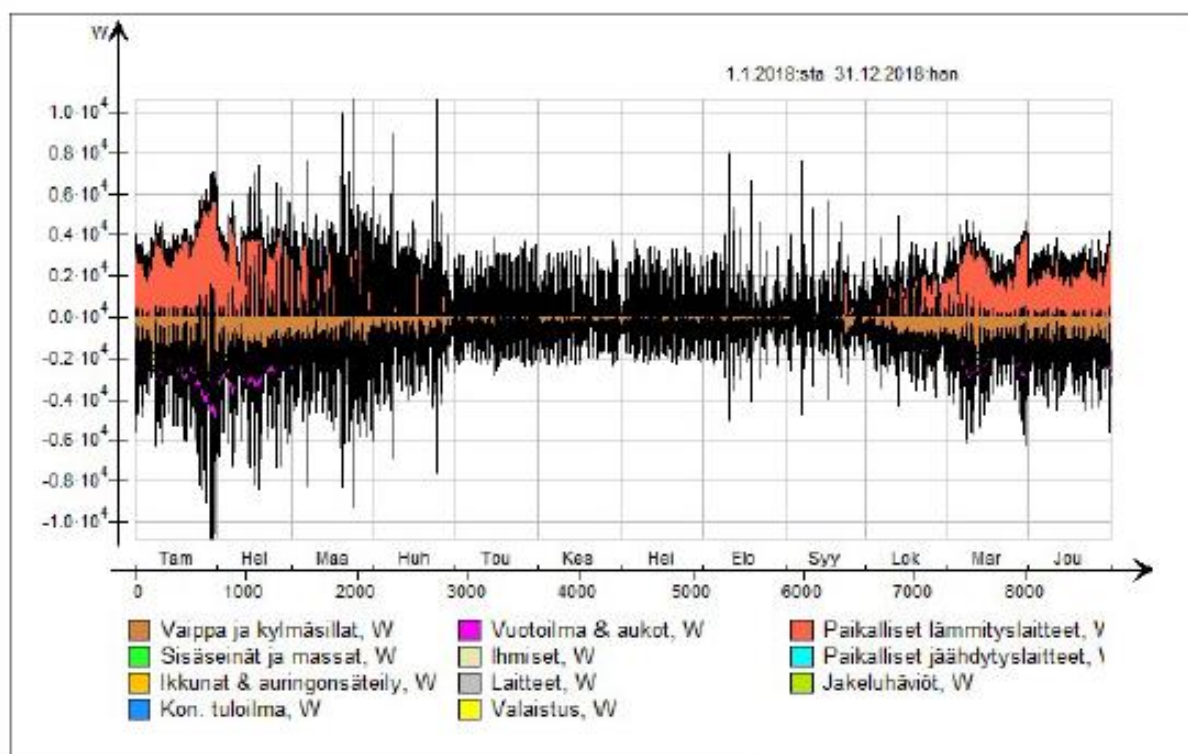
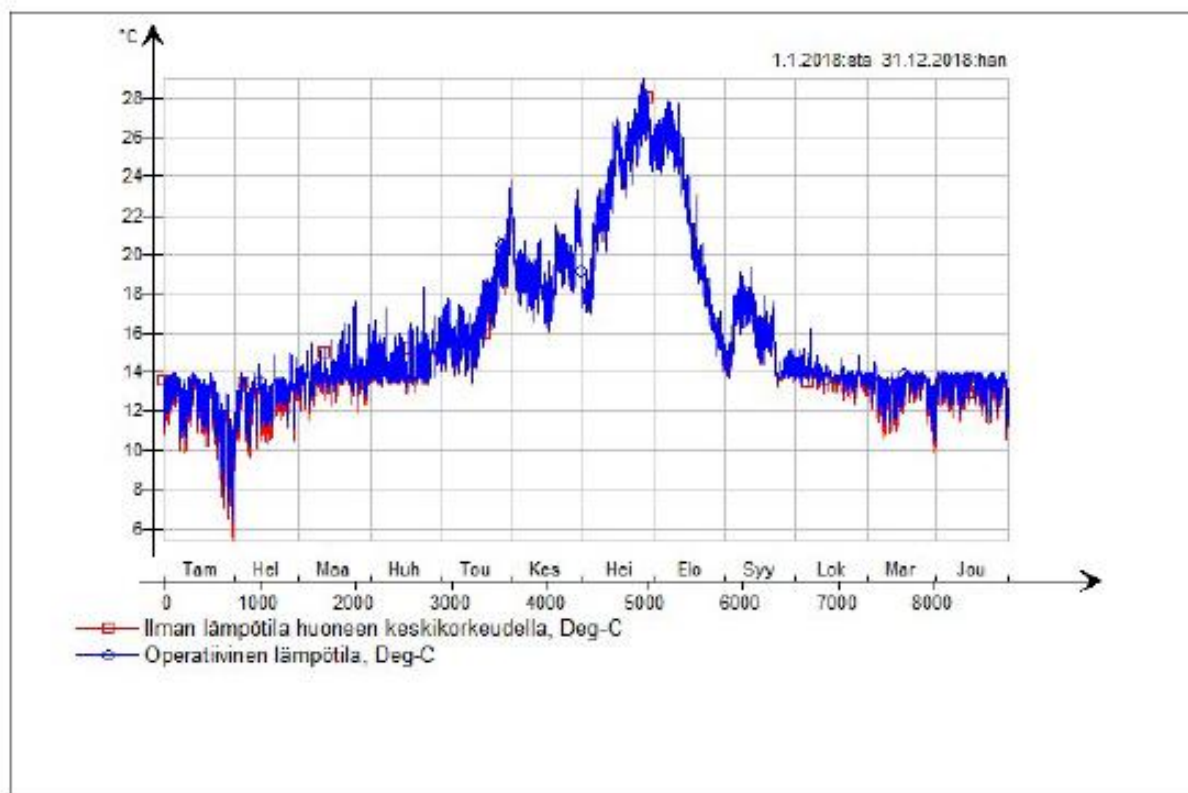
### Vyöhykkeen lämmitystarve

Vyöhyke	Ryhmä	Ala, m <sup>2</sup>	Tuotu lämpö*, W	Aika	Huonelaitteen lämpöteho, W	Ilmanvaihdon lämpöhäviöt**, W	Lämpötila, °C	Tuloilmavirta, L/s
Vyöhyke-s2-s1	direct-import	163.1	6048.0	30 Tam 19:13	6729.0	673.6	9.0	0.0
Vyöhyke-s2-s2	direct-import	149.0	6393.0	30 Tam 17:38	6359.0	-20.9	7.8	0.0
Vyöhyke-s1-s2-up	direct-import	31.7	487.0	31 Tam 10:10	487.0	0.0	14.0	0.0
Vyöhyke-s1-s2-low-s1	direct-import	9.6	238.7	31 Tam 10:10	318.6	47.7	21.1	0.0
Vyöhyke-s1-s2-low-s2	direct-import	2.6	4.6	31 Tam 09:20	23.2	18.1	14.0	0.0
Vyöhyke-s1-s2-low-s3	direct-import	9.9	321.3	31 Tam 06:09	409.0	80.1	21.0	0.0
Vyöhyke-s1-s2-low-s4	direct-import	2.6	132.8	31 Tam 05:53	164.1	31.4	21.0	0.0
Vyöhyke-s1-s2-low-s5	direct-import	6.0	84.6	31 Tam 11:27	84.6	0.0	14.0	0.0
Vyöhyke-s1-s1-up	direct-import	34.8	1285.0	31 Tam 03:07	1544.0	210.4	21.0	0.0
Vyöhyke-s1-s1-low-s1	direct-import	16.5	276.9	31 Tam 09:27	438.9	160.1	14.0	0.0
Vyöhyke-s1-s1-low-s2	direct-import	18.0	276.4	31 Tam 05:53	451.5	176.9	14.0	0.0

\* Ilmavirtojen ja huonelaitteiden maksimilämmöntuotto, W/m<sup>2</sup>

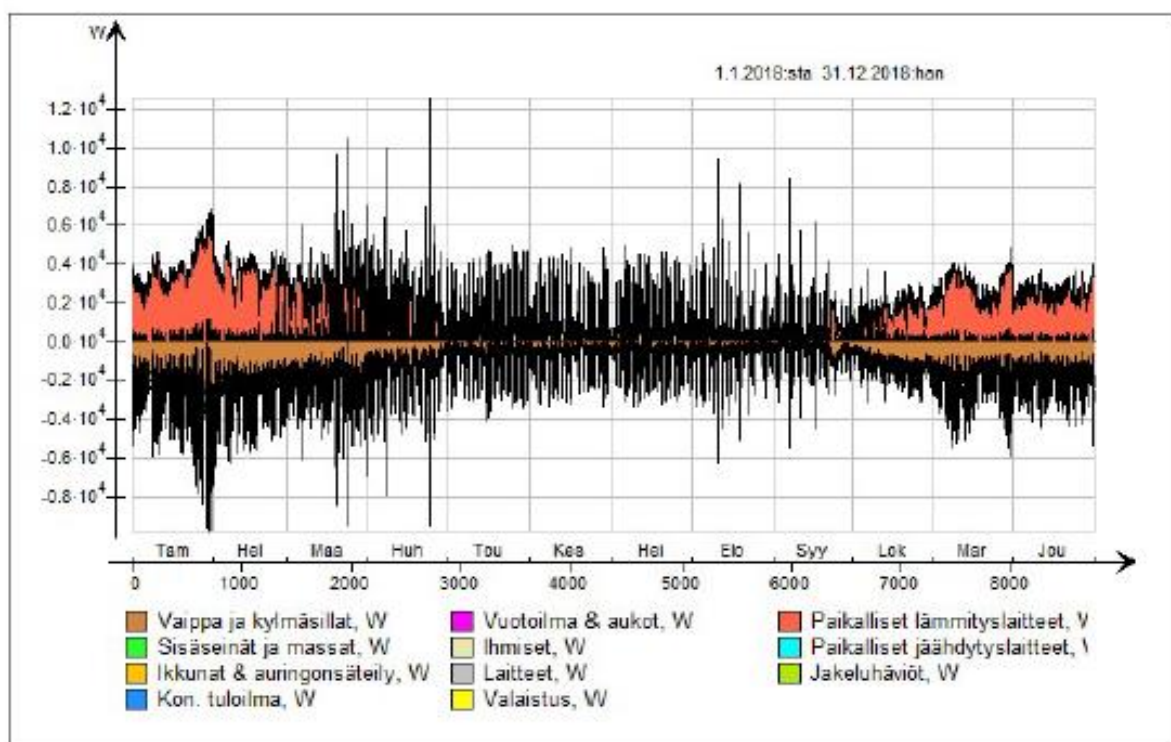
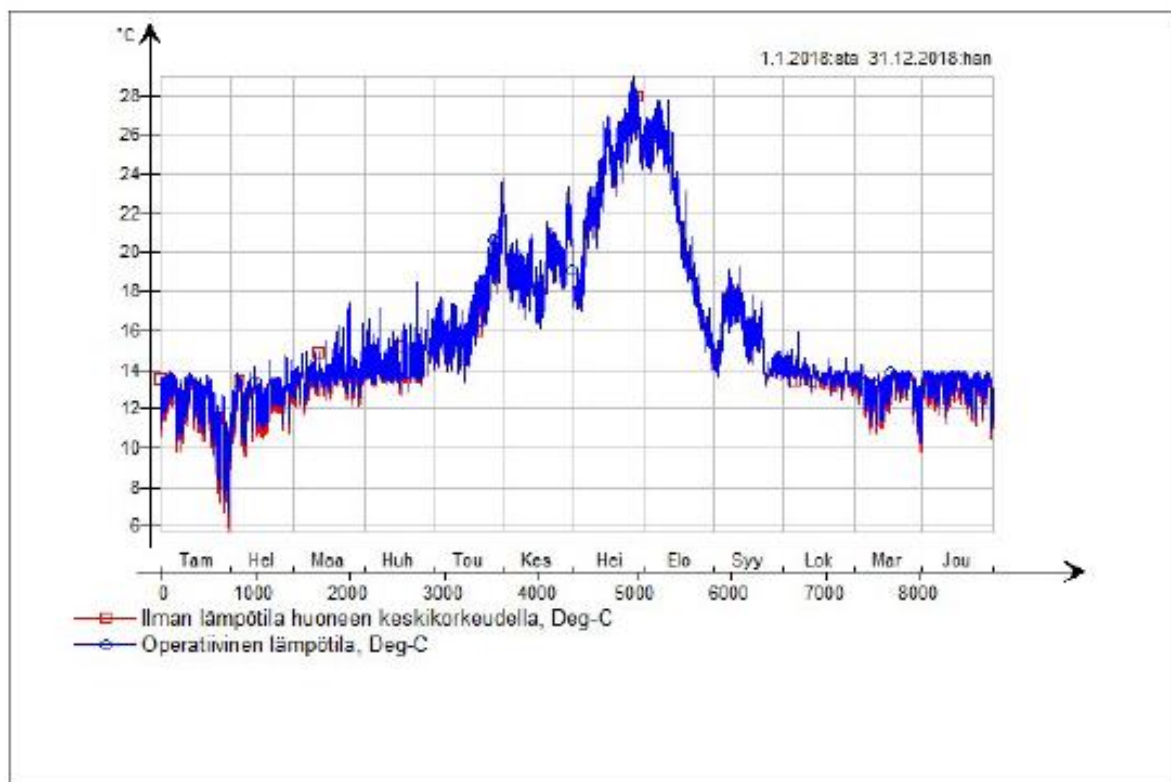
\*\* Ilmanvaihdon ja vuoto-IV:n lämpöhäviöt, kun maksimi lämmitysteho

## Vyöhyke-s2-s1



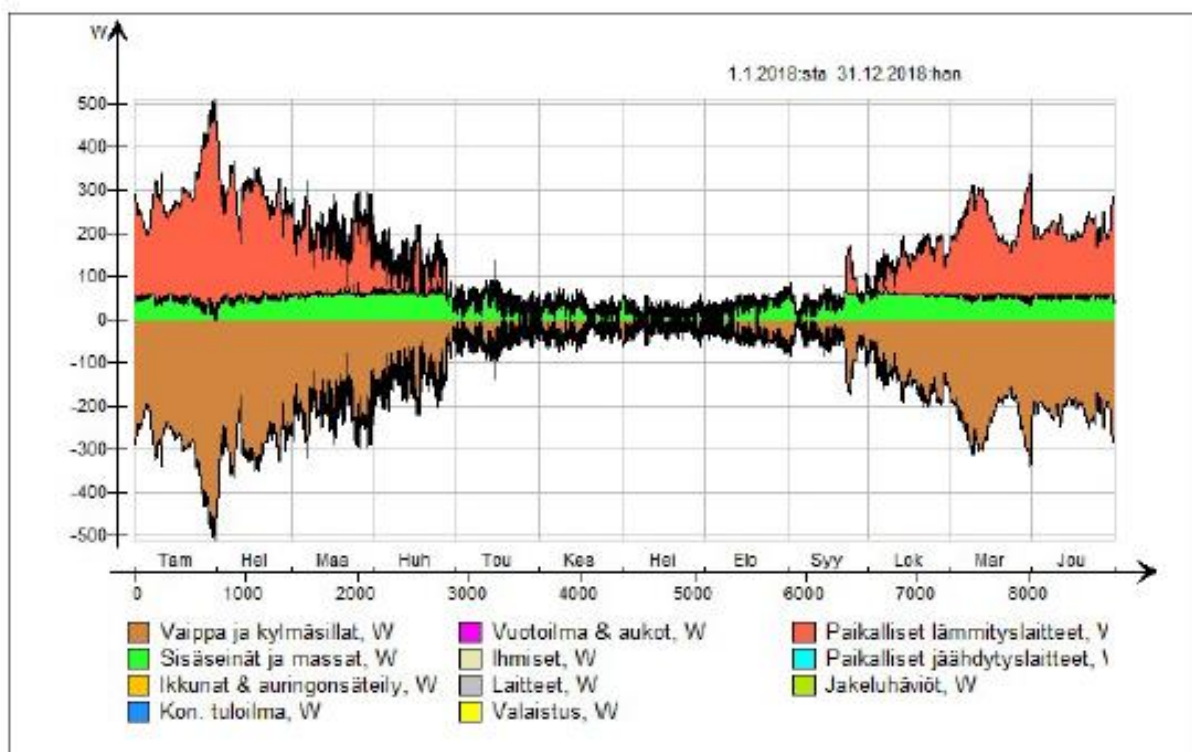
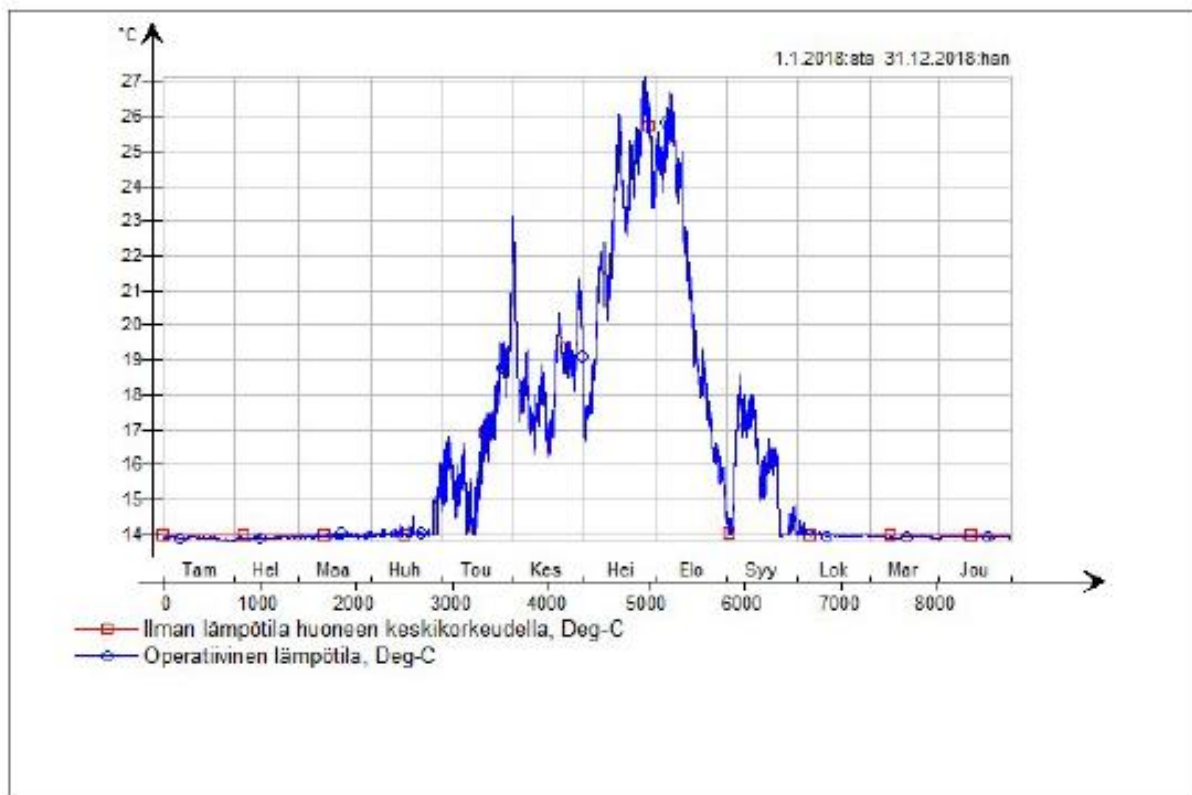


## Vyöhyke-s2-s2

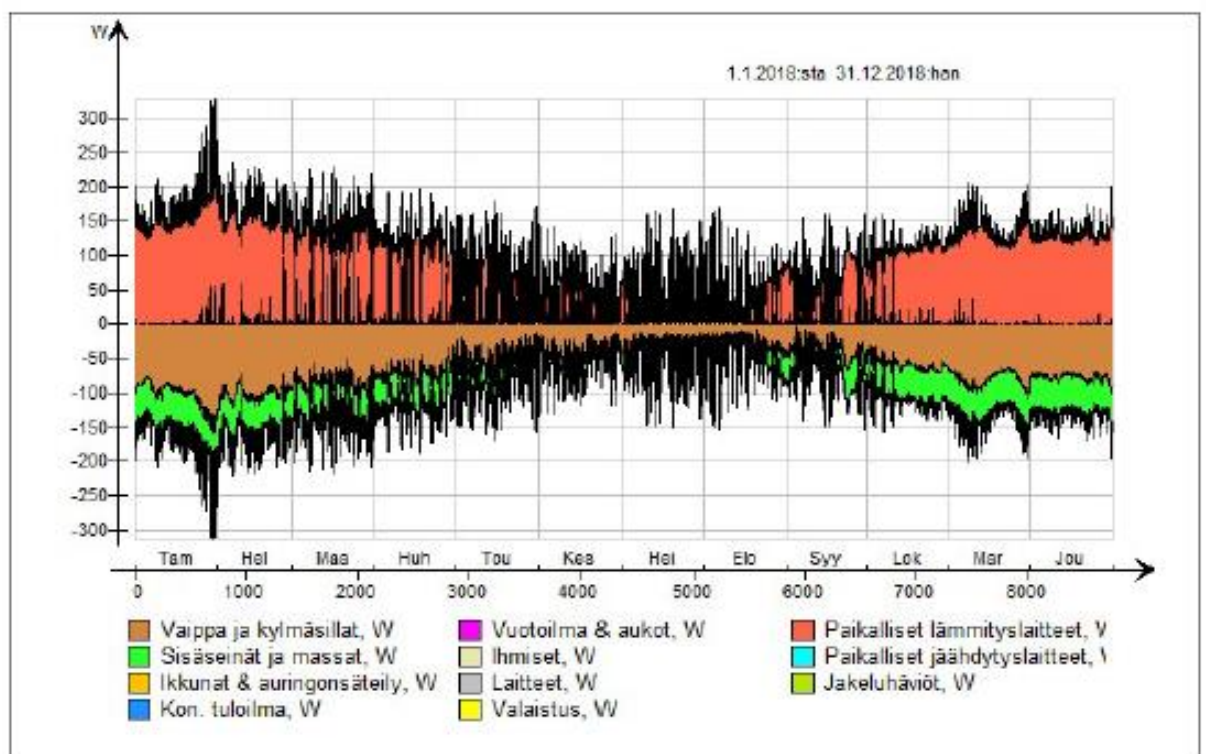
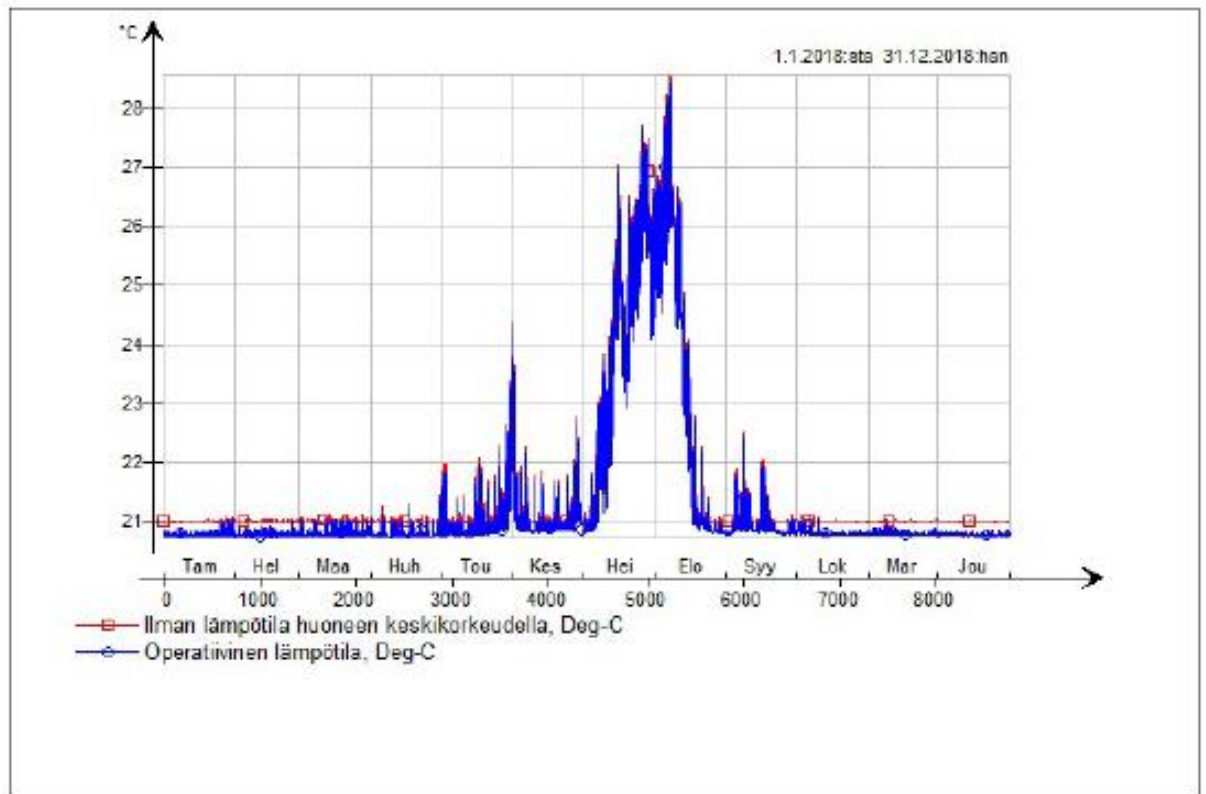




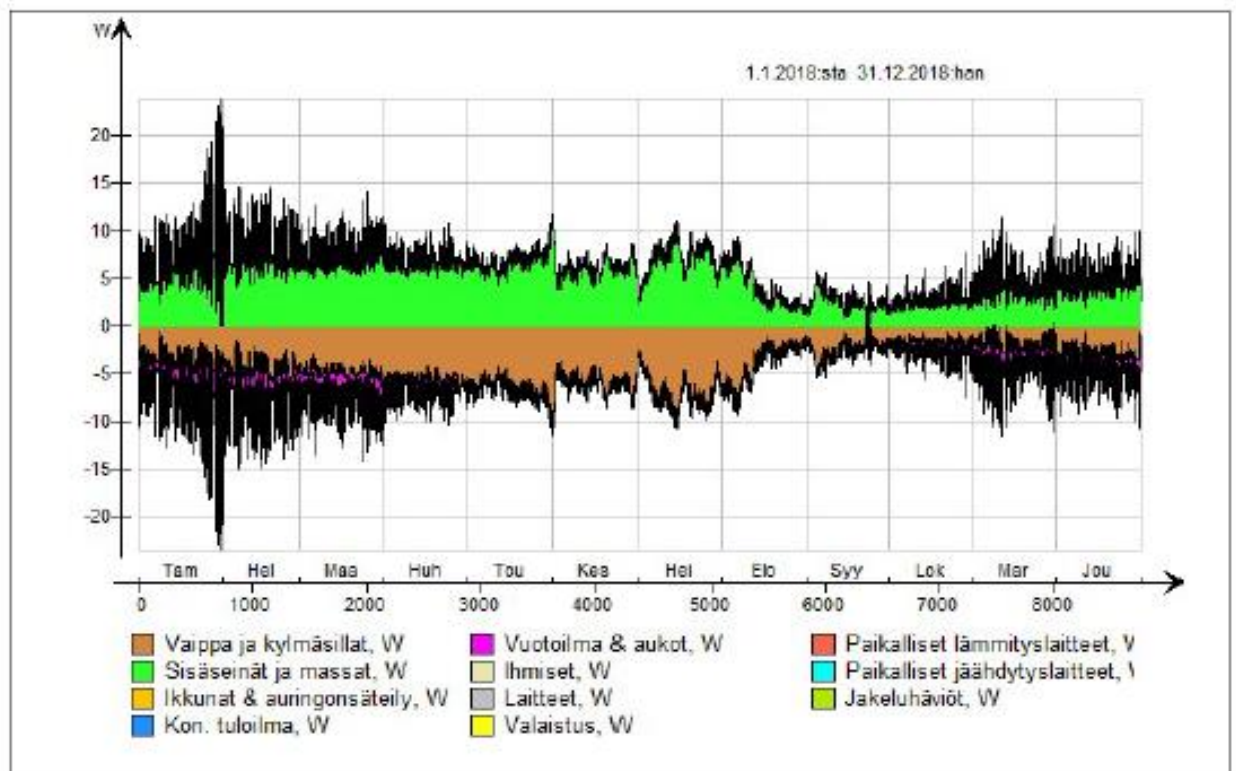
### Vyöhyke-s1-s2-up



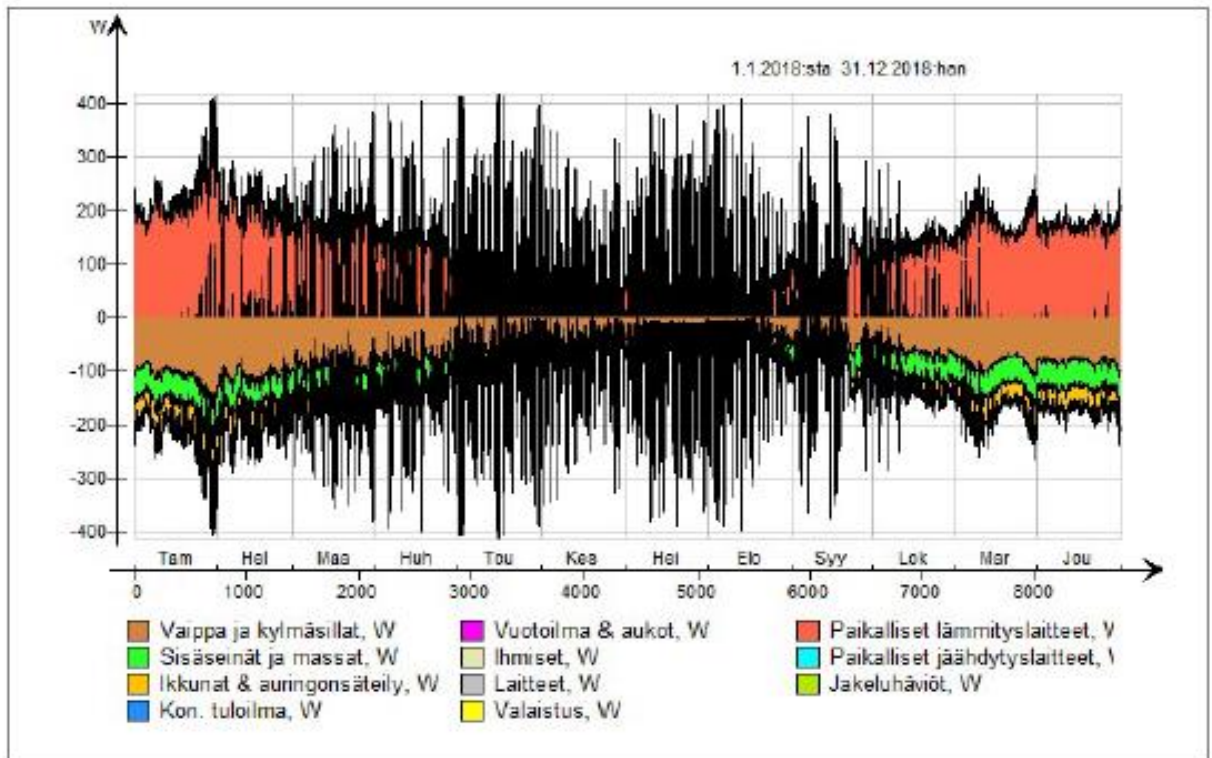
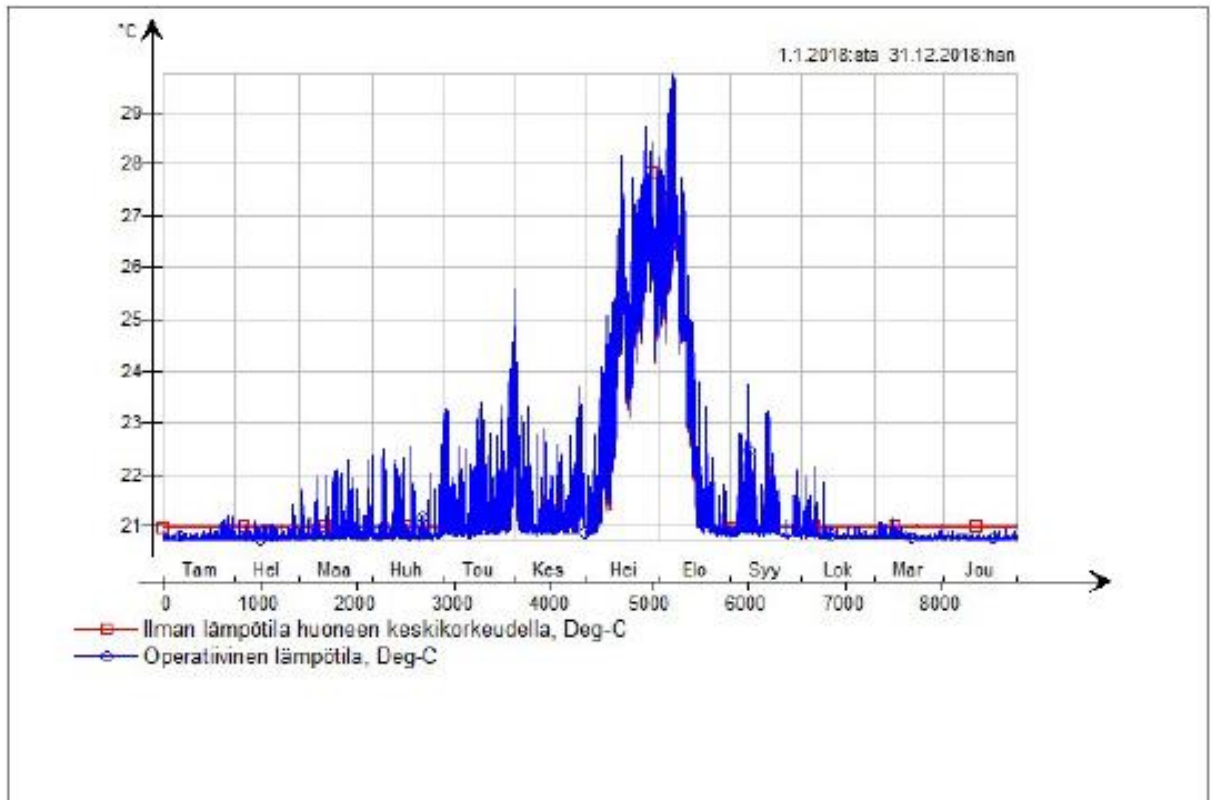
Vyöhyke-s1-s2-low-s1



## Vyöhyke-s1-s2-low-s2

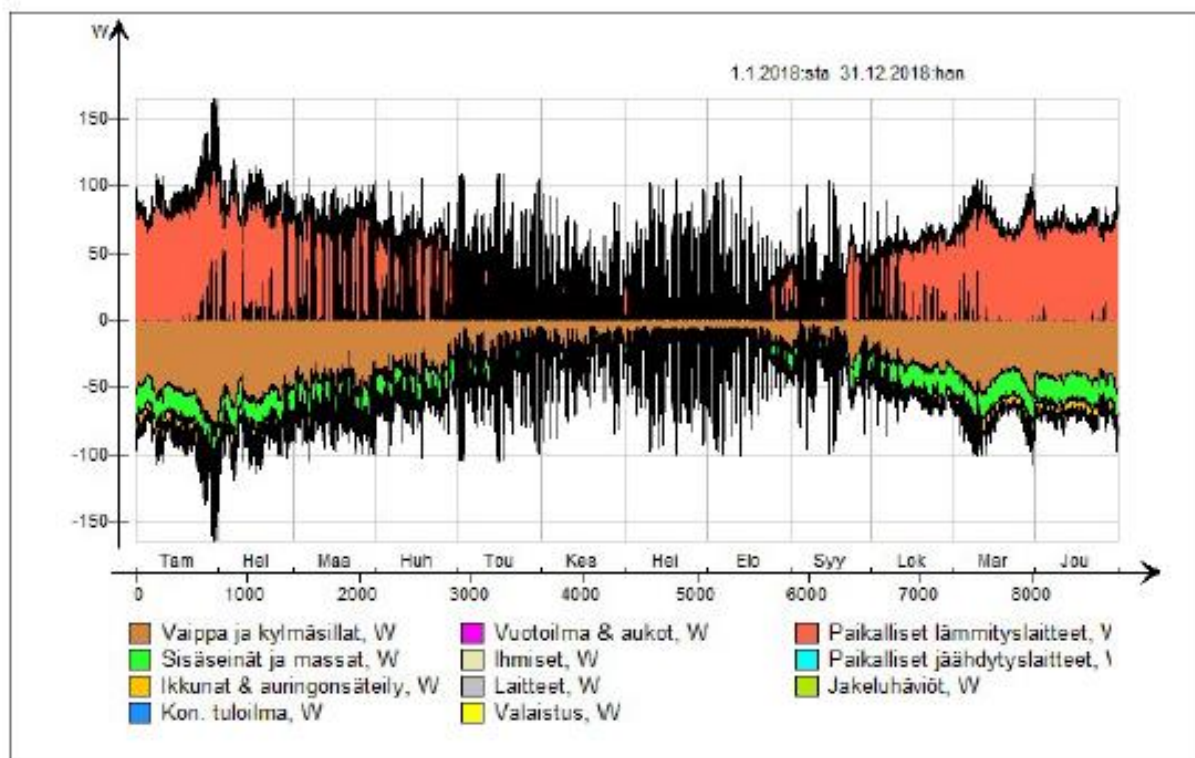
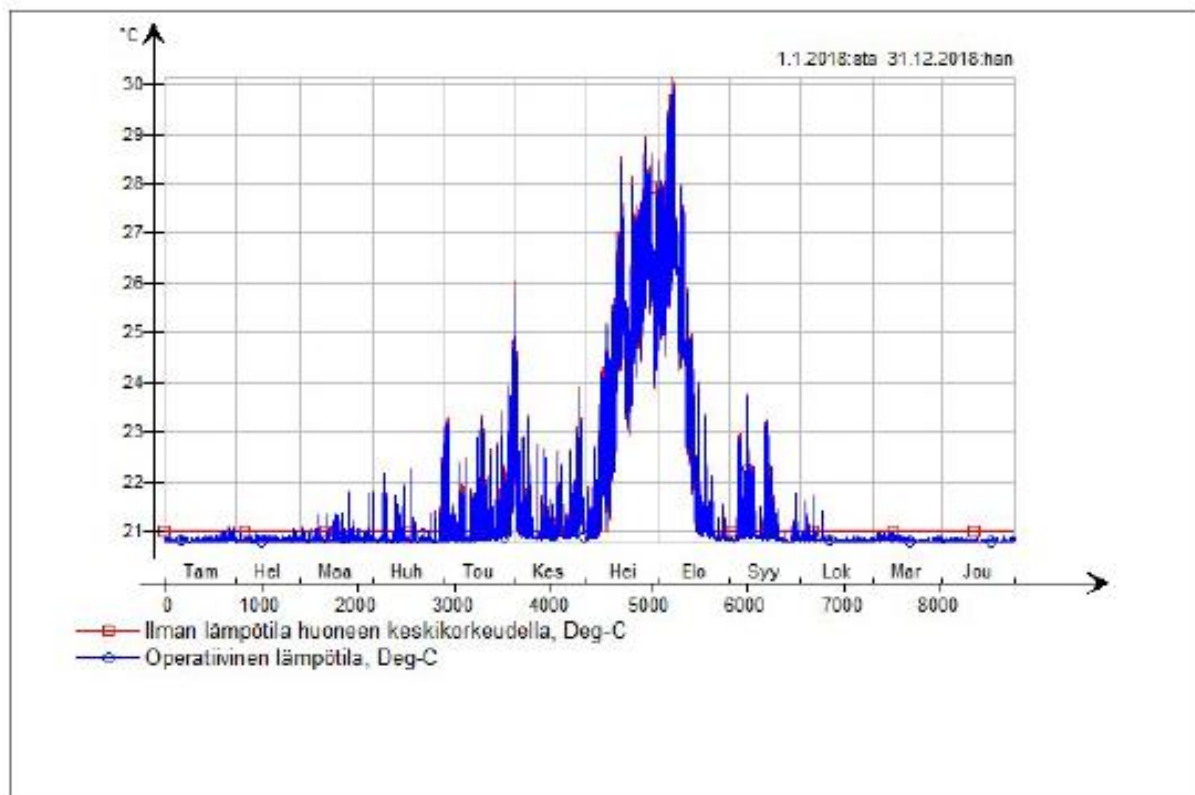


Vyöhyke-s1-s2-low-s3

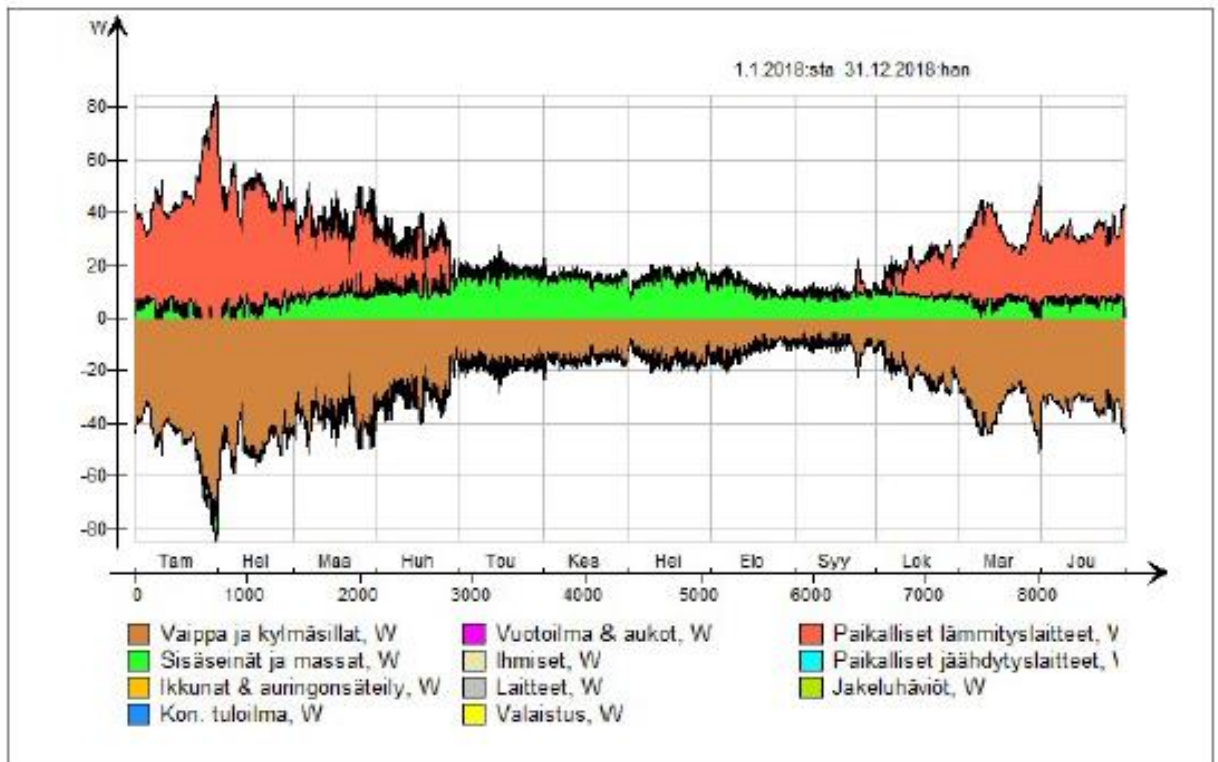
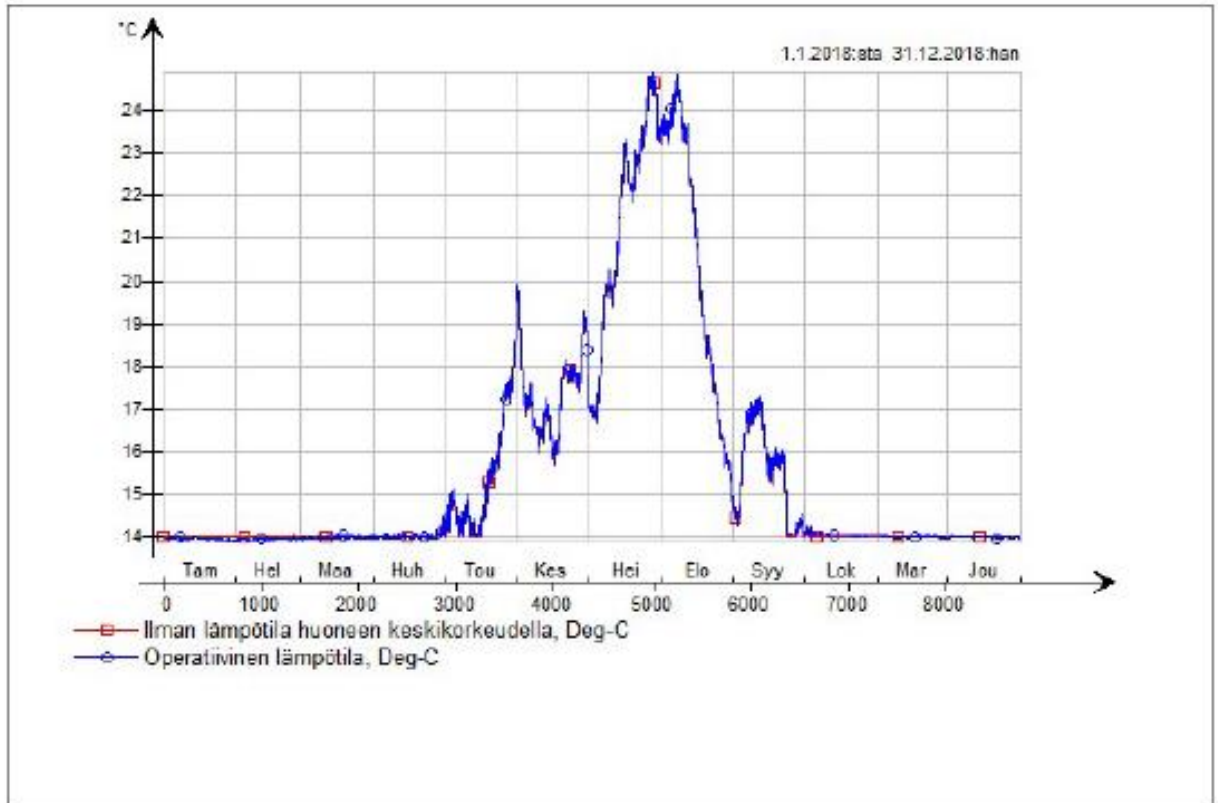




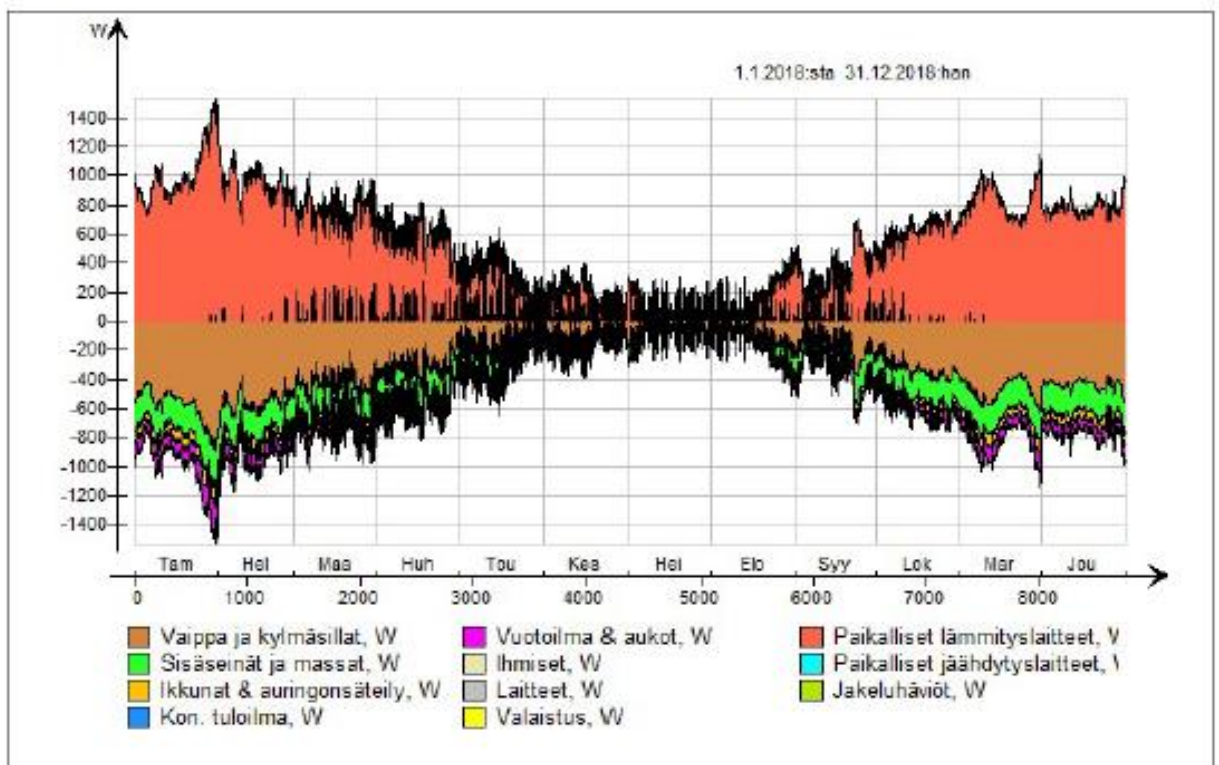
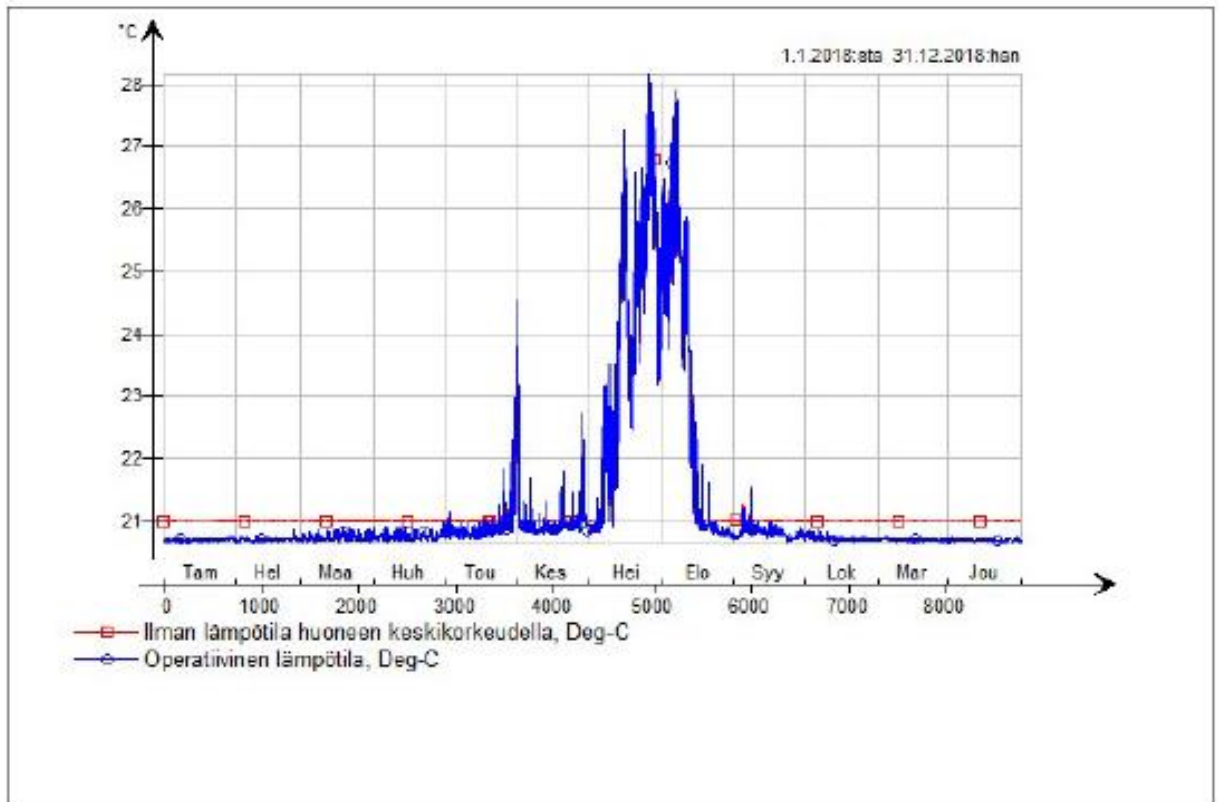
## Vyöhyke-s1-s2-low-s4



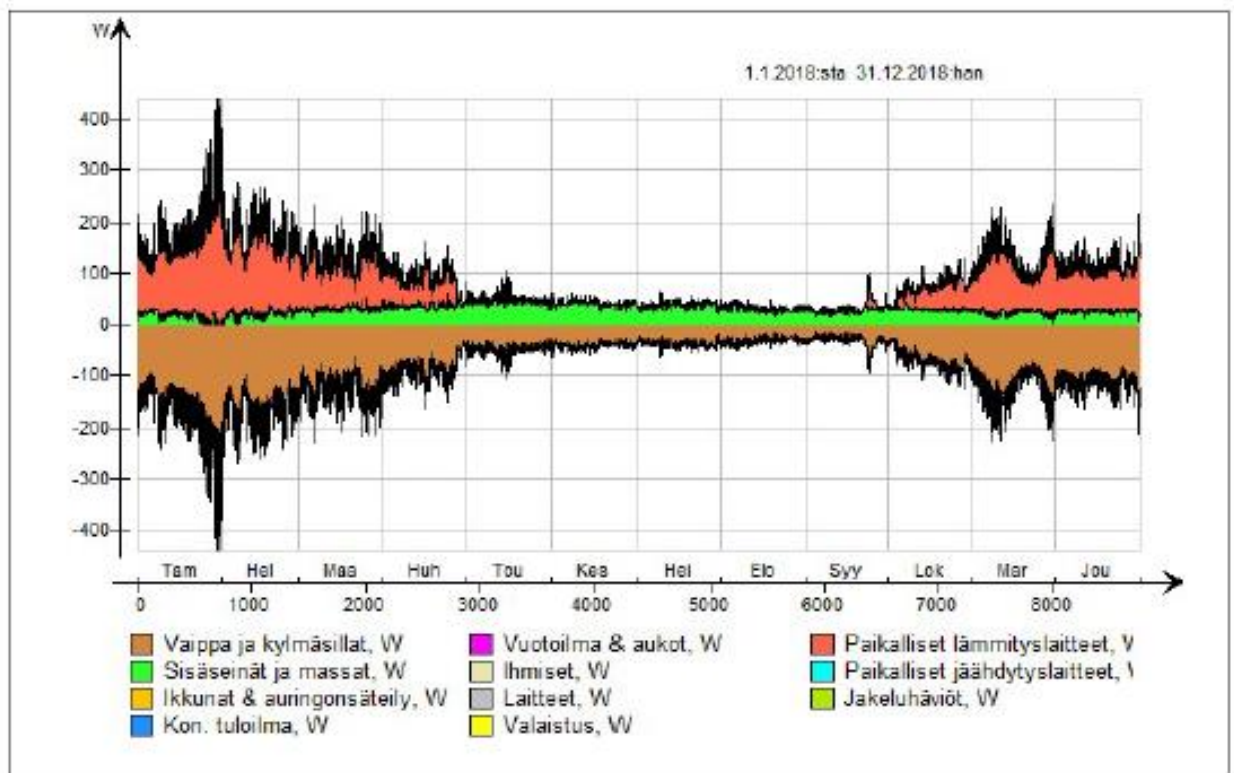
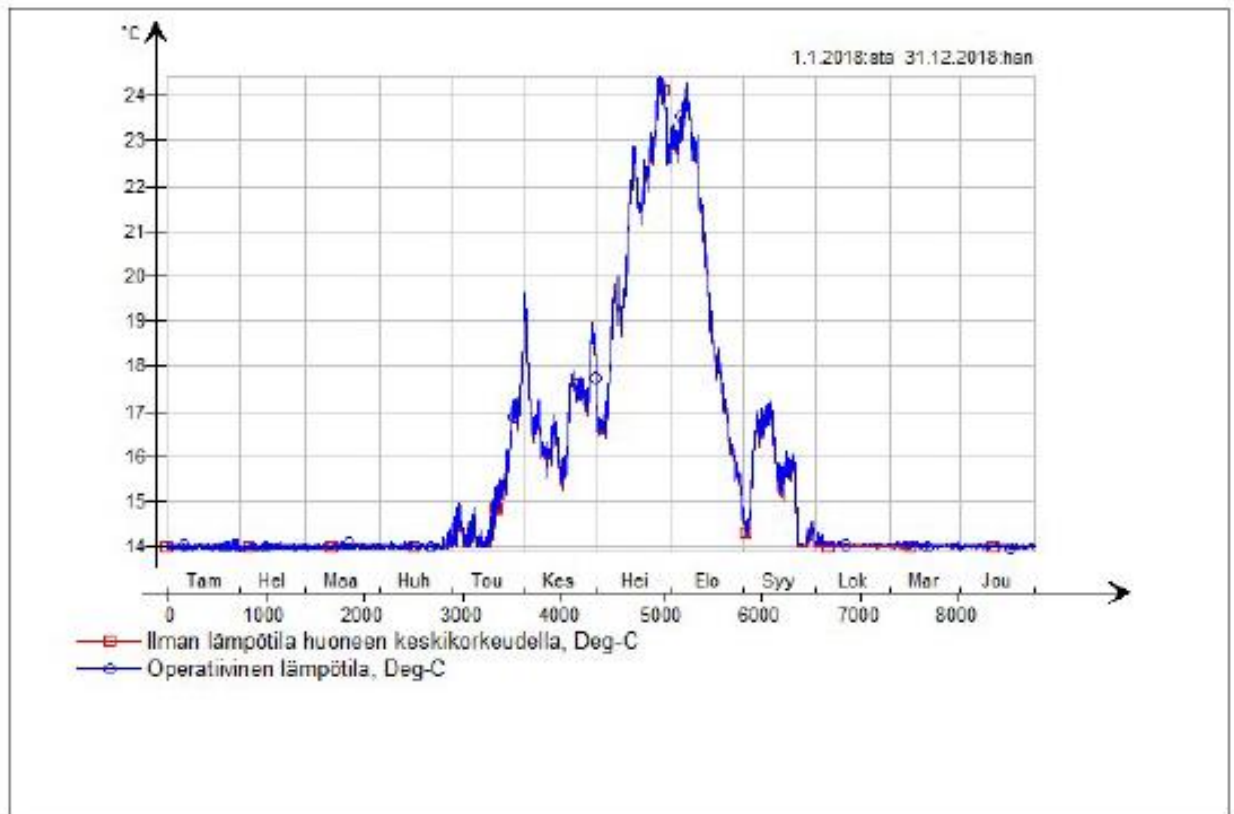
Vyöhyke-s1-s2-low-s5



**Vyöhyke-s1-s1-up**

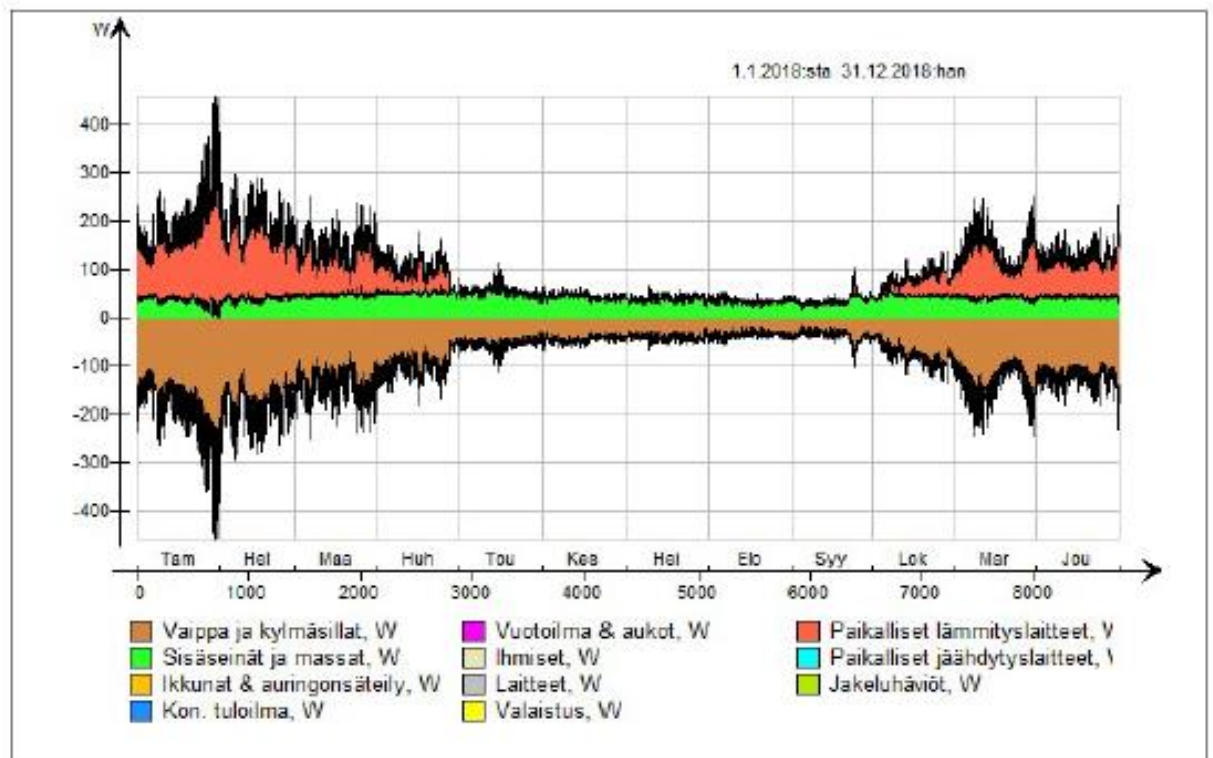
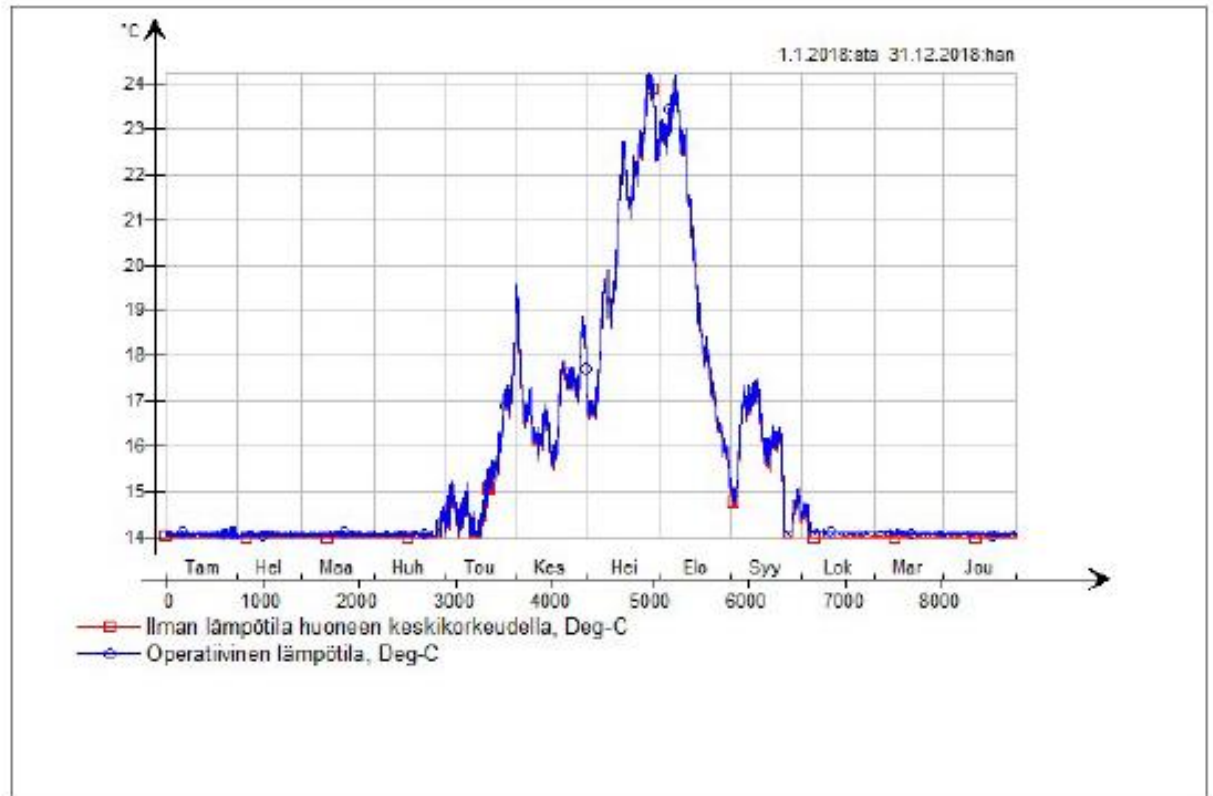


Vyöhyke-s1-s1-low-s1





## Vyöhyke-s1-s1-low-s2



## 1 keräin 300 l varaaja

Simuloitu: 18.2.2020 11.56.18 [1885]

Tallennettu: 18.2.2020 12.50.33

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.09159	10859.5	31.15	68.98
Helmikuu	0.07124	9032.8	30.44	69.42
Maaliskuu	0.03662	5846.1	30.6	69.84
Huhtikuu	0.02046	3356.0	33.16	69.98
Toukokuu	0.002822	428.5	44.15	70.02
Kesäkuu	9.16E-4	96.44	46.41	70.02
Heinäkuu	5.4E-5	6.948	62.42	70.34
Elokuu	9.95E-4	162.2	52.97	70.36
Syyskuu	0.006603	1091.1	36.42	70.0
Lokakuu	0.02876	4659.2	28.99	69.95
Marraskuu	0.05223	6693.6	29.41	69.7
Joulukuu	0.0525	7382.3	29.3	69.73
keskiarvo	0.03018	4108.7	38.03	69.86
keskiarvo*8760.0 h	264.3	3.59922117E7	333154.5	612014.5
min	5.4E-5	6.948	28.99	68.98
maks	0.09159	10859.5	62.42	70.36

## Base Heating

Simuloitu: 18.2.2020 11.56.18 [1885]

Tallennettu: 18.2.2020 12.50.33

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.56	0.001059	2.016	31.15	-6.565
Helmikuu	56.23	0.002638	31.75	30.44	-0.04746
Maaliskuu	143.0	0.008459	151.0	30.6	10.62
Huhtikuu	144.2	0.007405	133.8	33.16	19.32
Toukokuu	237.0	0.01478	269.4	44.15	32.77
Kesäkuu	193.0	0.009889	180.2	46.41	35.52
Heinäkuu	220.3	0.01042	193.5	62.42	44.48
Elokuu	170.7	0.007958	146.7	52.97	36.42
Syyskuu	118.6	0.006966	125.3	36.42	23.35
Lokakuu	55.82	0.002491	44.26	28.99	10.61
Marraskuu	19.35	7.98E-4	4.909	29.41	-0.3186
Joulukuu	4.292	1.0E-8	-0.001042	29.3	-0.7521
keskiarvo	115.4	0.006098	107.5	38.03	17.23
keskiarvo*8760.0 h	1010519.8	53.42	941353.3	333154.5	150966.4
min	4.292	1.0E-8	-0.001042	28.99	-6.565
maks	237.0	0.01478	269.4	62.42	44.48

## Solar thermal

Simuloitu: 18.2.2020 11.56.18 [1885]  
Tallennettu: 18.2.2020 12.50.33

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	T1AYER [1], Deg-C	T2AYER [2], Deg-C	T3AYER [3], Deg-C	T4AYER [4], Deg-C	T5AYER [5], Deg-C	T6AYER [6], Deg-C	T7AYER [7], Deg-C	T8AYER [8], Deg-C	T9AYER [9], Deg-C	T10AYER [10], Deg-C
Tammikuu	-26.25	31.15	36.43	41.03	45.96	50.93	55.81	57.96	59.47	60.54	61.29
Helmikuu	-26.01	30.44	35.56	40.32	45.48	50.64	55.64	57.98	59.63	60.74	61.49
Maaliskuu	-25.85	30.6	35.27	40.08	45.22	50.36	55.32	57.75	59.44	60.56	61.26
Huhtikuu	-26.78	33.16	37.55	41.98	46.72	51.5	55.98	58.23	59.66	60.5	60.98
Toukokuu	-33.52	44.15	49.4	53.33	56.67	59.55	61.96	63.36	64.25	64.78	65.03
Kesäkuu	-35.78	46.41	53.65	58.09	60.91	62.87	64.52	65.23	65.61	65.86	65.98
Heinäkuu	-49.21	62.42	71.4	75.59	77.51	78.42	78.94	79.15	79.27	79.35	79.37
Elokuu	-42.28	52.97	61.44	66.0	68.68	70.53	72.07	72.68	72.9	72.99	73.01
Syyskuu	-28.93	36.42	42.45	47.05	51.02	54.7	58.09	59.57	60.38	60.81	61.0
Lokakuu	-25.46	28.99	33.87	39.12	44.78	50.42	55.59	58.02	59.58	60.53	61.1
Marraskuu	-25.68	29.41	34.43	39.47	44.92	50.33	55.42	58.0	59.75	60.91	61.63
Joulukuu	-25.53	29.3	34.44	39.42	44.81	50.2	55.39	57.76	59.43	60.56	61.29
keskiarvo	-31.0	38.03	43.91	48.54	52.8	56.77	60.45	62.2	63.33	64.06	64.5
keskiarvo*8760.0 h	-271529.0	333154.5	384668.8	425242.3	462556.1	497337.5	529568.3	544837.5	554785.2	561155.5	565016.3
min	-49.21	28.99	33.87	39.12	44.78	50.2	55.32	57.75	59.43	60.5	60.98
maks	-25.46	62.42	71.4	75.59	77.51	78.42	78.94	79.15	79.27	79.35	79.37

Hot Tank

## 2 keräintä 300 l varaaja

Simuloitu: 18.2.2020 13.39.24 [2046]  
Tallennettu: 17.2.2020 13.55.15

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.08714	10826.7	31.02	69.16
Helmikuu	0.07546	10000.0	30.33	69.39
Maaliskuu	0.03645	5922.2	31.65	69.91
Huhtikuu	0.02044	3416.3	34.83	69.97
Toukokuu	0.001985	344.7	53.36	70.08
Kesäkuu	7.6E-5	13.97	55.17	70.26
Heinäkuu	1.0E-6	0.01338	68.04	70.98
Elokuu	4.28E-4	68.23	57.33	70.99
Syyskuu	0.006372	1038.1	40.46	70.16
Lokakuu	0.0297	4971.5	29.46	69.98
Marraskuu	0.06942	8566.0	30.09	69.46
Joulukuu	0.03961	5776.1	28.55	69.8
keskiarvo	0.03029	4208.7	40.95	70.02
keskiarvo*8760.0 h	265.4	3.68684026E7	358742.7	613362.7
min	1.0E-6	0.01338	28.55	69.16
maks	0.08714	10826.7	68.04	70.99

Base Heating

Simuloitu: 18.2.2020 13.39.24 [2046]

Tallennettu: 17.2.2020 13.55.15

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.54	0.001055	3.587	31.02	-6.545
Helmikuu	56.32	0.005047	66.02	30.33	-0.1329
Maaliskuu	142.6	0.01529	274.6	31.65	11.7
Huhtikuu	143.8	0.01293	235.2	34.83	20.61
Toukokuu	237.3	0.2533	398.4	53.36	38.17
Kesäkuu	193.1	0.0759	250.1	55.17	39.81
Heinäkuu	221.5	2.052	185.5	68.03	52.07
Elokuu	171.2	1.423	159.7	57.33	41.56
Syyskuu	118.7	0.01119	203.3	40.46	25.34
Lokakuu	55.63	0.004377	77.96	29.46	11.07
Marraskuu	19.37	0.001971	10.1	30.09	-0.3264
Joulukuu	4.282	1.1E-5	0.1845	28.55	-0.7598
keskiarvo	115.5	0.3271	155.9	40.95	19.52
keskiarvo*8760.0 h	1011420.9	2865.7	1365628.7	358729.3	170980.1
min	4.282	1.1E-5	0.1845	28.55	-6.545
maks	237.3	2.052	398.4	68.03	52.07

## Solar Thermal

Simuloitu: 18.2.2020 13.39.24 [2046]

Tallennettu: 17.2.2020 13.55.15

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-26.15	31.02	36.24	40.83	45.74	50.7	55.67	57.84	59.43	60.55	61.34
Helmikuu	-25.84	30.33	35.32	40.13	45.3	50.48	55.5	57.74	59.34	60.49	61.28
Maaliskuu	-26.31	31.65	36.31	41.05	46.05	50.94	55.69	57.92	59.5	60.6	61.33
Huhtikuu	-28.21	34.83	39.39	43.92	48.63	53.17	57.38	59.56	61.03	61.99	62.56
Toukokuu	-44.35	53.36	60.57	65.61	69.52	72.46	74.73	76.17	77.21	77.94	78.36
Kesäkuu	-46.2	55.17	64.6	70.09	73.41	75.39	76.62	77.54	78.11	78.51	78.7
Heinäkuu	-56.79	68.04	79.46	84.59	86.82	87.72	88.09	88.27	88.38	88.5	88.56
Elokuu	-49.16	57.33	68.66	74.34	77.36	79.23	80.51	81.06	81.31	81.39	81.41
Syyskuu	-33.22	40.46	47.44	52.59	56.69	60.08	62.9	64.23	65.0	65.45	65.7
Lokakuu	-25.59	29.46	34.34	39.51	45.05	50.54	55.64	57.97	59.47	60.45	61.06
Marraskuu	-26.18	30.09	35.58	40.7	46.06	51.29	56.16	58.37	59.83	60.8	61.42
Joulukuu	-24.98	28.55	33.26	38.28	43.78	49.32	54.6	57.32	59.22	60.5	61.32
keskiarvo	-34.5	40.95	47.71	52.75	57.14	61.04	64.54	66.25	67.4	68.17	68.66
keskiarvo*8760.0 h	-302179.9	358742.7	417906.2	462071.1	500551.3	534708.9	565409.3	580349.7	590415.2	597207.5	601475.3
min	-56.79	28.55	33.26	38.28	43.78	49.32	54.6	57.32	59.22	60.45	61.06
maks	-24.98	68.04	79.46	84.59	86.82	87.72	88.09	88.27	88.38	88.5	88.56

## Hot Tank

**3 keräintä 300 l varaaja**

Simuloitu: 18.2.2020 12.40.18 [1836]

Tallennettu: 18.2.2020 12.45.06

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.09529	10705.9	31.51	69.04
Helmikuu	0.0702	9356.6	30.28	69.35
Maaliskuu	0.03982	6633.6	32.53	69.9
Huhtikuu	0.02069	3345.3	36.41	69.99
Toukokuu	0.002085	360.4	54.63	70.12
Kesäkuu	1.0E-6	0.04831	59.53	70.52
Heinäkuu	1.0E-6	0.02418	66.0	71.33
Elokuu	3.92E-4	55.93	59.55	71.42
Syyskuu	0.005727	957.0	43.77	70.4
Lokakuu	0.0287	4825.8	29.74	69.97
Marraskuu	0.05177	6794.2	29.37	69.68
Joulukuu	0.05337	7527.2	29.1	69.67
keskiarvo	0.03046	4186.8	41.96	70.12
keskiarvo*8760.0 h	266.9	3.66763324E7	367554.4	614273.2
min	1.0E-6	0.02418	29.1	69.04
maks	0.09529	10705.9	66.0	71.42

**Base Heating**

Simuloitu: 18.2.2020 12.40.18 [1836]

Tallennettu: 18.2.2020 12.45.06

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.55	4.36E-4	6.698	31.51	-6.584
Helmikuu	56.34	0.006941	96.37	30.28	-0.05067
Maaliskuu	142.5	0.02108	380.0	32.53	12.53
Huhtikuu	144.0	0.01721	314.4	36.41	21.61
Toukokuu	238.3	1.375	439.8	54.62	42.0
Kesäkuu	193.4	0.6438	259.9	59.53	42.68
Heinäkuu	221.0	2.591	179.8	65.99	54.0
Elokuu	171.4	1.114	179.6	59.55	42.81
Syyskuu	118.9	0.01408	257.0	43.77	26.59
Lokakuu	55.6	0.005854	104.5	29.74	11.41
Marraskuu	19.35	0.002118	18.05	29.37	-0.3982
Joulukuu	4.299	1.1E-7	-0.002925	29.1	-0.753
keskiarvo	115.6	0.49	186.8	41.96	20.63
keskiarvo*8760.0 h	1012370.2	4292.4	1636088.1	367543.1	180725.6
min	4.299	1.1E-7	-0.002925	29.1	-6.584
maks	238.3	2.591	439.8	65.99	54.0

**Solar Thermal**

Simuloitu: 18.2.2020 12.40.18 [1836]  
 Tallennettu: 18.2.2020 12.45.06

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-26.57	31.51	36.98	41.68	46.57	51.38	56.05	58.21	59.72	60.77	61.47
Helmikuu	-25.95	30.28	35.32	40.21	45.46	50.7	55.75	58.02	59.58	60.64	61.36
Maaliskuu	-26.99	32.53	37.36	42.06	46.98	51.78	56.44	58.53	60.05	61.13	61.88
Huhtikuu	-29.94	36.41	41.4	46.15	50.84	55.23	59.25	61.45	62.97	63.95	64.56
Toukokuu	-49.78	54.63	64.86	71.5	76.21	79.55	81.95	83.63	84.82	85.68	86.29
Kesäkuu	-52.76	59.53	71.07	77.67	81.45	83.52	84.9	85.78	86.3	86.64	86.8
Heinäkuu	-59.66	66.0	81.38	88.26	91.18	92.25	92.66	92.84	92.91	92.94	92.93
Elokuu	-52.63	59.55	72.14	78.42	81.64	83.54	84.71	85.32	85.62	85.79	85.84
Syyskuu	-37.13	43.77	51.62	57.16	61.36	64.66	67.25	68.68	69.65	70.29	70.63
Lokakuu	-25.79	29.74	34.61	39.75	45.23	50.68	55.76	58.12	59.7	60.71	61.35
Marraskuu	-25.68	29.37	34.44	39.55	45.03	50.42	55.43	57.97	59.7	60.83	61.55
Joulukuu	-25.34	29.1	34.08	39.09	44.55	50.02	55.21	57.61	59.25	60.39	61.15
keskiarvo	-36.61	41.96	49.72	55.25	59.83	63.75	67.21	68.94	70.11	70.9	71.4
keskiarvo*8760.0 h	-320666.2	367554.4	435558.5	483968.6	524080.1	558481.3	588785.1	603913.7	614181.4	621093.3	625495.3
min	-59.66	29.1	34.08	39.09	44.55	50.02	55.21	57.61	59.25	60.39	61.15
maks	-25.34	66.0	81.38	88.26	91.18	92.25	92.66	92.84	92.91	92.94	92.93

Hot Tank



## 1 keräin 750 l varaaja

Simuloitu: 13.2.2020 16.34.42 [1209]

Tallennettu: 13.2.2020 16.49.23

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.09166	10850.8	30.39	68.94
Helmikuu	0.07551	9519.4	29.61	69.48
Maaliskuu	0.03302	5936.3	28.44	69.93
Huhtikuu	0.01923	3482.5	30.76	69.99
Toukokuu	0.003405	497.1	43.52	70.0
Kesäkuu	0.001093	75.94	49.67	70.0
Heinäkuu	2.88E-4	21.15	60.75	70.12
Elokuu	6.7E-4	86.22	54.17	70.1
Syyskuu	0.006682	1119.9	37.79	70.0
Lokakuu	0.02332	4155.5	26.99	70.0
Marraskuu	0.06011	8074.4	28.5	69.63
Joulukuu	0.04382	6942.5	27.52	69.82
keskiarvo	0.02961	4197.9	37.41	69.84
keskiarvo*8760.0 h	259.4	3.67734159E7	327742.4	611773.9
min	2.88E-4	21.15	26.99	68.94
maks	0.09166	10850.8	60.75	70.12

## Base Heating

Simuloitu: 13.2.2020 16.34.42 [1209]

Tallennettu: 13.2.2020 16.49.23

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.57	1.25E-4	2.042	30.39	-6.565
Helmikuu	56.22	0.00244	34.58	29.61	-0.2714
Maaliskuu	142.2	0.009385	167.0	28.44	9.253
Huhtikuu	144.4	0.00895	160.0	30.76	17.05
Toukokuu	238.6	0.01647	297.9	43.52	30.41
Kesäkuu	193.4	0.01017	185.1	49.67	35.15
Heinäkuu	220.2	0.01212	223.5	60.75	42.16
Elokuu	170.4	0.008847	162.5	54.17	35.19
Syyskuu	119.1	0.007556	135.5	37.79	22.43
Lokakuu	55.49	0.002965	52.54	26.99	9.853
Marraskuu	19.37	5.57E-4	6.482	28.5	-0.4367
Joulukuu	4.278	1.9E-7	0.001605	27.52	-0.7523
keskiarvo	115.4	0.006664	119.6	37.41	16.23
keskiarvo*8760.0 h	1011327.4	58.38	1047523.2	327742.3	142179.7
min	4.278	1.9E-7	0.001605	26.99	-6.565
maks	238.6	0.01647	297.9	60.75	42.16

## Solar Thermal

Simuloitu: 13.2.2020 16.34.42 [1209]  
Tallennettu: 13.2.2020 16.49.23

	Muuttujat									
	TlAYER [1], Deg-C	TlAYER [2], Deg-C	TlAYER [3], Deg-C	TlAYER [4], Deg-C	TlAYER [5], Deg-C	TlAYER [6], Deg-C	TlAYER [7], Deg-C	TlAYER [8], Deg-C	TlAYER [9], Deg-C	TlAYER [10], Deg-C
Tammikuu	30.39	34.33	38.0	42.26	47.02	52.11	57.32	59.35	60.62	61.42
Helmikuu	29.61	33.22	36.85	41.26	46.36	51.86	57.35	59.46	60.72	61.45
Maaliskuu	28.44	31.45	34.79	38.91	43.99	49.96	56.19	58.66	60.04	60.76
Huhtikuu	30.76	33.79	36.67	40.26	44.89	50.65	56.76	59.02	60.09	60.55
Toukokuu	43.52	48.77	51.95	54.22	55.98	57.83	60.13	60.7	60.89	60.94
Kesäkuu	49.67	56.27	58.8	59.93	60.49	61.06	61.9	62.0	62.07	62.09
Heinäkuu	60.75	66.68	68.47	69.03	69.31	69.52	69.69	69.68	69.67	69.65
Elokuu	54.17	60.59	62.89	63.98	64.91	65.94	67.14	67.25	67.27	67.26
Syyskuu	37.79	43.06	45.87	48.26	51.05	54.61	58.83	59.73	60.07	60.2
Lokakuu	26.99	30.0	33.57	38.08	43.62	49.93	56.28	58.78	60.04	60.63
Marraskuu	28.5	32.0	35.77	40.3	45.51	51.15	56.85	59.1	60.42	61.17
Joulukuu	27.52	30.88	34.67	39.23	44.54	50.42	56.48	58.81	60.15	60.89
keskiarvo	37.41	41.83	44.93	48.04	51.53	55.46	59.61	61.07	61.86	62.27
keskiarvo*8760.0 h	327742.4	366402.0	393584.0	420835.7	451360.6	485823.3	522146.1	534969.3	541883.7	545502.9
min	26.99	30.0	33.57	38.08	43.62	49.93	56.19	58.66	60.04	60.2
maks	60.75	66.68	68.47	69.03	69.31	69.52	69.69	69.68	69.67	69.65

Hot Tank

## 2 keräintä 750 l varaaja

Simuloitu: 17.2.2020 14.50.10 [1335]  
Tallennettu: 17.2.2020 14.56.08

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.08734	10443.7	30.34	68.98
Helmikuu	0.06094	7887.8	29.74	69.65
Maaliskuu	0.03408	6151.3	29.57	69.92
Huhtikuu	0.02109	3939.6	32.57	69.98
Toukokuu	0.001401	236.3	51.89	70.11
Kesäkuu	1.0E-6	0.04678	59.51	70.23
Heinäkuu	1.0E-6	-0.02138	76.76	71.72
Elokuu	4.63E-4	81.07	66.48	72.12
Syyskuu	0.005973	1061.5	40.46	70.0
Lokakuu	0.0237	4351.1	27.55	69.99
Marraskuu	0.05627	7899.7	28.25	69.62
Joulukuu	0.04278	6731.6	27.54	69.77
keskiarvo	0.02764	4042.9	41.84	70.18
keskiarvo*8760.0 h	242.1	3.54157129E7	366476.4	614784.6
min	1.0E-6	-0.02138	27.54	68.98
maks	0.08734	10443.7	76.76	72.12

Base Heating



Simuloitu: 17.2.2020 14.50.10 [1335]

Tallennettu: 17.2.2020 14.56.08

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m <sup>2</sup>	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.57	2.43E-4	3.106	30.34	-6.527
Helmikuu	56.25	0.003808	66.98	29.74	-0.1802
Maaliskuu	142.5	0.01751	312.9	29.57	10.16
Huhtikuu	144.6	0.0162	291.3	32.57	18.29
Toukokuu	238.0	0.02718	496.4	51.89	34.41
Kesäkuu	194.0	0.01498	275.8	59.51	38.89
Heinäkuu	219.9	0.02453	273.1	76.75	48.64
Elokuu	170.7	0.01061	197.4	66.48	39.97
Syyskuu	118.5	0.01344	242.8	40.46	23.69
Lokakuu	55.79	0.00554	98.47	27.55	10.17
Marraskuu	19.38	7.89E-4	13.55	28.25	-0.4578
Joulukuu	4.279	1.1E-5	0.1902	27.54	-0.7563
keskiarvo	115.5	0.0113	190.1	41.84	18.15
keskiarvo*8760.0 h	1011509.5	98.95	1665628.9	366478.0	159004.0
min	4.279	1.1E-5	0.1902	27.54	-6.527
maks	238.0	0.02718	496.4	76.75	48.64

## Solar Thermal

Simuloitu: 17.2.2020 14.50.10 [1335]

Tallennettu: 17.2.2020 14.56.08

	Muuttujat									
	T1AYER [1], Deg-C	T2AYER [2], Deg-C	T3AYER [3], Deg-C	T4AYER [4], Deg-C	T5AYER [5], Deg-C	T6AYER [6], Deg-C	T7AYER [7], Deg-C	T8AYER [8], Deg-C	T9AYER [9], Deg-C	T10AYER [10], Deg-C
Tammikuu	30.34	34.38	38.09	42.34	47.09	52.17	57.33	59.39	60.67	61.45
Helmikuu	29.74	33.46	36.97	41.22	46.16	51.58	57.07	59.32	60.68	61.49
Maaliskuu	29.57	32.86	36.37	40.36	44.98	50.4	56.3	58.68	60.01	60.72
Huhtikuu	32.57	36.06	39.28	42.75	46.9	51.81	57.15	59.14	60.12	60.58
Toukokuu	51.89	58.12	61.82	64.18	65.88	67.29	68.58	69.11	69.39	69.51
Kesäkuu	59.51	67.3	70.66	72.27	73.12	73.69	73.98	74.12	74.17	74.18
Heinäkuu	76.76	84.41	86.5	87.03	87.19	87.33	87.4	87.41	87.39	87.38
Elokuu	66.48	74.21	76.99	78.23	78.96	79.7	80.58	80.8	80.88	80.89
Syyskuu	40.46	46.3	49.64	52.04	54.38	57.06	60.07	60.89	61.24	61.38
Lokakuu	27.55	30.73	34.31	38.66	43.97	50.03	56.26	58.73	60.0	60.6
Marraskuu	28.25	31.75	35.54	40.07	45.29	50.99	56.77	59.04	60.34	61.04
Joulukuu	27.54	30.97	34.78	39.37	44.71	50.59	56.57	58.9	60.18	60.89
keskiarvo	41.84	46.84	50.2	53.32	56.66	60.31	64.08	65.53	66.33	66.74
keskiarvo*8760.0 h	366476.4	410294.5	439768.3	467117.7	496303.3	528333.2	561381.3	574085.9	581026.0	584682.1
min	27.54	30.73	34.31	38.66	43.97	50.03	56.26	58.68	60.0	60.58
maks	76.76	84.41	86.5	87.03	87.19	87.33	87.4	87.41	87.39	87.38

## Hot Tank

### 3 keräintä 750 l varaaja

Simuloitu: 17.2.2020 15.19.01 [1292]

Tallennettu: 17.2.2020 15.43.37

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.08993	10349.9	30.43	68.99
Helmikuu	0.06484	9199.6	29.13	69.37
Maaliskuu	0.03555	6219.0	30.5	69.92
Huhtikuu	0.01754	3063.4	33.91	69.98
Toukokuu	0.001438	256.2	59.45	70.24
Kesäkuu	1.0E-6	0.01738	66.93	70.85
Heinäkuu	1.0E-6	-0.01569	76.14	72.34
Elokuu	6.24E-4	86.89	67.77	72.65
Syyskuu	0.00397	690.7	43.99	70.23
Lokakuu	0.0259	4782.5	27.98	69.98
Marraskuu	0.05264	7090.1	28.45	69.66
Joulukuu	0.04709	7229.1	27.48	69.65
keskiarvo	0.0281	4053.4	43.63	70.33
keskiarvo*8760.0 h	246.1	3.55076803E7	382231.1	616103.1
min	1.0E-6	-0.01569	27.48	68.99
maks	0.08993	10349.9	76.14	72.65

### Base Heating

Simuloitu: 17.2.2020 15.19.01 [1292]

Tallennettu: 17.2.2020 15.43.37

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.56	3.28E-4	5.506	30.43	-6.549
Helmikuu	56.32	0.005953	104.4	29.13	-0.2632
Maaliskuu	142.4	0.02468	442.5	30.5	10.89
Huhtikuu	144.4	0.02246	405.6	33.92	19.15
Toukokuu	238.3	0.5288	573.8	59.45	38.74
Kesäkuu	193.6	0.01691	314.3	66.93	41.43
Heinäkuu	220.7	1.286	253.2	76.13	52.42
Elokuu	170.7	0.4591	220.8	67.76	41.87
Syyskuu	119.4	0.01768	320.9	43.99	24.88
Lokakuu	55.67	0.007791	138.8	27.98	10.41
Marraskuu	19.32	0.001007	17.59	28.45	-0.3796
Joulukuu	4.268	0.0	-9.77E-4	27.48	-0.7526
keskiarvo	115.6	0.2011	233.8	43.63	19.46
keskiarvo*8760.0 h	1012233.3	1761.8	2048057.3	382228.7	170471.9
min	4.268	0.0	-9.77E-4	27.48	-6.549
maks	238.3	1.286	573.8	76.13	52.42

### Solar thermal

Simuloitu: 17.2.2020 15.19.01 [1292]  
 Tallennettu: 17.2.2020 15.43.37

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	T1AYER [1], Deg-C	T2AYER [2], Deg-C	T3AYER [3], Deg-C	T4AYER [4], Deg-C	T5AYER [5], Deg-C	T6AYER [6], Deg-C	T7AYER [7], Deg-C	T8AYER [8], Deg-C	T9AYER [9], Deg-C	T10AYER [10], Deg-C
Tammikuu	-46.37	30.43	34.39	38.05	42.29	47.02	52.06	57.18	59.3	60.61	61.41
Helmikuu	-44.85	29.13	32.74	36.43	40.73	45.69	51.16	56.89	59.07	60.38	61.18
Maaliskuu	-45.49	30.5	34.02	37.59	41.57	46.06	51.13	56.63	58.82	60.08	60.76
Huhtikuu	-48.98	33.91	37.75	41.18	44.62	48.6	53.11	57.81	59.72	60.68	61.14
Toukokuu	-90.06	59.45	68.19	72.58	75.04	76.76	78.12	79.18	79.79	80.18	80.37
Kesäkuu	-98.71	66.93	76.23	79.91	81.59	82.36	82.74	82.98	83.1	83.13	83.13
Heinäkuu	-114.6	76.14	87.89	90.96	91.67	91.89	92.05	92.09	92.09	92.08	92.06
Elokuu	-101.4	67.77	78.14	81.65	82.98	83.63	84.19	84.8	85.07	85.21	85.25
Syyskuu	-62.8	43.99	50.39	53.99	56.42	58.7	61.16	63.77	64.69	65.11	65.28
Lokakuu	-43.26	27.98	31.31	34.93	39.21	44.36	50.25	56.35	58.74	59.99	60.58
Marraskuu	-44.27	28.45	31.94	35.65	40.13	45.31	50.98	56.71	59.07	60.44	61.19
Joulukuu	-43.29	27.48	30.84	34.71	39.33	44.68	50.56	56.55	58.88	60.16	60.86
keskiarvo	-65.53	43.63	49.63	53.28	56.43	59.71	63.24	66.84	68.29	69.09	69.52
keskiarvo*8760.0 h	-574053.7	382231.1	434740.1	466713.4	494356.5	523078.8	553951.8	585521.1	598197.1	605260.0	608999.4
min	-114.6	27.48	30.84	34.71	39.21	44.36	50.25	56.35	58.74	59.99	60.58
maks	-43.26	76.14	87.89	90.96	91.67	91.89	92.05	92.09	92.09	92.08	92.06

Hot Tank

**1 keräin 1500 l varaaja**

Simuloitu: 17.2.2020 17.51.48 [972]

Tallennettu: 17.2.2020 17.55.51

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1049	11119.3	31.16	68.66
Helmikuu	0.08307	9539.9	30.75	69.16
Maaliskuu	0.046	7196.4	29.38	69.73
Huhtikuu	0.01753	3279.9	30.44	70.0
Toukokuu	0.004441	523.2	46.38	70.0
Kesäkuu	0.002337	122.0	53.74	70.0
Heinäkuu	5.67E-4	30.7	60.21	70.0
Elokuu	0.001653	159.5	54.67	70.0
Syyskuu	0.006795	941.7	40.68	70.0
Lokakuu	0.02577	4599.4	27.17	69.94
Marraskuu	0.06136	7757.1	28.88	69.39
Joulukuu	0.05273	7056.9	28.16	69.56
keskiarvo	0.03366	4332.3	38.53	69.71
keskiarvo*8760.0 h	294.8	3.79506864E7	337537.9	610631.3
min	5.67E-4	30.7	27.17	68.66
maks	0.1049	11119.3	60.21	70.0

**Base Heating**

Simuloitu: 17.2.2020 17.51.48 [972]

Tallennettu: 17.2.2020 17.55.51

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.58	6.7E-5	1.161	31.16	-6.503
Helmikuu	56.3	0.001803	31.64	30.75	-0.0278
Maaliskuu	142.1	0.009421	167.3	29.38	9.215
Huhtikuu	144.3	0.009392	167.4	30.44	16.4
Toukokuu	237.3	0.01623	293.8	46.38	30.8
Kesäkuu	193.0	0.009537	174.1	53.74	36.13
Heinäkuu	220.1	0.01276	234.8	60.21	41.32
Elokuu	169.7	0.009157	167.8	54.67	34.73
Syyskuu	118.6	0.007263	130.8	40.68	22.86
Lokakuu	55.43	0.002983	52.79	27.17	9.836
Marraskuu	19.36	3.4E-4	5.859	28.88	-0.3824
Joulukuu	4.251	5.7E-6	0.0949	28.16	-0.7566
keskiarvo	115.2	0.006618	119.7	38.53	16.24
keskiarvo*8760.0 h	1008786.7	57.98	1048223.8	337537.9	142264.1
min	4.251	5.7E-6	0.0949	27.17	-6.503
maks	237.3	0.01623	293.8	60.21	41.32

**Solar thermal**

Simuloitu: 17.2.2020 17.51.48 [972]  
Tallennettu: 17.2.2020 17.55.51

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-70.23	31.16	35.53	39.68	44.22	48.92	53.58	57.94	59.98	61.3	62.13
Helmikuu	-69.62	30.75	35.07	39.27	43.8	48.54	53.3	57.88	59.92	61.24	62.1
Maaliskuu	-65.46	29.38	32.87	36.39	40.48	45.42	51.22	56.91	59.24	60.53	61.2
Huhtikuu	-64.51	30.44	33.21	35.69	38.96	43.82	50.17	56.78	59.06	60.1	60.5
Toukokuu	-86.07	46.38	51.05	53.23	54.53	55.67	57.31	59.97	60.38	60.49	60.51
Kesäkuu	-95.18	53.74	58.53	59.81	60.21	60.39	60.56	60.94	60.93	60.92	60.91
Heinäkuu	-105.8	60.21	63.72	64.36	64.48	64.5	64.5	64.53	64.51	64.49	64.47
Elokuu	-98.4	54.67	59.07	60.08	60.6	61.3	62.0	63.01	63.06	63.06	63.05
Syyskuu	-78.59	40.68	45.19	47.17	49.09	51.88	55.26	59.18	59.84	60.07	60.14
Lokakuu	-62.08	27.17	30.19	33.72	38.2	43.82	50.24	56.61	58.98	60.13	60.63
Marraskuu	-66.27	28.88	32.81	36.92	41.61	46.72	52.03	57.22	59.41	60.72	61.47
Joulukuu	-65.13	28.16	31.91	36.09	40.89	46.15	51.66	57.03	59.31	60.58	61.27
keskiarvo	-77.35	38.53	42.49	45.25	48.13	51.46	55.18	59.01	60.4	61.14	61.54
keskiarvo*8760.0 h	-677610.2	337537.9	372192.6	396408.8	421621.6	450771.9	483344.9	516967.5	529068.0	535608.4	539053.1
min	-105.8	27.17	30.19	33.72	38.2	43.82	50.17	56.61	58.98	60.07	60.14
maks	-62.08	60.21	63.72	64.36	64.48	64.5	64.5	64.53	64.51	64.49	64.47

Hot Tank

## 2 keräintä 1500 l varaaja

Simuloitu: 17.2.2020 18.13.55 [909]  
Tallennettu: 17.2.2020 18.26.27

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1031	10678.0	31.39	68.62
Helmikuu	0.08302	9634.3	30.57	68.97
Maaliskuu	0.04105	6248.4	30.36	69.81
Huhtikuu	0.02015	3593.7	32.08	69.99
Toukokuu	0.002658	336.8	51.31	70.02
Kesäkuu	8.4E-5	3.055	60.87	70.07
Heinäkuu	1.0E-6	-0.01643	74.88	71.03
Elokuu	4.21E-4	62.68	69.88	71.98
Syyskuu	0.005366	858.4	42.8	70.0
Lokakuu	0.02675	4755.6	27.76	69.94
Marraskuu	0.06451	7884.8	29.06	69.26
Joulukuu	0.04939	6695.2	28.1	69.52
keskiarvo	0.03275	4197.2	42.53	69.94
keskiarvo*8760.0 h	286.9	3.67673522E7	372578.6	612703.0
min	1.0E-6	-0.01643	27.76	68.62
maks	0.1031	10678.0	74.88	71.98

Base Heating

Simuloitu: 17.2.2020 18.13.55 [909]

Tallennettu: 17.2.2020 18.26.27

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m <sup>2</sup>	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.56	1.07E-4	1.761	31.39	-6.482
Helmikuu	56.2	0.003553	62.55	30.57	0.02216
Maaliskuu	142.0	0.01797	320.2	30.36	9.843
Huhtikuu	144.4	0.01766	316.1	32.08	17.23
Toukokuu	237.0	0.02927	533.3	51.31	33.07
Kesäkuu	193.2	0.01575	289.8	60.87	38.46
Heinäkuu	220.1	0.01811	337.9	74.88	46.45
Elokuu	170.4	0.0115	214.3	69.88	39.5
Syyskuu	118.7	0.01339	241.9	42.8	23.73
Lokakuu	55.48	0.005641	100.1	27.76	10.09
Marraskuu	19.31	6.75E-4	11.63	29.06	-0.3831
Joulukuu	4.251	0.0	-9.99E-4	28.1	-0.7508
keskiarvo	115.2	0.01119	203.4	42.53	17.69
keskiarvo*8760.0 h	1009448.4	98.01	1782144.4	372581.2	154926.4
min	4.251	0.0	-9.99E-4	27.76	-6.482
maks	237.0	0.02927	533.3	74.88	46.45

## Solar Thermal

Simuloitu: 17.2.2020 18.13.55 [909]

Tallennettu: 17.2.2020 18.26.27

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	T1AYER [1], Deg-C	T1AYER [2], Deg-C	T1AYER [3], Deg-C	T1AYER [4], Deg-C	T1AYER [5], Deg-C	T1AYER [6], Deg-C	T1AYER [7], Deg-C	T1AYER [8], Deg-C	T1AYER [9], Deg-C	T1AYER [10], Deg-C
Tammikuu	-70.92	31.39	35.91	40.15	44.71	49.37	53.92	58.15	60.15	61.45	62.28
Helmikuu	-69.18	30.57	34.75	38.91	43.51	48.35	53.18	57.76	59.83	61.16	61.99
Maaliskuu	-66.54	30.36	33.99	37.53	41.46	45.97	51.29	56.82	59.16	60.46	61.1
Huhtikuu	-66.69	32.08	35.19	37.76	40.85	44.99	50.61	56.8	59.04	60.08	60.48
Toukokuu	-97.42	51.31	56.47	59.03	60.57	61.6	62.54	63.77	63.96	64.0	64.01
Kesäkuu	-113.6	60.87	66.01	67.62	68.19	68.39	68.47	68.5	68.52	68.52	68.51
Heinäkuu	-142.8	74.88	78.97	79.76	79.92	79.95	79.94	79.93	79.92	79.9	79.88
Elokuu	-136.9	69.88	75.0	76.48	77.16	77.66	78.2	78.79	78.88	78.89	78.88
Syyskuu	-81.87	42.8	47.66	49.84	51.57	53.66	56.44	59.51	60.1	60.33	60.4
Lokakuu	-62.69	27.76	30.89	34.38	38.67	43.98	50.21	56.58	58.95	60.11	60.62
Marraskuu	-66.8	29.06	33.09	37.28	41.99	47.09	52.34	57.37	59.57	60.83	61.55
Joulukuu	-65.03	28.1	31.86	36.05	40.85	46.11	51.6	56.93	59.25	60.57	61.29
keskiarvo	-86.9	42.53	46.76	49.67	52.55	55.68	59.13	62.64	64.0	64.74	65.13
keskiarvo*8760.0 h	-761220.8	372578.6	409616.7	435096.3	460310.8	487714.1	518005.8	548722.1	560649.9	567164.8	570562.2
min	-142.8	27.76	30.89	34.38	38.67	43.98	50.21	56.58	58.95	60.08	60.4
maks	-62.69	74.88	78.97	79.76	79.92	79.95	79.94	79.93	79.92	79.9	79.88

## Hot Tank

**3 keräintä 1500 l varaaja**

Simuloitu: 17.2.2020 18.41.02 [854]

Tallennettu: 17.2.2020 18.42.46

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1043	10980.9	31.28	68.58
Helmikuu	0.08327	9612.7	30.41	68.99
Maaliskuu	0.04168	6507.4	31.12	69.75
Huhtikuu	0.01723	3099.1	33.29	69.99
Toukokuu	0.001157	139.0	58.28	70.08
Kesäkuu	1.0E-6	0.003014	70.06	70.68
Heinäkuu	1.0E-6	-0.04717	83.62	72.67
Elokuu	3.11E-4	41.09	74.91	74.06
Syyskuu	0.004345	705.4	44.72	70.0
Lokakuu	0.02511	4355.6	28.31	69.98
Marraskuu	0.0655	8069.8	28.95	69.28
Joulukuu	0.05254	6975.9	28.09	69.56
keskiarvo	0.03266	4176.1	45.39	70.32
keskiarvo*8760.0 h	286.1	3.65829665E7	397584.8	615972.6
min	1.0E-6	-0.04717	28.09	68.58
maks	0.1043	10980.9	83.62	74.06

**Base Heating**

Simuloitu: 17.2.2020 18.41.02 [854]

Tallennettu: 17.2.2020 18.42.46

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.57	2.28E-4	3.904	31.28	-6.517
Helmikuu	56.15	0.005389	94.75	30.41	-0.01965
Maaliskuu	142.3	0.02578	460.7	31.13	10.4
Huhtikuu	144.3	0.02504	449.7	33.29	17.92
Toukokuu	237.1	0.03766	690.1	58.29	35.87
Kesäkuu	193.3	0.01696	317.3	70.06	41.36
Heinäkuu	220.7	0.0188	354.4	83.62	49.97
Elokuu	170.8	0.01236	231.2	74.91	41.55
Syyskuu	119.0	0.0187	338.7	44.72	24.43
Lokakuu	55.6	0.007902	140.5	28.31	10.37
Marraskuu	19.35	9.17E-4	15.98	28.95	-0.3463
Joulukuu	4.247	1.6E-5	0.2695	28.09	-0.7552
keskiarvo	115.4	0.0142	259.2	45.39	18.82
keskiarvo*8760.0 h	1010821.6	124.4	2270529.5	397600.4	164827.5
min	4.247	1.6E-5	0.2695	28.09	-6.517
maks	237.1	0.03766	690.1	83.62	49.97

**Solar Thermal**

Simuloitu: 17.2.2020 18.41.02 [854]  
 Tallennettu: 17.2.2020 18.42.46

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-70.73	31.28	35.76	39.99	44.56	49.25	53.84	58.13	60.13	61.43	62.27
Helmikuu	-68.64	30.41	34.48	38.61	43.18	48.01	52.89	57.57	59.68	61.0	61.83
Maaliskuu	-67.63	31.12	34.92	38.5	42.43	46.67	51.6	56.96	59.2	60.41	61.02
Huhtikuu	-68.71	33.29	36.64	39.36	42.49	46.41	51.43	57.08	59.19	60.17	60.55
Toukokuu	-114.9	58.28	63.99	66.69	68.24	69.21	69.95	70.66	70.91	71.02	71.05
Kesäkuu	-138.9	70.06	76.15	78.13	78.84	79.04	79.17	79.32	79.4	79.4	79.38
Heinäkuu	-165.4	83.62	88.34	89.24	89.39	89.41	89.4	89.39	89.38	89.36	89.34
Elokuu	-150.4	74.91	80.7	82.42	83.03	83.43	83.93	84.35	84.45	84.48	84.49
Syyskuu	-86.14	44.72	49.73	52.11	53.84	55.74	58.16	60.9	61.51	61.72	61.78
Lokakuu	-63.58	28.31	31.59	35.14	39.37	44.5	50.47	56.72	59.02	60.16	60.66
Marraskuu	-66.52	28.95	32.9	37.08	41.8	46.9	52.16	57.26	59.47	60.79	61.56
Joulukuu	-64.96	28.09	31.78	35.92	40.72	46.02	51.57	56.97	59.27	60.6	61.32
keskiarvo	-94.13	45.39	49.88	52.89	55.77	58.82	62.14	65.53	66.88	67.62	68.01
keskiarvo*8760.0 h	-824567.1	397584.8	436960.4	463352.2	488581.9	515267.4	544370.8	574012.1	585877.1	592358.8	595774.2
min	-165.4	28.09	31.59	35.14	39.37	44.5	50.47	56.72	59.02	60.16	60.55
maks	-63.58	83.62	88.34	89.24	89.39	89.41	89.4	89.39	89.38	89.36	89.34

Hot Tank



## 1 keräin 2500 l varaaja

Simuloitu: 17.2.2020 18.59.42 [794]

Tallennettu: 17.2.2020 19.06.13

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1088	11078.3	31.48	68.61
Helmikuu	0.08666	9676.7	30.88	68.9
Maaliskuu	0.04657	7034.0	30.32	69.63
Huhtikuu	0.02139	3752.2	30.41	69.96
Toukokuu	0.005825	548.4	48.43	70.0
Kesäkuu	0.003468	156.4	56.12	70.0
Heinäkuu	0.001011	49.02	59.38	70.0
Elokuu	0.002286	161.5	55.52	70.0
Syyskuu	0.007593	984.0	42.68	70.0
Lokakuu	0.02673	4458.9	27.51	69.91
Marraskuu	0.06926	8165.6	29.19	69.18
Joulukuu	0.05634	6845.7	28.43	69.35
keskiarvo	0.03603	4378.2	39.26	69.63
keskiarvo*8760.0 h	315.7	3.83528256E7	343900.9	609989.2
min	0.001011	49.02	27.51	68.61
maks	0.1088	11078.3	59.38	70.0

## Base Heating

Simuloitu: 17.2.2020 18.59.42 [794]

Tallennettu: 17.2.2020 19.06.13

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.54	1.46E-4	2.474	31.48	-6.591
Helmikuu	56.34	0.001745	30.78	30.88	0.04397
Maaliskuu	141.9	0.009094	161.9	30.32	9.647
Huhtikuu	143.8	0.009606	171.0	30.41	16.03
Toukokuu	237.0	0.01588	287.8	48.43	31.26
Kesäkuu	192.6	0.009085	166.2	56.12	36.7
Heinäkuu	219.6	0.0132	242.2	59.38	40.63
Elokuu	169.5	0.009263	169.6	55.52	34.59
Syyskuu	118.3	0.007009	126.4	42.68	23.24
Lokakuu	55.4	0.003018	53.37	27.51	9.768
Marraskuu	19.32	2.97E-4	5.053	29.19	-0.3246
Joulukuu	4.241	5.1E-6	0.08176	28.43	-0.7534
keskiarvo	115.0	0.006568	118.8	39.26	16.29
keskiarvo*8760.0 h	1007121.2	57.54	1040499.9	343900.9	142699.5
min	4.241	5.1E-6	0.08176	27.51	-6.591
maks	237.0	0.01588	287.8	59.38	40.63

## Solar Thermal

Simuloitu: 17.2.2020 18.59.42 [794]  
Tallennettu: 17.2.2020 19.06.13

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-95.91	31.48	36.02	40.39	45.09	49.79	54.23	58.26	60.28	61.65	62.57
Helmikuu	-94.0	30.88	35.21	39.51	44.16	48.97	53.65	57.95	59.99	61.3	62.12
Maaliskuu	-89.96	30.32	33.85	37.35	41.45	46.45	51.98	57.34	59.52	60.68	61.25
Huhtikuu	-86.79	30.41	33.13	35.56	38.78	43.7	50.42	57.02	59.23	60.19	60.53
Toukokuu	-117.3	48.43	52.47	53.98	54.82	55.68	57.21	60.03	60.29	60.34	60.33
Kesäkuu	-129.2	56.12	59.56	60.21	60.35	60.41	60.47	60.59	60.57	60.56	60.54
Heinäkuu	-135.1	59.38	61.67	61.94	61.95	61.93	61.92	61.93	61.9	61.88	61.86
Elokuu	-128.5	55.52	58.73	59.33	59.73	60.01	60.32	60.9	60.91	60.9	60.88
Syyskuu	-107.8	42.68	46.55	48.07	49.73	52.4	55.69	59.42	59.9	60.06	60.11
Lokakuu	-84.33	27.51	30.6	34.04	38.49	44.31	50.69	56.96	59.23	60.27	60.7
Marraskuu	-91.1	29.19	33.39	37.93	42.95	48.07	53.01	57.53	59.75	61.15	61.97
Joulukuu	-89.81	28.43	32.54	37.2	42.34	47.62	52.76	57.47	59.73	61.1	61.86
keskiarvo	-104.2	39.26	42.87	45.51	48.36	51.64	55.21	58.79	60.11	60.84	61.22
keskiarvo*8760.0 h	-913116.5	343900.9	375516.9	398646.5	423621.9	452348.1	483648.0	515009.9	526575.3	532965.5	536322.9
min	-135.1	27.51	30.6	34.04	38.49	43.7	50.42	56.96	59.23	60.06	60.11
maks	-84.33	59.38	61.67	61.94	61.95	61.93	61.92	61.93	61.9	61.88	62.57

Hot Tank

## 2 keräintä 2500 l varaaja

Simuloitu: 17.2.2020 19.21.06 [833]  
Tallennettu: 17.2.2020 19.42.31

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1102	10610.8	32.15	68.43
Helmikuu	0.08612	9662.2	30.76	68.96
Maaliskuu	0.04315	6329.6	31.12	69.65
Huhtikuu	0.0194	3400.3	31.9	69.98
Toukokuu	0.003404	331.5	51.87	70.01
Kesäkuu	6.55E-4	27.91	60.44	70.02
Heinäkuu	5.9E-5	3.067	70.79	70.46
Elokuu	7.71E-4	60.99	69.06	71.18
Syyskuu	0.007543	975.8	44.53	70.0
Lokakuu	0.02715	4595.4	28.13	69.93
Marraskuu	0.07113	8066.5	29.42	69.15
Joulukuu	0.05932	7366.9	28.65	69.34
keskiarvo	0.03544	4254.3	42.51	69.76
keskiarvo*8760.0 h	310.5	3.72678423E7	372364.6	611132.5
min	5.9E-5	3.067	28.13	68.43
maks	0.1102	10610.8	70.79	71.18

Base Heating

Simuloitu: 17.2.2020 19.21.06 [833]

Tallennettu: 17.2.2020 19.42.31

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m <sup>2</sup>	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.54	2.02E-4	3.413	32.15	-6.547
Helmikuu	56.27	0.00339	59.79	30.76	0.1132
Maaliskuu	141.9	0.01772	316.1	31.12	9.996
Huhtikuu	143.8	0.01827	326.4	31.91	16.77
Toukokuu	236.8	0.0296	539.0	51.87	32.83
Kesäkuu	192.7	0.01634	300.4	60.44	38.06
Heinäkuu	220.9	0.02057	381.9	70.79	44.79
Elokuu	170.8	0.01253	233.1	69.06	38.85
Syyskuu	118.2	0.01306	236.3	44.53	23.96
Lokakuu	55.22	0.005737	101.7	28.13	10.01
Marraskuu	19.32	5.61E-4	9.586	29.42	-0.3048
Joulukuu	4.241	0.0	-0.001019	28.65	-0.7468
keskiarvo	115.1	0.01156	210.1	42.51	17.43
keskiarvo*8760.0 h	1008708.4	101.2	1840340.9	372367.6	152688.7
min	4.241	0.0	-0.001019	28.13	-6.547
maks	236.8	0.0296	539.0	70.79	44.79

## Solar Thermal

Simuloitu: 17.2.2020 19.21.06 [833]

Tallennettu: 17.2.2020 19.42.31

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-98.73	32.15	37.17	41.81	46.56	51.12	55.27	58.89	60.84	62.17	63.05
Helmikuu	-93.48	30.76	34.99	39.22	43.9	48.73	53.43	57.74	59.86	61.23	62.1
Maaliskuu	-91.25	31.12	34.92	38.44	42.28	46.76	51.97	57.27	59.45	60.65	61.25
Huhtikuu	-89.13	31.9	34.87	37.29	40.27	44.5	50.45	57.06	59.23	60.14	60.45
Toukokuu	-126.8	51.87	56.24	58.15	59.16	59.82	60.55	61.8	61.95	61.99	61.99
Kesäkuu	-143.8	60.44	63.97	64.74	64.94	65.03	65.05	65.05	65.04	65.02	65.0
Heinäkuu	-173.3	70.79	73.37	73.76	73.79	73.78	73.76	73.73	73.71	73.68	73.65
Elokuu	-174.9	69.06	72.81	73.75	74.21	74.53	74.8	75.13	75.24	75.26	75.25
Syyskuu	-111.3	44.53	48.56	50.2	51.63	53.66	56.56	59.67	60.11	60.25	60.3
Lokakuu	-85.37	28.13	31.39	34.87	39.13	44.51	50.8	57.07	59.25	60.25	60.64
Marraskuu	-92.37	29.42	33.77	38.46	43.53	48.65	53.54	57.94	60.11	61.45	62.25
Joulukuu	-90.43	28.65	32.91	37.59	42.67	47.87	52.95	57.63	59.81	61.12	61.88
keskiarvo	-114.5	42.51	46.35	49.12	51.92	54.99	58.32	61.63	62.93	63.64	64.02
keskiarvo*8760.0 h	-1002649.1	372364.6	406035.0	430267.8	454854.8	481673.5	510880.4	539897.3	551239.7	557508.1	560821.7
min	-174.9	28.13	31.39	34.87	39.13	44.5	50.45	57.06	59.23	60.14	60.3
maks	-85.37	70.79	73.37	73.76	74.21	74.53	74.8	75.13	75.24	75.26	75.25

## Hot Tank

**3 keräintä 2500 l varaaja**

Simuloitu: 17.2.2020 22.24.52 [889]

Tallennettu: 17.2.2020 23.09.35

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1082	10967.1	31.91	68.51
Helmikuu	0.08532	9715.6	30.43	68.98
Maaliskuu	0.04069	6125.1	31.47	69.71
Huhtikuu	0.01891	3191.6	33.08	69.97
Toukokuu	0.00207	177.5	57.24	70.05
Kesäkuu	1.0E-6	0.002744	69.85	70.42
Heinäkuu	1.0E-6	-0.04183	81.6	71.9
Elokuu	1.88E-4	21.36	77.54	73.92
Syyskuu	0.005621	815.3	45.76	70.0
Lokakuu	0.02655	4541.1	28.53	69.92
Marraskuu	0.07128	8082.8	29.72	69.13
Joulukuu	0.05706	7090.3	28.91	69.36
keskiarvo	0.03436	4195.2	45.64	70.17
keskiarvo*8760.0 h	301.0	3.67501287E7	399769.7	614681.8
min	1.0E-6	-0.04183	28.53	68.51
maks	0.1082	10967.1	81.6	73.92

**Base Heating**

Simuloitu: 17.2.2020 22.24.52 [889]

Tallennettu: 17.2.2020 23.09.35

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.58	3.93E-4	6.758	31.91	-6.574
Helmikuu	56.26	0.00485	85.67	30.43	0.2369
Maaliskuu	142.4	0.02648	472.7	31.47	10.04
Huhtikuu	144.0	0.02631	471.2	33.08	17.3
Toukokuu	236.6	0.03994	731.3	57.25	34.89
Kesäkuu	193.0	0.01849	343.4	69.85	40.77
Heinäkuu	220.9	0.02337	438.7	81.6	48.12
Elokuu	170.8	0.01322	248.3	77.54	41.24
Syyskuu	118.1	0.01866	338.4	45.76	24.41
Lokakuu	55.45	0.008294	147.3	28.53	10.19
Marraskuu	19.3	8.73E-4	15.17	29.72	-0.3311
Joulukuu	4.276	0.0	-0.001028	28.91	-0.749
keskiarvo	115.2	0.01515	276.2	45.64	18.42
keskiarvo*8760.0 h	1009514.4	132.7	2419842.2	399788.1	161350.9
min	4.276	0.0	-0.001028	28.53	-6.574
maks	236.6	0.03994	731.3	81.6	48.12

**Solar Thermal**

Simuloitu: 17.2.2020 22.24.52 [889]  
 Tallennettu: 17.2.2020 23.09.35

	Muuttujat										
	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	-97.21	31.91	36.7	41.14	45.79	50.38	54.68	58.53	60.48	61.79	62.65
Helmikuu	-92.38	30.43	34.44	38.61	43.29	48.19	53.02	57.54	59.7	61.1	61.98
Maaliskuu	-91.61	31.47	35.4	38.89	42.6	46.85	51.83	57.18	59.38	60.55	61.11
Huhtikuu	-91.46	33.08	36.3	38.81	41.71	45.64	51.07	57.15	59.25	60.16	60.44
Toukokuu	-144.0	57.24	61.89	63.87	64.91	65.51	65.98	66.65	66.8	66.86	66.85
Kesäkuu	-176.9	69.85	74.08	75.07	75.36	75.43	75.43	75.42	75.4	75.38	75.37
Heinäkuu	-209.5	81.6	84.51	84.91	84.95	84.93	84.91	84.88	84.85	84.83	84.8
Elokuu	-203.8	77.54	81.75	82.8	83.21	83.56	83.88	84.13	84.16	84.16	84.14
Syyskuu	-114.4	45.76	49.93	51.67	53.0	54.77	57.3	60.24	60.69	60.84	60.87
Lokakuu	-85.95	28.53	31.88	35.35	39.48	44.65	50.77	57.02	59.21	60.24	60.65
Marraskuu	-92.96	29.72	34.16	38.87	43.88	48.91	53.7	58.02	60.14	61.45	62.19
Joulukuu	-91.22	28.91	33.29	38.0	43.05	48.18	53.17	57.79	59.95	61.27	62.03
keskiarvo	-124.6	45.64	49.66	52.46	55.22	58.18	61.4	64.62	65.91	66.62	66.99
keskiarvo*8760.0 h	-1091501.5	399769.7	435029.2	459527.2	483700.4	509697.8	537882.1	566102.0	577354.0	583582.2	586824.0
min	-209.5	28.53	31.88	35.35	39.48	44.65	50.77	57.02	59.21	60.16	60.44
maks	-85.95	81.6	84.51	84.91	84.95	84.93	84.91	84.88	84.85	84.83	84.8

Hot Tank

## 6 keräintä 2500 l varaaja

Simuloitu: 21.2.2020 10.45.07 [730]

Tallennettu: 21.2.2020 10.32.15

	Muuttujat			
	Condenser massflow, kg/s	Q, W	TIN, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	0.1117	11229.0	31.57	68.51
Helmikuu	0.0842	9240.7	30.97	69.0
Maaliskuu	0.04118	6004.3	33.18	69.7
Huhtikuu	0.01766	2949.7	35.13	70.0
Toukokuu	2.7E-5	1.082	71.21	70.61
Kesäkuu	1.0E-6	-0.03524	81.36	73.14
Heinäkuu	1.0E-6	-0.058	89.47	76.02
Elokuu	1.0E-6	-0.02264	82.52	77.21
Syyskuu	0.004633	648.1	53.22	70.68
Lokakuu	0.02608	4365.4	29.51	69.93
Marraskuu	0.07261	7999.0	29.63	69.06
Joulukuu	0.05634	7234.3	28.39	69.4
keskiarvo	0.03425	4110.8	49.83	71.13
keskiarvo*8760.0 h	300.0	3.60103035E7	436525.6	623070.0
min	1.0E-6	-0.058	28.39	68.51
maks	0.1117	11229.0	89.47	77.21

## Base Heating

Simuloitu: 21.2.2020 10.45.07 [730]

Tallennettu: 21.2.2020 10.32.15

	Muuttujat				
	Incoming radiation per area, W/m2	Massflow, kg/s	Collected heat, W	Temperature from tank, Deg-C	Temperature to tank, Deg-C
Tammikuu	16.61	6.62E-4	11.24	31.57	-6.555
Helmikuu	56.26	0.009122	161.4	30.97	0.3696
Maaliskuu	142.1	0.04827	866.0	33.22	11.15
Huhtikuu	144.5	0.04818	867.2	35.17	18.38
Toukokuu	237.4	0.05393	1001.6	71.27	40.48
Kesäkuu	193.2	0.02236	420.3	81.37	43.91
Heinäkuu	221.2	0.0216	414.4	89.48	53.12
Elokuu	170.5	0.01542	290.8	82.52	43.47
Syyskuu	118.3	0.02902	531.2	53.24	26.39
Lokakuu	55.68	0.01531	273.0	29.51	10.51
Marraskuu	19.4	0.001703	27.41	29.63	-0.286
Joulukuu	4.266	0.0	-0.00101	28.39	-0.7504
keskiarvo	115.4	0.0222	406.7	49.85	20.15
keskiarvo*8760.0 h	1010724.5	194.5	3562668.1	436658.5	176544.8
min	4.266	0.0	-0.00101	28.39	-6.555
maks	237.4	0.05393	1001.6	89.48	53.12

## Solar Thermal

Simuloitu: 21.2.2020 10.45.07 [730]  
 Tallennettu: 21.2.2020 10.32.15

	Muuttujat											
	MOUT [3], kg/s	QLOSSTOT, W	TLAYER [1], Deg-C	TLAYER [2], Deg-C	TLAYER [3], Deg-C	TLAYER [4], Deg-C	TLAYER [5], Deg-C	TLAYER [6], Deg-C	TLAYER [7], Deg-C	TLAYER [8], Deg-C	TLAYER [9], Deg-C	TLAYER [10], Deg-C
Tammikuu	0.139	-96.76	31.57	36.2	40.69	45.47	50.19	54.57	58.48	60.53	61.93	62.87
Helmikuu	0.127	-93.93	30.97	35.22	39.47	44.09	48.83	53.49	57.84	59.94	61.32	62.17
Maaliskuu	0.09062	-95.19	33.18	37.46	41.17	44.87	48.64	52.82	57.46	59.48	60.57	61.11
Huhtikuu	0.07819	-95.9	35.13	38.66	41.39	44.39	47.93	52.48	57.71	59.49	60.25	60.51
Toukokuu	0.06536	-193.5	71.21	77.18	79.5	80.62	81.23	81.62	81.87	82.04	82.16	82.24
Kesäkuu	0.06236	-217.1	81.36	86.42	87.61	87.89	87.94	87.95	87.94	87.92	87.9	87.89
Heinäkuu	0.0147	-237.9	89.47	93.18	93.7	93.77	93.83	93.87	93.86	93.84	93.82	93.81
Elokuu	0.03539	-222.4	82.52	87.39	88.52	89.05	89.43	89.72	89.94	90.09	90.14	90.14
Syyskuu	0.08148	-138.8	53.22	58.03	60.03	61.38	62.87	64.73	67.04	67.55	67.78	67.89
Lokakuu	0.1041	-87.87	29.51	33.15	36.7	40.67	45.46	51.09	57.12	59.27	60.26	60.66
Marraskuu	0.1187	-93.14	29.63	34.15	38.98	44.1	49.13	53.82	57.99	60.14	61.5	62.29
Joulukuu	0.1112	-89.55	28.39	32.5	37.08	42.16	47.43	52.62	57.46	59.68	61.04	61.81
keskiarvo	0.08535	-138.9	49.83	54.28	57.21	60.01	62.87	65.84	68.83	70.09	70.81	71.2
keskiarvo*8760.0 h	747.7	-1216734.6	436525.6	475494.0	501199.2	525648.0	550702.3	576789.2	602920.6	614021.9	620333.6	623733.9
min	0.0147	-237.9	28.39	32.5	36.7	40.67	45.46	51.09	57.12	59.27	60.25	60.51
maks	0.139	-87.87	89.47	93.18	93.7	93.77	93.83	93.87	93.86	93.84	93.82	93.81

Hot Tank

**Joona Jaatinen**

**Vili Ikonen**

## **1. Rakennuksen perustiedot**

Työn kohteena olevan päärakennuksen omistaa Veljekset Nilsen Oy. Yritys tekee maanrakennustöitä, maa-ainesten myyntiä ja toimituksia sekä metsäko-neurakointia. Yritys on perustettu vuonna 1974.

Päärakennus sijaitsee Pohjois-Karjalassa Iломantsissa. Päärakennuksen lisäksi tontilla on varastorakennus polttoaineen säilytystä varten ja erillinen lämmönja-korakennus, jossa on kohteen nykyinen lämmönlähde pellettikattila sekä pelletti-siilo. Päärakennuksen kerrosala on yhteensä 380 m<sup>2</sup> ja tilavuus 2 204 m<sup>3</sup>.



Joona Jaatinen

Vili Ikonen

## 1. Lämmitystehontarvesimuloinnin tulokset

Tässä liitteessä on esitetty rakennuksen lämmitystehontarpeen tulokset, jotka on tuotettu IDA ICE simulointiohjelmalla. Simuloinnin energiatuloksista on luettavissa, että koko vuoden tilalämmitysenergia on yhteensä 34569 kWh (Kuva 1). Lämpimän käyttöveden osuus koko vuodelta on 1061 kWh. Tammikuussa tilojen energiantarve on suurin eli 7209 kWh ja heinäkuussa vastaavasti tilojen energiantarve on pienin eli 39,2 kWh.

		<b>Järjestelmien energia</b>	
Projekt		Rakennus	
Asiakas		Mallin lattia-ala	443.9 m <sup>2</sup>
Vastuuhenkilö	Vili Ikonen	Mallin tilavuus	2135.6 m <sup>3</sup>
Sijainti	Joensuu (Ilomantsi)_029190 (ASHRAE 2013) pilvillä	Mallin maaperän pinta-ala	385.0 m <sup>2</sup>
Säätiedosto	FIN_ILOMANTSI_029190(IW2)pilvillä	Mallin vaipan ala	1238.2 m <sup>2</sup>
Tapaus	Halli projekti	Ikkuna/Vaippa	2.3 %
Simuloitu	10.2.2020 11.50.46	Keskimääräinen U-arvo	0.263 W/(m <sup>2</sup> K)
		Vaipan alan suhde tilavuuteen	0.5798 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

## Energiankulutus

### kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähditys	Lämmitys IV-koneella	Jäähditys IV-koneella	Lämmin käyttövesi
1	7209.0	0.0	0.0	0.0	90.1
2	6010.0	0.0	0.0	0.0	81.4
3	4547.0	0.0	0.0	0.0	90.1
4	2362.3	0.0	0.0	0.0	87.2
5	422.5	0.0	0.0	0.0	90.1
6	154.6	0.0	0.0	0.0	87.2
7	39.2	0.0	0.0	0.0	90.1
8	137.0	0.0	0.0	0.0	90.1
9	700.8	0.0	0.0	0.0	87.2
10	2998.4	0.0	0.0	0.0	90.1
11	5179.0	0.0	0.0	0.0	87.2
12	4810.0	0.0	0.0	0.0	90.1
Yhteensä	34569.8	0.0	0.0	0.0	1061.3

Kuva 1. Lämmitystehontarvesimuloinnin tulokset.

Joona Jaatinen

Vili Ikonen

## 2. Lattialämmitystilojen massavirrat ja lämpötilat vuoden ajalta.

Kuvasta 2 on nähtävissä IDA ICE simulointiohjelmalla tuotettu hallirakennuksen meno- ja paluueden lämpötilat sekä massavirrat kuukausittaisena keskiarvona. Arvot ovat tiloista, joissa lattialämmitys hallissa sijaitsee. Näistä arvoista on tehty myös tuntikohtainen taulukko, jota ei ole tähän liitteeseen lisätty raportin selkeyttämisen vuoksi.

### Primäärijärjestelmän meno- ja paluulämpötilat

Indoor Climate and Energy 4.801 Käyttöoikeus: IDA40:ICE40XL:20MAY/I4E3V (Koelisenssi)

Objekti: Primäärijärjestelmän lämpötilat

Järjestelmä: C:\Users\vili\Documents\Opinnäytetyö\Cads projekti halli\Halli projekti.idm

Kuvaus:

Simuloitu: 19.2.2020 13.30.33 [416]

Tallennettu: 21.2.2020 14.50.36

	Muuttujat		
	Lämmityksen menovedenlämpötila vyöhykkeisiin, Deg-C	Paluueden lämpötila vyöhykkeiden lämmityslaitteilta, Deg-C	MTOT, kg/s
Tammikuu	28.46	19.72	0.2057
Helmikuu	27.95	19.77	0.2026
Maaliskuu	25.76	18.46	0.1484
Huhtikuu	21.91	16.69	0.08444
Toukokuu	18.09	16.36	0.008457
Kesäkuu	19.13	18.75	2.3E-7
Heinäkuu	22.68	22.33	2.3E-7
Elokuu	22.8	22.38	0.001496
Syyskuu	17.26	15.92	0.03465
Lokakuu	21.6	16.95	0.1442
Marraskuu	25.74	18.84	0.1892
Joulukuu	24.75	18.41	0.187
keskiarvo	22.99	18.72	0.09992
keskiarvo*8760.0 h	201404.4	163977.2	875.3
min	17.26	15.92	2.3E-7
maks	28.46	22.38	0.2057

Kuva 2. Lattialämmitystilojen meno- ja paluueden lämpötila sekä massavirta.

**Joona Jaatinen**

**Vili Ikonen**

### **3. Aurinkokeräinten valinta**

Tasokeräimet ovat valittu energiakauppa.com sivulta, jossa on myös mainittu keräimien lähtötietoja, joita tarvitaan Excel laskuissa. Excel laskuissa vertailtiin kahta tasokeräin mallia; Wagner Euro L20 AR ja Wagner Euro 42 HTF.

Valituista tasokeräimistä parhaimmaksi saatiin Wagner Euro L20 AR, jolla oli parempi energiantuotanto- ja energiankulutushinta. Kummassakin keräintyyppissä tuottojen takaisinmaksuaika jää reilusti aurinkokeräinten elinajan yli, joka merkitsee, että kohteeseen ei ole järkevää hankkia aurinkokeräinjärjestelmää.

Korjauskulmakertoimeksi on valittu 55° astetta jotta säteilyenergianmäärä keskittyy enemmän huhtikuun ja lokakuun ajalle, koska kohteen kesäaikainen energiankulutus on vähäistä. Näin saadaan hyödynnettyä enemmän aurinkoenergiaa koko vuoden ajalle

Aurinkokeräinten hyöty loistaa kesäkauden aikaan, jolloin auringosta saatava säteilyenergian määrä on huipussaan. Kohteessa on kesäkauden aikaan hyvin pieni lämmönkulutus, jolloin aurinkokeräinjärjestelmästä saatava hyöty jää pieneksi.

Aurinkokeräinjärjestelmät yritetään mitoittaa niin, että mahdollisimman vähän aurinkoenergiaa menisi ylituotantoon, jolloin järjestelmästä saataisiin maksimaallinen hyöty.

Koska kesäkauden aikaan aurinkokeräimistä saatava hyöty on pieni, on kohteeseen valittavien aurinkokeräinten määrä oltava myös pieni ylituotannon välttämiseksi.

Joona Jaatinen

Vili Ikonen

Kuukausi	Tilojen ja LKV käyttämä energian ku- lutus (kWh)	Aurinkoke- räinten ke- räämä aurinkoener- giamäärä (kWh)	Aurinkokeräi- mistä saatava tuotto (kWh)	Ylituotantoon menevä au- rinkoenergian määrä (kWh)	Aurin- koenergian määrä tuo- tetusta läm- möstä (%)
Tammikuu	8201.2	0	0	0	0. %
Helmikuu	6844.3	124.820	124.82	0	1.82 %
Maaliskuu	5210.2	271.204	271.20	0	5.21 %
Huhtikuu	2751.9	360.702	360.70	0	13.11 %
Toukokuu	576.0	330.501	330.50	0	57.38 %
Kesäkuu	271.7	279.939	271.69	8.3	100. %
Heinäkuu	145.3	171.201	145.28	25.9	100. %
Elokuu	255.2	246.385	246.39	0	96.56 %
Syyskuu	885.4	285.878	285.88	0	32.29 %
Lokakuu	3470.2	123.456	123.46	0	3.56 %
Marraskuu	5917.1	0	0	0	0. %
Joulukuu	5505.7	0	0	0	0. %
Yht	40034.2	2194.1	2159.9	34.2	-

Taulukko 1. Wagner L20 AR. 3 Keräinmäärällä.

Joona Jaatinen

Vili Ikonen

Kuukausi	Tilojen ja LKV käyttämä energian kulutus (kWh)	Aurinkoke- räinten ke- räämä aurinkoener- giamäärä (kWh)	Aurinkokeräi- mistä saatava tuotto (kWh)	Ylituotantoon menevä au- rinkoenergian määrä (kWh)	Aurinkoener- gian määrä tuotetusta lämmöstä (%)
Tammikuu	8201.2	0	0	0	0. %
Helmikuu	6844.3	86.163	86.16	0	1.26 %
Maaliskuu	5210.2	184.952	184.95	0	3.55 %
Huhtikuu	2751.9	246.823	246.82	0	8.97 %
Toukokuu	576.0	240.946	240.95	0	41.83 %
Kesäkuu	271.7	228.035	228.03	0	83.93 %
Heinäkuu	145.3	162.090	145.28	16.8	100. %
Elokuu	255.2	197.477	197.48	0	77.39 %
Syyskuu	885.4	200.271	200.27	0	22.62 %
Lokakuu	3470.2	85.235	85.23	0	2.46 %
Marraskuu	5917.1	0	0	0	0. %
Joulukuu	5505.7	0	0	0	0. %
Yht	40034.2	1632.0	1615.2	16.8	-

Taulukko 2. Wagner L20 AR. 2 keräinmäärällä.

Joona Jaatinen

Vili Ikonen

Kuukausi	Tilojen ja LKV käyttämä energian kulutus (kWh)	Aurinkokehäräinten ke- räämä aurinkoener- giamäärä (kWh)	Aurinkoke- räämistä saa- tava tuotto (kWh)	Ylituotan- toon menevä aurinkoener- gian määrä (kWh)	Aurinkoener- gian määrä tuotetusta lämmöstä (%)
Tammikuu	8201.2	0	0	0	0.0 %
Helmikuu	6844.3	160.243	160.24	0	2.34 %
Maaliskuu	5210.2	353.037	353.04	0	6.78 %
Huhtikuu	2751.9	468.117	468.12	0	17.01 %
Toukokuu	576.0	401.852	401.85	0	69.7 %
Kesäkuu	271.7	304.383	271.69	32.7	100. %
Heinäkuu	145.3	179.423	145.28	34.1	100. %
Elokuu	255.2	271.972	255.17	16.8	100. %
Syyskuu	885.4	362.235	362.24	0	40.91 %
Lokakuu	3470.2	158.533	158.53	0	4.5 %
Marraskuu	5917.1	0	0	0	0. %
Joulukuu	5505.7	0	0	0	0. %
Yht	40034.2	2659.8	2576.2	83.6	-

Taulukko 3. Wagner L20AR. 4 keräinmäärällä.