

Jyri Huttunen

Regeneratiivisen lämmöntalteenoton
kosteuden siirto ja poisto
asuinhuoneistoissa

Opinnäytetyö
Talotekniikan ko.


Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MAMK University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 21.4.2016				
Tekijä(t) Jyri Huttunen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikan ko				
Nimeke Regeneratiivisen lämmönlämmönoton kosteuden siirto ja poisto asuinhuoneistoissa					
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Heatco Finland Oy:n maahantuomien Flexit tuoteperheen ilmanvaihtokoneiden roottoreiden kosteudensiirto- ja palautuskykyä. Koneet, joita tutkittiin, olivat UNI 2, UNI 4 ja C2. Kaikissa koneissa oli tutkittavana kondensaattoroottori, mutta vain C2-koneessa tutkittiin myös adsorptioroottoria. Oikeissa kohteissa tutkittiin UNI 2- ja UNI 4 -ilmanvaihtokoneita, simuloituissa olosuhteissa tutkittiin C2- ja UNI 2 -ilmanvaihtokoneita.</p> <p>Ilmanvaihtokoneiden roottoreiden kosteudensiirto- ja palautuskykyä tutkittiin koneen sisälle asennettavilla TinyTag Plus 2 TGP-4500 -loggereilla, jotka mittaavat lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Loggereiden asennus tapahtui magneettikiinnitteisesti ilmanvaihtokoneiden kammioihin. Joka kammioon tuli oma loggeri eli yhteensä neljä kappaletta per ilmanvaihtokone. Mittaustuloksien paikkansapitävyys varmistettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratorion olosuhdekaapissa kahden muun ammattikorkeakoulun loggerin kanssa.</p> <p>Mittausajanjaksojen pituudet vaihtelivat viikosta neljään viikkoon. Laboratoriomittaukset olivat viikon mittaisia. Tutkimuksissa kävi ilmi, että sorptioroottorilla on hieman suurempi kyky palauttaa kosteutta verrattuna kondensaattoroottoriin. Eniten kosteuden palautuskykyyn vaikutti ilman olotilat, mm. ulko- ja sisäilman lämpötila ja kosteus. Tuloksien perusteella on todettavissa, että sorptioroottori, jolla on hieman parempi kosteuden palautuskyky, ei yksin pysty aiheuttamaan ikkunoiden huurtumisriskiä.</p>					
Asiasanat (avainsanat) Kosteuden siirto ja poisto lämmönlämmönotossa, LTO, kosteuden siirto, kosteuden poisto					
Sivumäärä 34+15	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Heikki Salomaa	Opinnäytetyön toimeksiantaja Heatco Finland Oy				

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 21.4.2016
Author(s) Jyri Huttunen	Degree programme and option Building services Engineering	
Name of the bachelor's thesis Humidity transfer and removal of regenerative heat recovery in apartment buildings		
Abstract The purpose of this thesis was to research Flexit air handling units that are imported by Heatco Finland Oy and research their humidity transfer and return abilities. Handling units that were researched were UNI 2, UNI 4 and C2. All of the air handling units had condensation wheels, but only C2 unit was studied when equipped with adsorption wheel. The real life measurements were made with UNI 2 and UNI 4 air handling units, simulated measurements were made with C2 and UNI 2 handling units. The humidity transfer and returning abilities were studied by installing TinyTag Plus 2 TGP-4500 loggers inside the handling unit, the loggers measure temperature and relative humidity. The installation of the loggers was carried out with magnets to the side walls of the air handling unit chambers. There was one logger per chamber so total of four loggers per air handling unit. The validity of the measurements were verified in Mikkeli university of applied sciences material technologys climate testing device with two other loggers which were universitys property. Lengths of the measurement periods were from one week to four weeks. Laboratory measurements were one week in length. In the research it turned out that sorption wheel has littlebit higher ability to return moisture compared to condensation wheel. The most important thing which effected to the moisture return ability was the surrounding condition of the outside and inside air. Based on the researched results it is safe to say that the sorption wheel by itself doesn't have the capability to cause fogging of the windows.		
Subject headings, (keywords) Humidity transfer and removal in heat exchangers, heat exchanger, humidity transfer, humidity removal		
Pages 34+15	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Salomaa	Bachelor's thesis assigned by Heatco Finland Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ ILMANVAIHDOSTA.....	1
3	MENETELMIEN JA MITTALAITTEIDEN ESITTELY.....	5
	3.1 Ilmavirrat	5
	3.2 Lämpötila ja suhteellinen kosteus.....	7
	3.3 Mittalaitteiston tuloksien varmentaminen	8
4	LASKUJA.....	9
	4.1 Vesihöyryn kyllästymispaine.....	10
	4.2 Vesihöyryn osapaine.....	10
	4.3 Ilman kosteus	10
	4.4 Ilman entalpiasisältö	11
	4.5 Lämpötilasuhde.....	12
	4.6 Entalpiasuhde.....	13
	4.7 Poistoilman kosteushyötysuhde.....	14
	4.8 Ulkoilman kosteushyötysuhde.....	14
	4.9 Lämmöntalteenoton teho	15
	4.10 Poistoilman lämmitysteho	16
	4.11 Kokonaishyötysuhde.....	16
5	UNI 2 KOSTEUDEN SIIRTO JA PALAUTUS	17
	5.1 UNI 2 laboratorio mittaukset	20
	5.2 UNI 2 testijakso	21
6	UNI 4 KOSTEUDEN SIIRTO JA PALAUTUS	22
7	C2 KOSTEUDEN SIIRTO JA PALAUTUS.....	25
	7.1 Sorptioeroottori mittaustulokset 1/2.....	26
	7.2 Sorptioeroottori mittaustulokset 2/2.....	27
	7.3 Kondensaatioeroottori	29
8	KOOTUT TULOKSET.....	30
9	LOPPUPÄÄTELMÄ	32
	LÄHTEET	34

LIITE/LIITTEET

Liite 1: Paine-eromittari Teknocalor

Liite 2: Taulukoidut alkuarvot ja tulokset

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Heatco Finland Oy:n maahantuomien Flexit-tuoteperheen muutamien ilmanvaihtokoneiden roottoreiden kosteuden siirto- ja poist ominaisuuksia. Ilmanvaihtokoneiden kosteudensiirto ja -poisto mitattiin neljällä TinyTag-mittarilla tulo-, poisto-, jäte- ja raitisilmakammioista. Mittareiden toimivuus ja tuloksien paikkansapitävyys on tarkistettu käyttämällä ne Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratorion olosuhdekaapissa kahden muun koulun mittarin kanssa. Mittauksia on kahta kategoriaa, todellinen mittaus oikeassa kohteessa sekä Mikkelin ammattikorkeakoulun laboratoriossa tehdyt mittaukset. Todelliset kohteet, joissa mittaukset ovat tapahtuneet, ovat molemmat Keski-Suomessa, Jyväskylässä ja Petäjävvedellä. Jyväskylän kohteessa on käytössä UNI 2 ja Petäjäveden kohteessa UNI 4, molemmissa kondensaatoroottorit. Simuloidut mittaukset, jotka tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa, suoritettiin C2- ja UNI 2 -ilmanvaihtokoneilla, joista C2-ilmanvaihtokoneessa on sorptioroottori. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, soveltuvatko kosteutta siirtävät regeneratiiviset lämmöntalteenottokennot asuinhuoneistoihin. C2-ilmanvaihtokoneessa olevalle adsorptioroottorille on vielä vähän tutkimustuloksia. Tutkimustuloksia tullaan tulevaisuudessa vertaamaan valmistajan itse tehtyihin mittauksiin. Halutaan myös selvittää, onko adsorptioroottorilla riskiä suuremmalla kosteudenpalautuskyvyllään huurruttaa talvella ikkunoita.

2 YLEISTÄ ILMANVAIHDOSTA

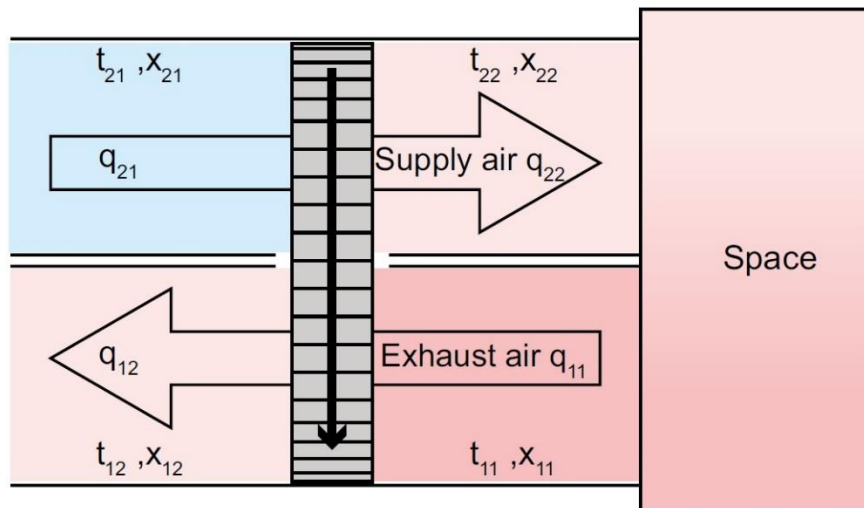
Suomen rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan asuinhuoneistot suunnitellaan seuraavasti: ” Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle” /12, s. 7/.

”Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tehokkaalle energiankäytölle. Ilmanvaihdon energiatehokkuus

varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta” /12, s. 17/.

”Ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan yleensä niin, että ominaissähköteho ei ylitä arvoa 2,0 kW/(m³/s) (koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä) tai arvoa 1,0 kW/(m³/s) (koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä)” /7, s. 52/.

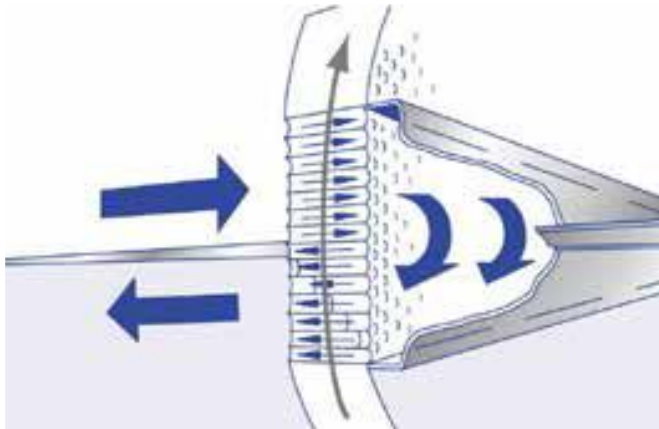
Ilmanvaihtokone on yksi asuinhuoneiston tärkeimmistä teknisistä osista, sen tehtävänä on poistaa likaista sisäilmaa huoneistosta ja tuoda ulkoa puhdasta hengitysilmaa. Regeneratiivinen ilmanvaihtokone koostuu yleisimmin lämmöntalteenottokennosta, tulo- ja poistoilmapuhaltimista, kennon moottorista ja hihnasta, tulo- ja poistoilman suodattimista sekä esi/jälkilämmityspattereista. Tärkein tehtävä LTO-kennolle on ottaa lämpöä talteen poistoilmasta, täten se auttaa tehokkaasti pienentämään lämmityskustannuksia. Toinen hyöty regeneratiivisella lämmöntalteenottokennolla on sen kosteudenpalautuskyky. Kosteuden palautus on mahdotonta muilla kuin regeneratiivisilla lämmöntalteenottokennoilla, jos kosteutta halutaan tuoda tuloilmaan, onnistuu se kostuttimilla, jotka vaativat jälkeensä vielä lämmityspatterin. Kyseistä järjestelmää käytetään vain isommissa kohteissa ja se on hyvin epätavallinen pienissä kohteissa. Alla periaatekuva LTO-kennosta.



Kuva 1. LTO kennon ilmavirrat /12, s. 27/

Jos ilmanvaihtokone on suunniteltu ja toteutettu huonosti, voi roottorin ja kammioiden erottavan seinämän välistä päästä vähän likaista poistoilmaa sekoittumaan tuloilmaan, normaalisti 2-4 %. Likaista poistoilmaa voi myös sekoittua tuloilmaan, kun poistoilma

on päässyt roottorin lamelleihin juuri ennen kammioiden välistä seinää ja roottorin pyöriessä likainen ilma siirtyy tuloilmaan. Tämä voidaan poistaa tehokkaasti puhdistussektorilla, jossa tulo- ja poistoilmakammioissa on esim. pellistä tehty kaista, joka ohjaa pienen ilmavirran takaisin poistoilmakammioon puhdistuen lamellit mahdollisista epäpuhtauksista.



Kuva 2. Puhdistussektori /12, s. 31/

Lämmöntalteenottolaitteet jakautuvat kahteen kategoriaan: regeneratiivisiin ja rekuperatiivisiin lämmöntalteenottolaitteisiin. ”Jos lämpöä siirtävä aine varastoi lämpöä ja vuorotellen lämpenee ja jäähtyy ilmavirrassa, on kysymyksessä regeneratiivinen, lämpöä varastoiva lämmönsiirrin” /1, s. 285/. Regeneratiiviset siirtimet voidaan jakaa kahteen kategoriaan, liikkuvamassaisiin siirtimiin, joissa esim. LTO-kiekkko pyörii, ja kiinteämassaisiin, joissa virtaus vaihtuu. Regeneratiivisia pyöriviä LTO-kiekkkoja ovat mm. kondensaatioroottori, entalpiaroottori ja sorptioroottori, tässä opinnäytetyössä käsitellään vain Enventuksen valmistamia kondensaatio- ja sorptioroottoreita. Rekuperatiiviset lämmönsiirtimet voidaan jakaa myös kahteen kategoriaan: suoriin lämmönsiirtimiin, esim. levylämmönsiirrin, sekä epäsuoriin lämmönsiirtimiin, esim. nestekiertoinen lämmöntalteenotto. Regeneratiiviset lämmönsiirtimet eroavat rekuperatiivista myös siten, että regeneratiivinen lämmönsiirrin voi siirtää myös kosteutta /1, s. 285/.

Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottojen kosteudensiirto-ominaisuuksista on vieläkin hyvin vähän tutkimusmateriaalia. Aiheesta on raportoitu tutkimustyötä hyvin rajallisesti ja pääasialliset tutkimustulokset löytyvät lähinnä valmistajan tuotesitteistä.

Kondensaatiroottori on halpa ja tehokas lämmöntalteenottolaite ilmastoinnissa. Kosteuden siirtoa tapahtuu vain, kun raitis ilmavirta on kylmillä oloilla tarpeeksi kylmä viilentääkseen kennon alle kastepisteen, jolloin tapahtuu kondensoitumista kennoon. Raitisilman lämmitessä se sitoo kondensoitunutta vettä itseensä vesihöyryksi.

C2-koneen sorptioroottorin kosteuden siirto perustuu fyysiseen adsorptioon, eng. physisorption, joka tunnetaan myös nimellä van der Waals adsorption (6). Se tarkoittaa sitä, että molekyylit tarttuvat materiaaliin, eikä se tarkoita niiden imeytymistä, kuten absorptiossa tapahtuu. Molekyylien tarttuminen ei tapahdu kemiallisesti, vaan se tapahtuu puhtaasti molekyylien kokonsa ja heikkojen atomisten voimien avulla.

Sorptiotavoista erottaa helposti ad- ja absorptio toisistaan kun muistaa sen että adsorptio on tarttumista ja absorptio on imeytymistä. Tämän voi helposti havainnollistaa esim. heitetään kakku naamalle eli kakku vain tarttuu kiinni (adsorptio), kun syödään kakku imeytyy se elimistöön (absorptio).

Yleisin käytetty sorptiomateriaali on SiO_2 . Sillä on erittäin korkea kosteudensiirtohyötysuhde ja laaja levikki huokosten koossa, eli se ei ole selektiivinen sen suhteen mitä se adsorptoi. C2-ilmanvaihtokoneen alumiininen roottori on päällystetty AlO_4 - ja SiO_4 -yhdisteillä, jotka mahdollistavat korkean kosteuden siirtohyötysuhteen, ja ne ovat erittäin selektiivisiä adsorptiossa (vain vesimolekyylit), LVI-tekniikassa käytetään 3-10 Å-kokoisia huokoskokoja veden ollessa 2,7Å. Huokosten korkean selektiivisyytensä vuoksi tarjoaa pinnoite huonon kasvualustan bakteereille. Huokokset muodostuvat, kun AlO_4 ja SiO_4 yhdistyvät ja muodostavat tetraedreistä zeolite A:n, joka muodostaa ns. huokosen, ks. kuva 3. /10, s. 8-9/.



Kuva 3. AlO_4 ja SiO_4 tetraedreista muodostunut zeolite A /10, s. 9/

Sorptioroottorin korkea kosteudensiirtohyötysuhde ei muodosta kesällä ongelmia liiallisessa kosteuden palautuksessa, koska roottori on pysähdyksissä, kun ei lämmöntalteenotollekaan ole tarvetta. Kennon kannattaa kesätilanteissa pyöriä vain silloin, kun taloudessa on käytössä jäähdytyslaitteita ja poistoilman lämpötilan ollessa pienempi kuin raitisilman lämpötila.



Kuva 4. C2 sorptioroottori

Edellä näkyvästä kuvasta 4 on nähtävillä osa sorptioroottorista. Sorptioroottori ei ole perinteisen kondensaatoroottorin kaltaisesti alumiinin värinen vaan valkoinen. Roottorin väri johtuu sen pinnoituksesta AlO_4 ja SiO_4 kemiallisilla yhdisteillä.

Kuvassa 9 ST1 on kondensaatoroottori, STE1 on hygroscopic rotor eli entalpiaroottori, HX1 on sorptioroottori, tarkemmin adsorptioroottori.

3 MENETELMIEN JA MITTALAITTEIDEN ESITTELY

3.1 Ilmavirrat

Venttiileistä ilmavirtausta voi mitata usealla tavalla esim. paine-eromittarilla tai anemometrillä. Tässä työssä ilmavirtojen mittaus on tapahtunut Teknocalor TSI TC5825 -paine-eromittarilla. Paine-eromittarin toimintaperiaate perustuu nimensä

mukaan paine-eroon, jossa mittari vertaa kanavaistossa olevaa yli- tai alipainetta ympäristön paineeseen, jonka mittari ilmoittaa pasacaleina (Pa). Mittaus tapahtuu asettamalla koukkusondi mittarin päässä olevaan letkuun ja sondi asetetaan venttiilin sisälle. Kun yli- tai alipaine on saatu selville (esim. 9 Pa), selvitetään venttiilityyppi ja sen auki-asetus. Esimerkiksi Fläktwoods -venttiili ilman suuntauslevyä KTS-125 saadaan auki asetusarvosta K-arvo, jota tarvitaan ilmamäärän laskemiseen. Auki -asetus saadaan luettua mm. Fläktwoods -tulkilla (kuvassa 5), auki -asennot ovat millimetrin tarkkuudella, ja jos asento on esim. 9 mm, sitä vastaava K-arvo kyseiselle venttiilille on 4,2 /9, s. 2/.



KUVA 5. Fläktwoods-tulkki

Kun kaikki tarvittavat arvot ovat saatu ylös, voidaan ilmavirta laskea seuraavalla tavalla /9, s. 2/:

$$q_v = k * \sqrt{\Delta P} \quad (1)$$

q_v = ilmamäärä (l/s)

k = k-kerroin

ΔP = mittarista luettu paine-ero (Pa)

Seuraavaksi laskuesimerkki:

$$q_v = 4,2 * \sqrt{9} = 12,6 \text{ l/s}$$

3.2 Lämpötila ja suhteellinen kosteus

Lämpötila ja suhteellinen kosteus mitataan TinyTag Plus 2 TGP-4500 –dataloggereilla (kuva 6), loggerit kykenevät mittaamaan -25 °C:sta 80 °C:een ja 0 %RH:sta 100 %RH:iin suhteellista kosteutta /3/.



KUVA 6. TinyTag Plus 2 TGP-4500 -loggeri

TinyTag -loggerit asennettiin ilmanvaihtokoneisiin eri kammioihin. Loggerit pysyvät kiinni kammioissa magneettien avulla. Tällä kiinnitystavalla ei tarvitse tehdä reikiä kanavaan tai kammioon jotka täytyisi myöhemmin paikata. Ennen mittaustoimenpiteitä loggerien toiminta ja tarkkuus varmistettiin MAMK:n olosuhdekaapissa kahden muun MAMK:n loggerin kanssa. Testi olosuhteiksi on valittu kalibroidut olosuhteet sekä olosuhteet jotka voivat olla todellisuuden säätilanteissa realistisia. Testit olosuhdekaapissa ajettiin seuraavilla asetuksilla: 1: 40 °C/95%RH, 2: 22 °C/50%RH, 3: 10 °C/70%RH, 4: 0 °C/75%RH, 5: -5 °C/80%RH, 6: -15 °C/85%RH ja 7: -25 °C/90%RH. Olosuhdekaappi oli kalibroitu vain kahdelle ensimmäiselle asetukselle, kolmas asetetus on vielä olosuhdekaapin tarkkojen arvojen rajoissa. Loput asetukset kaapille ovat vain lämpötilaltaan oikeellisia, koska olosuhdekaappi ei kykene tarkkaan kosteudensäätöön pakkasilla, tämän takia loggereiden tuloksia verrataan MAMK:n kalibroituuihin Ebro EBI 20-TH1 -loggereihin (kuva 7). Ebron loggerin käyttöalueet ovat seuraavat, lämpötilat -20 °C:sta +40 °C:een ja suhteellinen kosteus 10%RH:sta 90%RH:iin /4/.



Kuva 7. Ebro EBI 20-TH1 -loggeri

3.3 Mittalaitteiston tuloksien varmentaminen

Loggerit on pyritty pistämään lähelle roottoria jotta saataisiin mahdollisimman tarkat arvot. Asennus ei olisi suotavaa aivan välittömästi roottorin läheisyyteen koska se voi aiheuttaa ilmanvirtaukselle esteitä ja loggerin taakse voi muodostua alue, jossa on hieman eri ilmantila kuin suoraan roottorista tullessaan. Kuitenkaan ei olisi myöskään suotavaa että loggerit ovat asennettuina puhaltimen tai jälkilämmityspatterin jälkeen.

Taulukko 1:stä on nähtävillä loggereiden lämpötilojen mitatut arvot.

Erot eivät ole suuria, vain kovilla pakkaslukemilla saadaan maksimissaan 2,0 °C:en ero Ebron loggereista, kun asetusarvo on -25 °C näyttää loggeri -27 °C arvoa. Nollan yläpuolella olevissa lämpötiloissa virheet vaihtelevat 0,2 °C-1,1 °C välillä. Nollan alapuolelle mentäessä on virheen vaihtelu 0,6 °C-2,0 °C välillä. Vuokraloggereita ovat 10490-10493 ja Mikkelin ammattikorkeakoulun lainaloggerit ovat Ebron 62223290 ja 62219367.

Taulukko 1 Lämpötila-arvot

Asetusarvot	Lämpötila (°C)					
	10490	10941	10942	10943	62223290	62219367
40 °C/95%	39,0	39,0	39,1	38,9	39,2	39,2
22 °C/50%	21,7	21,7	21,8	21,6	21,7	21,7
10 °C/70%	9,3	9,2	9,3	9,1	9,1	9,2
0 °C/75% *	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8
-5 °C/80% *	-5,6	-5,7	-5,7	-5,7	-6,0	-6,0
-15 °C/85% *	-16,1	-16,2	-16,2	-16,2	-16,6	-16,6
-25 °C/95% *	-26,3	-26,4	-26,4	-26,4	-27,0	-27,0

*= ei tarkat arvot (olosuhdekaapin tekniikasta johtuen) kaappi ilmoittaa suhteellisen kosteuden olevan 97,4%.

Taulukko 2:sta voidaan lukea suhteellisen kosteuden erot loggereiden välillä. Suurimmaksi eroksi muodostuu 10493 loggerin tulos joka näyttää 40 °C/95% tilanteessa vain 81,2% suhteellista kosteutta eli virheen suuruus on 13,8%. Mikkelin ammattikorkeakoulun loggerit eivät pärjää juurikaan sen paremmin kyseisessä tilanteessa mittausrvojen ollessa 83,9% ja 84,2% eli virheen suuruus on 11,1%-10,8%. Suhteellisten kosteuksien virhe on yleisesti n. 1,8%-11,1%. Molemmat loggerit antaisivat varmasti tarkempia arvoja jos ne olisivat olleet kalibroituina, mutta tällä kertaa siihen ei ollut mahdollisuutta. Suhteellista kosteutta on todella hankala mitata tarkasti. Jos halutaan mitata suhteellista kosteutta tarkasti, silloin on käytettävä vähintään kahta anturia per tila. Yksi anturi kalibroidaan alhaisille kosteuksille ja yksi anturi korkeille kosteuksille, suotavaa olisi vielä, että kolmas anturi kalibroitaisiin vielä näiden kahden olosuhteen väliin.

Taulukko 2 Kosteus arvot

Suhteellinen kosteus (%)						
Asetus arvot	10490	10941	10942	10943	62223290	62219367
40°C/95%	85,1	84,2	85,3	81,2	83,9	84,2
22°C/50%	48,2	49,5	49,8	45,6	50,2	49,6
10°C/70%	64,4	65,7	65,7	62,3	65,6	64,9
0°C/75% *	90,0	90,5	90,9	88,4	84,9	83,0
-5°C/80% *	83,4	84,7	84,8	82,3	80,3	78,5
-15/85%*	74,6	77,6	76,7	74,2	73,7	71,7
-25/95% *	66,1	71,5	70,8	66,5	66,8	64,6

4 LASKUJA

Esimerkkilaskut on laskettu UNI 2 mittausjakson ensimmäisillä mittausarvoilla jotka ovat seuraavat; Raitisilma: lämpötila 2,29 °C ja suhteellinen kosteus 83,7%, Tuloilma: lämpötila 17,5 °C ja suhteellinen kosteus 33,7%, Poistoilma: lämpötila 22,3 °C ja suhteellinen kosteus 32,6%, Jäteilma: lämpötila 9,6 °C ja suhteellinen kosteus 61,3%. Ilmanpaine kaikille on 100690Pa.

4.1 Vesihöyryn kyllästymispaine

Vesihöyryn kyllästymispaine saadaan seuraavasta kaavasta /1, s. 188/ :

$$p_{hs} = \frac{e^{(77,345+0,0057T-\frac{7235}{T})}}{T^{8,2}} \quad (2)$$

p_{hs} = vesihöyryn kyllästymispaine (Pa)

T = ilman lämpötila (K)

e = Neperin luku ~ 2,718

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$p_{hs} = \frac{e^{(77,345+0,0057(273,15+2,29)-\frac{7235}{(273,15+2,29)})}}{(273,15+2,29)^{8,2}} \quad (3)$$

$$p_{hs} = 711,1 \text{ Pa}$$

4.2 Vesihöyryn osapaine

Vesihöyryn osapaine saadaan seuraavalla kaavalla /1, s. 188/:

$$p_h = \varphi p_{hs} \quad (4)$$

p_h = vesihöyryn osapaine (Pa)

φ = suhteellinen kosteus (%)

p_{hs} = vesihöyryn kyllästymispaine (Pa)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$p_h = 0,837 * 711,1 \text{ Pa}$$

$$p_h = 595,0 \text{ Pa}$$

4.3 Ilman kosteus

Ilman kosteus sisältö saadaan kaavasta /8, s. 84/:

$$x = 0,6220 \frac{p_h}{p - p_h} \quad (5)$$

x = ilman kosteus (kg/kg k.i.)

p_h = vesihöyryn osapaine (Pa)

p = kostean ilman kokonaispaine (Pa)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$x = 0,6220 \frac{595 \text{ Pa}}{100690 \text{ Pa} - 595 \text{ Pa}}$$

$$\underline{x = 0,003697 \text{ kg/kg k.i.}}$$

$$x \sim 3,7 \text{ g/kg k.i.}$$

4.4 Ilman entalpiasisältö

Ilman suhteellisen lämpösisällön eli entalpioiden summan saadaan kaavalla /1, s. 189/:

$$h = 1,006 t + x(2501 + 1,85 t) \text{ kJ/kg} \quad (6)$$

h = ilman ominaisentalpia (kJ/kg)

t = kostean ilman lämpötila (°C)

x = ilman kosteus (kg/kg k.i.)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$h = 1,006 * 2,29^\circ\text{C} + 0,003697 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ k. i. } (2501 + 1,85 * 2,29^\circ\text{C}) \text{ kJ/kg}$$

$$\underline{h = 11,571 \text{ kJ/kg}}$$

Ilman ominaisentalpia on laskettu tarkoilla mitatuilla arvoilla ja ilmanpaineilla, jotka on saatu lähimmältä sääasemalta. Nyt on mahdollista vertailla ja tarkastella, kuinka suuri ero tulee, jos ilman ominaisentalpia olisi tarkasteltu normaalipaineeseen (101325 Pa) suunnitellusta mollier-piirroksesta.

Mollier-piirroksesta luettu ilman ominaisentalpia $h \sim 11,8 \text{ kJ/kg}$, joten kyseisessä tapauksessa eroksi muodostui $11,8 \text{ kJ/kg} - 11,571 \text{ kJ/kg} = 0,229 \text{ kJ/kg}$. Eron ollessa näin pieni (huomioon ottaen paine-ero) on oletettava, että entalpia-arvot on laskettu oikein.

4.5 Lämpötilasuhde

Lämpötilasuhde saadaan seuraavalla kaavalla /1, s. 197/.

$$\eta_t = \frac{t_{tulo} - t_{ulko}}{t_{poisto} - t_{ulko}} \quad (7)$$

η_t = lämpötilasuhde (%)

t_{tulo} = tuloilman lämpötila (°C)

t_{ulko} = ulkoilman lämpötila (°C)

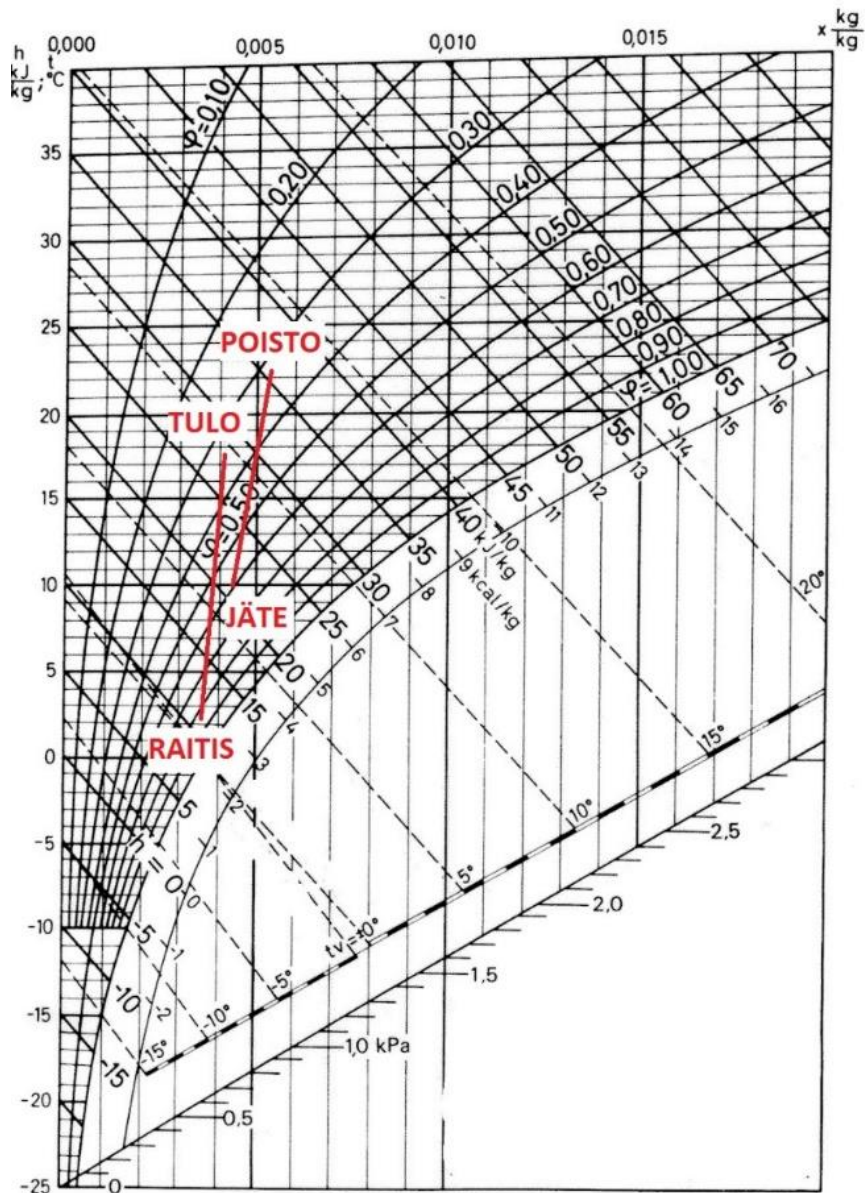
t_{poisto} = poistoilman lämpötila (°C)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\eta_t = \frac{17,54^{\circ}\text{C} - 2,29^{\circ}\text{C}}{22,29^{\circ}\text{C} - 2,29^{\circ}\text{C}}$$

$$\underline{\eta_t = 76,23 \%}$$

Seuraavaksi esimerkkiprosessi ilman tilan muutoksesta Mollier-diagrammiin havainnollistettuna.



Kuva 8. Ilman prosessi Mollier -diagrammissa

4.6 Entalpiasuhte

Entalpiasuhte lasketaan seuraavalla kaavalla /1, s. 197/:

$$\eta_h = \frac{h_{tulo} - h_{ulko}}{h_{poisto} - h_{ulko}} \quad (8)$$

η_h = entalpiasuhte (%)

h_{tulo} = tuloilman entalpia (kJ/kg)

h_{ulko} = ulkoilman entalpia (kJ/kg)

h_{poisto} = poistoilman entalpia (kJ/kg)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\eta_h = \frac{28,15 \frac{kJ}{kg} - 11,57 \frac{kJ}{kg}}{35,86 \frac{kJ}{kg} - 11,57 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\eta_h = 68,24 \%$$

4.7 Poistoilman kosteushyötysuhde

Poistoilman kosteushyötysuhde lasketaan seuraavalla kaavalla /1, s. 286/.

$$\eta_{xp} = \frac{x_{poisto} - x_{jäte}}{x_{poisto} - x_{ulko}} \quad (9)$$

η_{xp} = poistoilman kosteushyötysuhde (%)

x_{poisto} = poistoilman kosteussisältö (kg/kg k.i.)

$x_{jäte}$ = jäteilman kosteussisältö (kg/kg k.i.)

x_{ulko} = ulkoilman kosteussisältö (kg/kg k.i.)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\eta_{xp} = \frac{0,005285 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}} - 0,004526 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}}}{0,005285 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}} - 0,003698 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}}}$$

$$\eta_{xp} = 54,1 \%$$

Poistoilman kosteushyötysuhdetta pitää tarkastella kriittisesti koska mittareiden aiheuttama pienikin virhe vaikuttaa suuresti kosteushyötysuhteeseen.

4.8 Ulkoilman kosteushyötysuhde

Ulkoilman kosteushyötysuhde lasketaan seuraavalla kaavalla /1, s. 286/.

$$\eta_{xu} = \frac{x_{tulo} - x_{ulko}}{x_{poisto} - x_{ulko}} \quad (10)$$

η_{xu} = ulkoilman kosteushyötysuhde (%)

x_{tulo} = tuloilman kosteussisältö (kg/kg k.i.)

x_{ulko} = ulkoilman kosteussisältö (kg/kg k.i.)

x_{poisto} = poistoilman kosteussisältö (kg/kg k.i.)

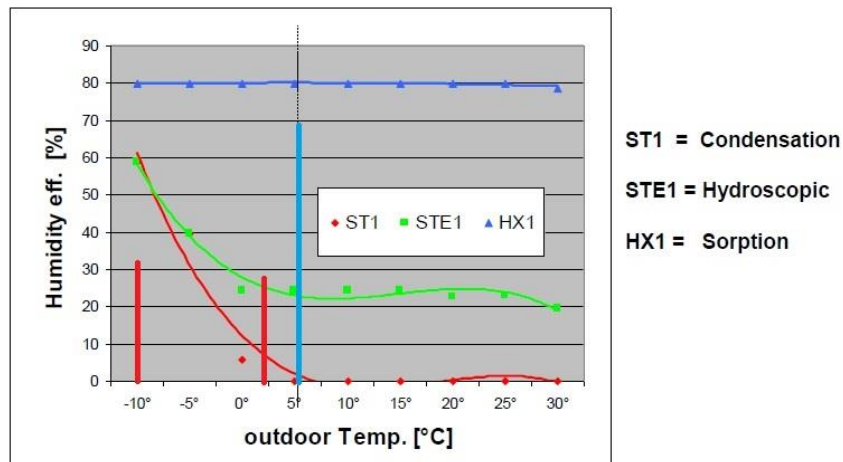
Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\eta_{xu} = \frac{0,004145 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}} - 0,003698 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}}}{0,005284 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}} - 0,003698 \frac{kg}{kg \text{ k.i.}}}$$

$$\eta_{xu} = 28,2 \%$$

Alla kuva 9 johon piirretty kaksi punaista pystysuoraa viivaa, jotka kuvaavat mitattujen arvojen kohdalta laskettuja ulkoilman kosteushyötysuhteita. Kuvaajassa oleva kondensaatio käyrä ST1 ei aivan kohtaa mitattuja arvoja. Kuvaajasta ei tiedä onko Enventus käyttänyt kuinka kosteaa poistoilmaa, joka voi vaikuttaa hyötysuhteeseen, tai ylipäättänsä ilmojen olosuhteita. Kuvaajaan on myös lisätty pystysuora sininen viiva, joka kuvaa sorptioroottorin mitattua arvoa. Sekään ei aivan yllä Enventuksen käyrän tasolle, mutta hyvin lähelle.

Humidity efficiency of different types



Kuva 9. Enventus ulkoilman kosteushyötysuhdekuvaaja, jossa mitatut arvot /10, s. 5/

4.9 Lämmöntalteenoton teho

Lämmöntalteenoton teho lasketaan seuraavalla kaavalla /1, s. 195/.

$$\phi_{LTO} = (q_{v,poisto}/1000) * \rho_{ilma} * (h_{poisto} - h_{jäte}) \quad (11)$$

ϕ_{LTO} = lämmöntalteenoton teho (kW)

$q_{v,poisto}$ = poistoilmavirta (dm³/s)

ρ_{ilma} = tiheys (1,2 kg/m³)

h_{poisto} = poistoilman entalpia (kJ/kg)

$h_{jäte}$ = jäteilman entalpia (kJ/kg)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\phi_{LTO} = (54dm^3/1000) * 1,2kg/m^3 * (35,86kJ/kg - 21,16kJ/kg)$$

$$\underline{\phi_{LTO} = 0,95 \text{ kW}}$$

4.10 Poistoilman lämmitysteho

Poistoilman lämmitysteho lasketaan seuraavalla kaavalla /1, s. 195/:

$$\phi_{poisto} = (q_{v,poisto}/1000) * \rho_{ilma} * (h_{poisto} - h_{ulko}) \quad (12)$$

ϕ_{poisto} = poistoilman lämmitysteho (kW)

$q_{v,poisto}$ = poistoilmavirta (dm³/s)

ρ_{ilma} = tiheys (1,2 kg/m³)

h_{poisto} = poistoilman entalpia (kJ/kg)

h_{ulko} = ulkoilman entalpia (kJ/kg)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\phi_{poisto} = (54dm^3/1000) * 1,2kg/m^3 * (35,86kJ/kg - 11,57kJ/kg)$$

$$\underline{\phi_{poisto} = 1,57 \text{ kW}}$$

4.11 Kokonaishyötysuhde

Lämmöntalteenoton poistoilman hyötysuhde lasketaan seuraavalla kaavalla /5, s. 35/:

$$\eta = \frac{\varnothing_{LTO}}{\varnothing_{poisto}}$$

(13)

η = poistoilman hyötysuhde (%)

\varnothing_{LTO} = lämmöntalteenoton teho (kW)

\varnothing_{poisto} = poistoilman lämmitysteho (kW)

Seuraavaksi esimerkkilasku:

$$\eta = \frac{0,953kW}{1,574kW} * 100$$

$$\eta = 60,5 \%$$

Koko mittausjakson kokonaishyötysuhde on n. ~ 60,4 %.

5 UNI 2 KOSTEUDEN SIIRTO JA PALAUTUS

Uni 2 -ilmanvaihtokone soveltuu rivitaloihin tai pieniin omakotitaloihin, sen regeneratiivinen lämmöntalteenottokenno pystyy taltiomaan jopa yli 80 % lämmöstä.

Uni 2-ilmanvaihtokoneen sisällä on kondensaatioroottori.



Kuva 10. Flexit UNI2 /13/

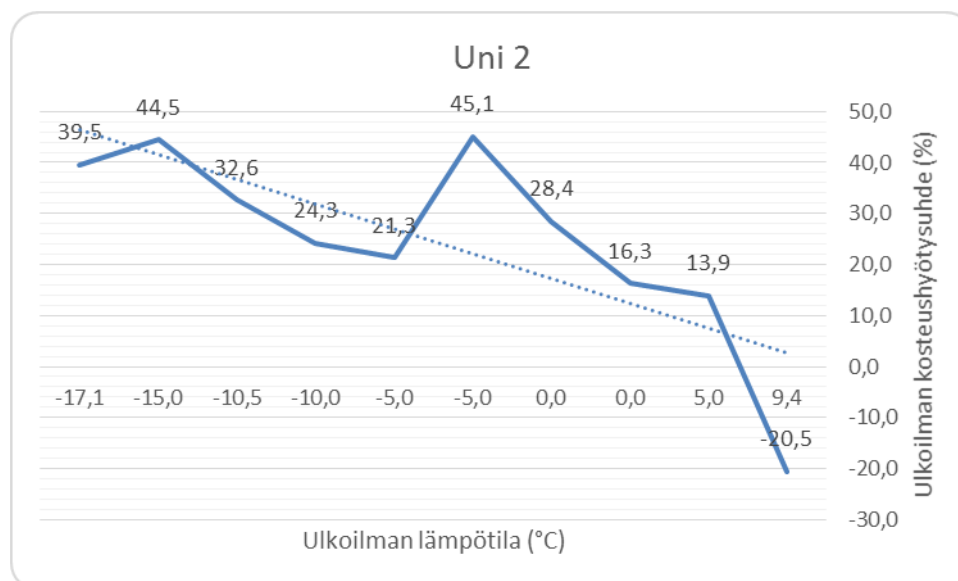
Kohteen tiedot:

- Sijainti Jyväskylä
- Huoneistoala 105,5 m²

- Ilmatilavuus 297,3m³
- Rakennustilavuus 407 m³
- Rakennusvuosi 2013
- Talotyyppi Paritalo
- Ilmavirtaukset Tulo: 51 dm³/s
Poisto: 54 dm³/s
- Mittausjakso 7.12.2015-4.1.2016

Mittausjaksosta on valittu muutamia kohtia joita on tutkittu tarkemmin ja verrattu muihin tuloksiin. Kuvassa 11. näkyy kondensaatoroottorille tyypillinen kosteuden palautushyötysuhteen kuvaaja jossa kovilla pakkaslukemilla ulkoilman kosteushyötysuhde on suurempi kuin tilanteessa jossa ulkolämpötila menee plussan puolelle. Hyötysuhteen tippuminen ulkoilman lämmitessä johtuu puhtaasti kennon ominaisuuksista, kondensaatoroottori ei voi enää kondensoida jos roottorin lämpötila ylittää kastepistelämpötilan.

Tulokset jotka eroavat paljon trendikäyrästä (sininen pisteiviiva) esim. -5 °C kuva 11 kaksi kohonnutta arvoa, johtuvat siitä, että taloon on muodostunut lisää kosteuslähteitä. Kun kosteuslähteitä tulee lisää on poistoilmakanavassa tulevan ilman mukana enemmän vettä, joka parantaa kennon kosteushyötysuhdetta. Hyötysuhde paranee jos poistoilman kosteussisältö on suuri ja ulkoilman lämpötila sekä kosteussisältö on pieni. Viimeinen arvo, jota tarkastellaan, on saanut -20,5% kosteushyötysuhteen. Tämä tarkoittaa sitä, että tuloilma on kuivunut hieman.



Kuva 11. UNI 2 ulkoilman kosteushyötysuhde ulkolämpötilan funktiona

Kuvassa 11 näytetyt arvot ovat laskettu taulukoiden 3 ja 4 perusteella ja ne on nähtävissä liitteissä tarkemmin.

Taulukko 3 UNI 2 mittaustulokset 1/2

Aika	Lämpötila				Suhteellinen kosteus			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	9,4	20,5	23,6	15,0	94	45	39	62
11.12.2015 2:30	5,0	20,6	25,6	13,6	88	35	38	71
16.12.2015 14:35	0,0	17,2	22,8	8,5	95	31	29	61
26.12.2015 9:45	0,0	15,8	21,7	8,8	76	32	32	59
28.12.2015 23:20	-5,0	16,4	22,3	5,5	92	36	39	81
1.1.2016 6:50	-5,0	16,4	21,9	5,2	79	21	24	58
1.1.2016 17:30	-10,0	15,5	22,2	2,1	90	19	22	64
3.1.2016 5:15	-10,5	17,1	25,5	2,7	90	22	24	74
3.1.2016 23:45	-15,0	14,3	22,4	-1,4	86	24	25	76
4.1.2016 8:40	-17,1	14,0	22,0	-2,4	86	19	21	72
keskiarvot	-1,1	17,1	22,9	8,0	92	33	32	66

Taulukko 4 UNI 2 mittaustulokset 2/2

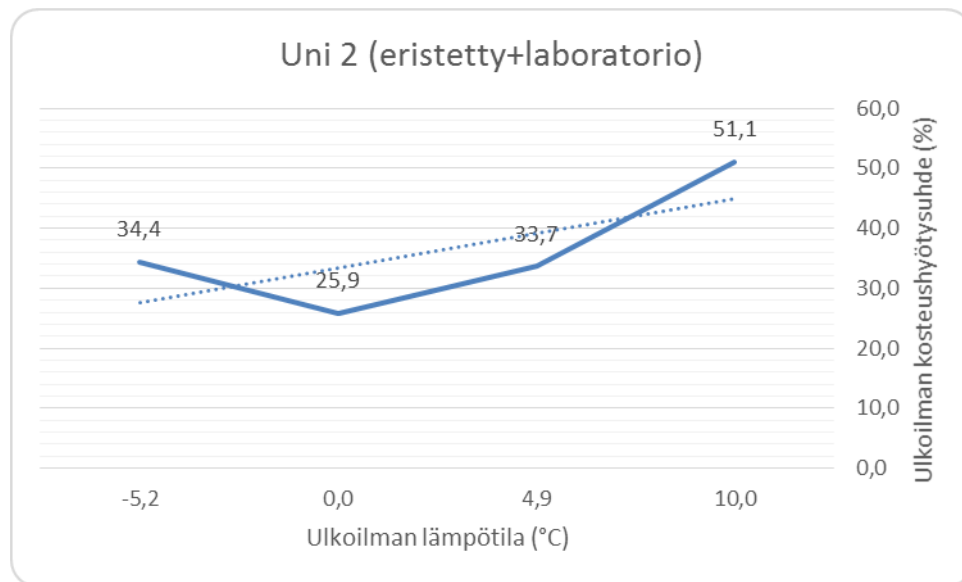
Aika	Vesisisältö				Ulkoilman kosteus-hyötysuhde (%)
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)	
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	0,0070	0,0069	0,0072	0,0067	-20,5
11.12.2015 2:30	0,0048	0,0052	0,0078	0,0069	13,9
16.12.2015 14:35	0,0035	0,0038	0,0049	0,0042	16,3
26.12.2015 9:45	0,0029	0,0036	0,0052	0,0042	28,4
28.12.2015 23:20	0,0023	0,0041	0,0062	0,0044	45,1
1.1.2016 6:50	0,0020	0,0024	0,0038	0,0031	21,3
1.1.2016 17:30	0,0015	0,0020	0,0035	0,0027	24,3
3.1.2016 5:15	0,0015	0,0025	0,0048	0,0033	32,6
3.1.2016 23:45	0,0010	0,0024	0,0041	0,0025	44,5
4.1.2016 8:40	0,0008	0,0018	0,0033	0,0022	39,5
keskiarvot	0,0035	0,0041	0,0055	0,0045	22,8

Kuten taulukko 4 kohdista 28.12.2015 23:20 ja 1.1.2016 6:50 voi todeta että ulkolämpötilat ovat olleet samat, mutta poistossa on ensimmäisessä kohdassa reilusti

enemmän kosteutta verraten jälkimmäiseen tilanteeseen. Tuosta kosteus erosta johtuen voi samalla lämpötilalla olla eri ulkoilman kosteushyötysuhteita, tässä tapauksessa vesisisällön kasvu poistossa 3,8 g/kg k.i. → 6,1 g/kg k.i. aiheuttaa hyötysuhteen muutoksen 21,3 prosentista 45,1 prosenttiin.

5.1 UNI 2 laboratorio mittaukset

Kuvassa 12 on UNI 2 laboratoriossa tehtyjen mittausten valitut tulokset, teksti eristetty tarkoittaa että laboratorion sisätilassa oleva raitisilmakanava on eristetty. Mittausjakso 14.03-21.03.2016. Poistoilmavirta 47 l/s.



Kuva 12. UNI 2 ulkoilman kosteushyötysuhde ulkolämpötilan funktiona laboratorio

UNI 2 laboratoriomittausten kuvaaja alkaa normaalisti kondensaatiroottorille tyypillisellä käyrällä nollaan ulkolämpötila asteeseen saakka. Nolla celsius asteen yläpuolella ei juuri pitäisi kondensoitumista tapahtua enää kyseisillä ilmanarvoilla. Mutta tässä tilanteesta on todettavissa kosteuden palautumista poistoilmasta tuloilmaan, joka on normaalia pienessä määrin. Nollan jälkeisissä korkeammissa lämpötiloissa kosteussisällön muutos, joka on tapahtunut tuloilmaan, on vain 0,1-0,2 g/kg k.i., eli se on erittäin pieni kosteuden muutos. Tämä voi johtua siitä että runsaan poistoilman kosteuden takia osa ilmasta on päässyt sellaisenaan puhdistussektorin ohitse, toinen mahdollisuus on mittavirhe.

Taulukko 5 UNI 2 laboratoriomittaustulokset 1/2

Aika	Lämpötila				Suhteellinen kosteus			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	10,0	19,8	23,4	13,4	58	32	26	41
17.3.2016 16:20	4,9	19,4	23,6	10,2	78	31	25	49
18.3.2016 3:25	0,0	18,9	23,7	6,8	45	15	17	38
20.3.2016 6:15	-5,2	17,3	22,2	2,7	60	15	14	38
keskiarvot	2,8	18,9	23,1	8,6	56	22	19	37

Taulukko 6 UNI 2 laboratoriomittaustulokset 2/2

Aika	Vesisisältö				Ulkoilman kosteus-hyötysuhde (%)
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)	
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	0,0044	0,0045	0,0046	0,0039	51,1
17.3.2016 16:20	0,0042	0,0043	0,0045	0,0038	33,7
18.3.2016 3:25	0,0017	0,0021	0,0031	0,0023	25,9
20.3.2016 6:15	0,0016	0,0018	0,0024	0,0018	34,4
keskiarvot	0,0027	0,0029	0,0033	0,0026	45,8

5.2 UNI 2 testijakso

Testijakson pituus oli reilun viikon mittainen jakso 16.11.2015-27.11.2015. Testijakso tehtiin UNI 2 Jyväskylän kohteessa. Mittaustuloksia ei lähdetty sen tarkemmin tarkastelemaan sillä hetkellä, muutoin kuin että tulokset olivat lähes samoja kuin vertailuarvot, koska testijakson ideana oli vain tarkastaa mittareiden lukemien paikkansapitävyys. Paikkansapitävyys tarkastettiin vertaamalla mittaustuloksia Ilmatieteenlaitoksen ulkoilmalämpötilan ja suhteellisen kosteuden lukemiin.

Taulukko 7 Testijakson keskiarvot

	Lämpötila ulkoilma (°C)		Suhteellinen kosteus (%)	
	Mitattu	Ilmatiet. Laitos	Mitattu	Ilmatiet. Laitos
Keskiarvo	1,2	1,0	100,0	96,0

6 UNI 4 KOSTEUDEN SIIRTO JA PALAUTUS

Uni 4 ilmanvaihtokone on suurin Flexit tuoteperheen pienimmistä koneista ja se soveltuu esim. suuriin omakotitaloihin tai pieniin toimistotiloihin.

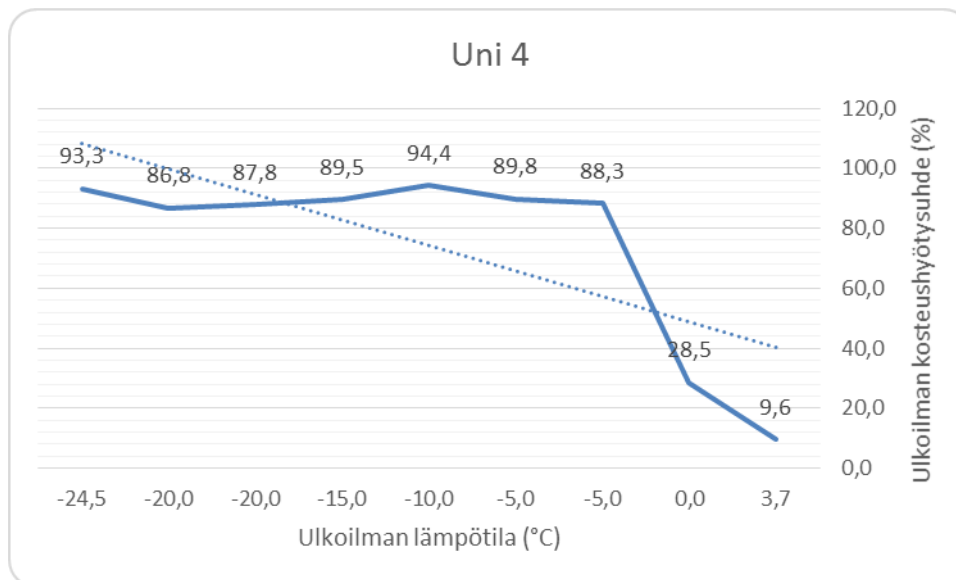


Kuva 13. Flexit Uni 4 /13/

Kohteen tiedot:

- Sijainti Petäjävesi
- Huoneistoala 200 m²
- Ilmatilavuus 556 m³
- Rakennustilavuus 700 m³
- Rakennus vuosi 2012
- Talotyyppi Omakotitalo
- Ilmavirtaukset Tulo: 65 dm³/s
Poisto: 66 dm³/s
- Mittausjakso 21.01.2016-13.02.2016

Kuvassa 14 on mahdollista nähdä UNI 4 koneen kosteushyötysuhteet, koneen roottori on sama kuin UNI 2:ssa eli kondensaatoroottori, ainoana erona että sen roottori on hieman suurempi. UNI 4:n kuvaaja etenee hyvin kondensatio roottorille omaisella tavalla, mutta sitä muuttavat muutamat arvot. Kosteushyötysuhde pysyy todella korkealla lähes kaikissa arvoissa koska raitisilma on ollut todella kuivaa ja poistoilma todella kosteaa. Kosteushyötysuhde tippuu vasta kun lämpötila nousee nolnaan ja siitä ylemmäksi.



Kuva 14. UNI 4 ulkoilman kosteushyötysuhde ulkolämpötilan funktiona

Kuvaajassa on muutama samaa ulkolämpötilaa omaava arvo, erona tarkastelupisteillä on se että toisessa on ilmavirta 85 l/s ja toisessa 66 l/s. Kosteuksien ollessa lähes samat molemmilla ilmavirroilla ei kosteushyötysuhde muutu kuin marginaalisesti. Tästä on mahdollista tehdä johtopäätös että ainakaan runsaan kosteuden ja alhaisen ulkolämpötilan tilanteessa ei ilmavirran muutos aiheuta merkittävää muutosta ulkoilman kosteushyötysuhteeseen.

Taulukko 8 UNI 4 mittaustulokset 1/2

Aika	Lämpötila				Suhteellinen kosteus			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	3,7	19,8	21,9	15,0	100	36	40	59
26.1.2016 11:40	0,0	18,6	21,2	9,4	97	30	32	71
23.1.2016 10:10:00 *	-5,0	17,5	21,5	3,5	92	40	33	97
1.2.2016 11:30	-5,0	16,8	20,3	3,5	93	43	37	95
22.1.2016 22:55	-10,0	15,3	21,5	0,4	84	49	35	91
22.1.2016 14:25	-15,0	8,3	18,7	-3,3	70	76	42	89
22.1.2016 11:10	-20,0	8,0	18,6	-7,1	63	78	44	82
21.1.2016 19:30:00 *	-20,0	15,2	22,1	-5,1	69	54	39	94
22.1.2016 2:15	-24,5	10,1	20,1	-9,9	55	80	45	82
keskiarvot	-1,8	18,1	21,4	8,1	92	39	38	81

*= Tehostus tilanne $q_v = 85 \text{ l/s}$, muutoin 66 l/s

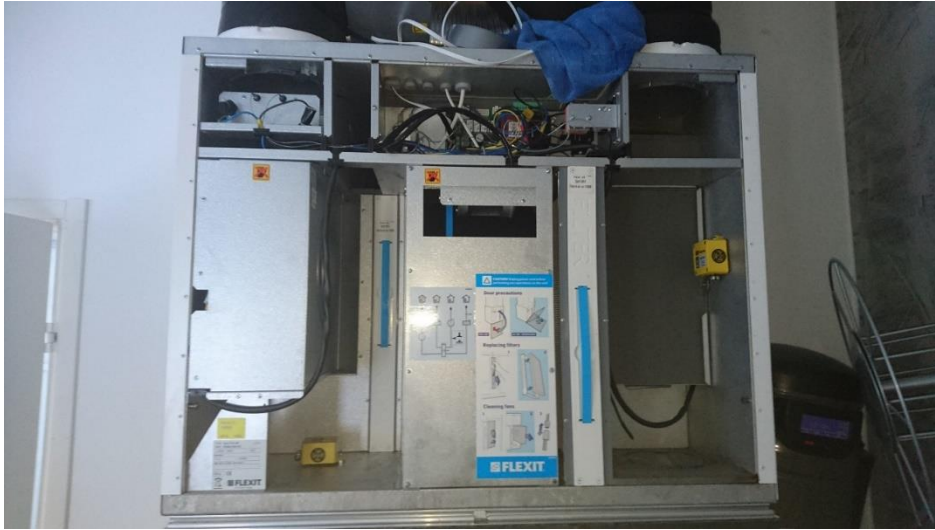
Taulukko 9 UNI 4 mittau tulokset 2/2

Aika	Vesisisältö				Ulkoilman kosteus- hyötysuhde (%)
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)	
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	0,0050	0,0051	0,0066	0,0063	9,6
26.1.2016 11:40	0,0037	0,0041	0,0051	0,0052	28,5
23.1.2016 10:10:00 *	0,0024	0,0048	0,0051	0,0046	88,3
1.2.2016 11:30	0,0025	0,0053	0,0056	0,0048	89,8
22.1.2016 22:55	0,0015	0,0052	0,0054	0,0035	94,4
22.1.2016 14:25	0,0008	0,0050	0,0055	0,0026	89,5
22.1.2016 11:10	0,0005	0,0051	0,0057	0,0018	87,8
21.1.2016 19:30:00 *	0,0005	0,0057	0,0064	0,0024	86,8
22.1.2016 2:15	0,0003	0,0060	0,0064	0,0014	93,3
keskiarvot	0,0033	0,0050	0,0061	0,0056	50,7

*= Tehostus tilanne $qv= 85 \text{ l/s}$, muutoin 66 l/s

Kuvassa 15 on UNI 4 avattuna. Kuvasta näkee loggereiden sijoittelun. Vasemmalla alhaalla on tuloilman loggeri ja oikealla ylhäällä on raitisilman loggeri.

Koneen väliseinän ja roottorin takana on näkymättömissä poisto- ja jäteilmaloggerit. Loggerit ovat asennettu koneen sisäpuolelle sen takia että saataisiin mahdollisimman tarkasti taltioitua ilman prosessi, kun se kulkee roottorin lävitse. Näin asettelemalla loggerit, minimoidaan virhe verrattuna kanava-asenteisiin loggereihin, esimerkiksi puhaltimen tai jälkilämmityspatterin tuottaman lämmön aiheuttama virhe.



Kuva 15. UNI 4 loggereiden sijoittelu

7 C2 KOSTEUDEN SIIRTO JA PALAUTUS

C2-ilmanvaihtokoneessa on adsorptioroottori ja se on kehitetty pieniä asuntoja ja rivitaloja mielessä pitäen. Ilmanvaihtokoneeseen on saatavilla myös kondensaattoroottori. Koneen pienen kokonsa puolesta se sopii asennettavaksi kattoon, ullakolle tai seinälle.

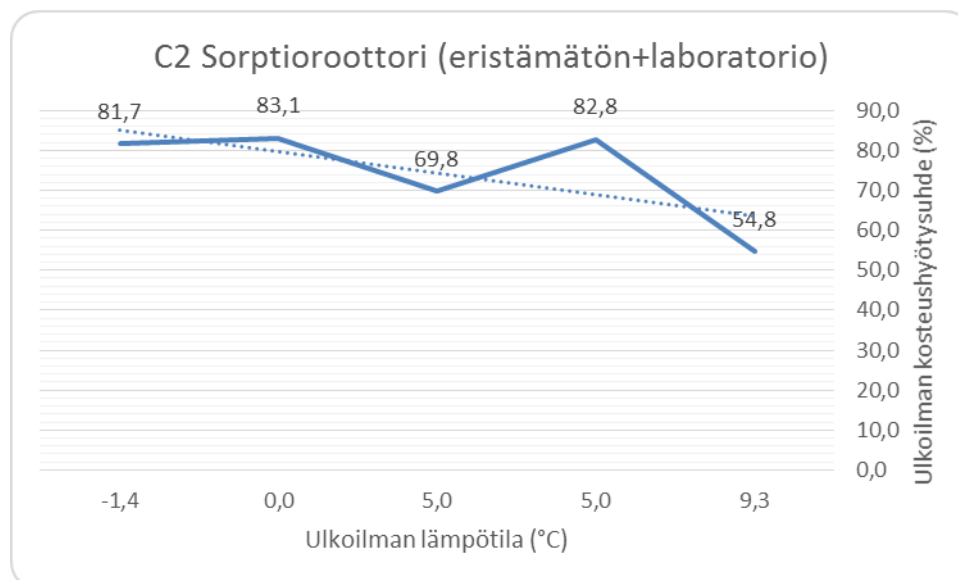


Kuva 16. Flexit C2 /13/

7.1 Sorptioroottori mittaustulokset 1/2

Kuvassa 17 nähdään ensimmäinen kuvaaja C2 koneen uudesta sorptioroottorista. Kuvaaja vaikuttaa hyvältä kun vertaa sitä Enventuksen kuvaajaan ks. kuva 7. Pientä notkahdusta on havaittavissa viimeisessä lämpimimmässä mittauspisteessä.

Notkahdus kosteushyötysuhteessa todennäköisemmin johtuu siitä, että vesisisältö on jo suhteellisen suuri raitisilmassa itsessään, jolloin roottorin ei tarvitse/ voi palauttaa vettä poistoilmasta. Kyseisessä ensimmäisessä C2 mittaussyksössä ei raitisilmakanava ollut eristetty. Kyseisessä mittaussyksössä koneen poistoilmavirta on 42 l/s. Mittausjakso 22.02.2016-29.02.2016.



Kuva 17. C2 ulkoilman kosteushyötysuhde ulkolämpötilan funktiona

Taulukko 10 C2 mittaustulokset 1/2

Aika	Lämpötila				Suhteellinen kosteus			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	9,3	21,8	24,2	13,0	48	24	22	38
28.2.2016 19:59	5,0	20,1	22,8	9,0	43	23	21	32
28.2.2016 7:04	5,0	20,2	22,9	9,1	50	21	19	35
27.2.2016 5:59	0,0	19,3	23,3	5,4	40	21	18	28
27.2.2016 22:34	-1,4	18,8	23,0	4,3	38	19	16	27
keskiarvot	5,1	20,2	23,2	9,4	48	23	20	35

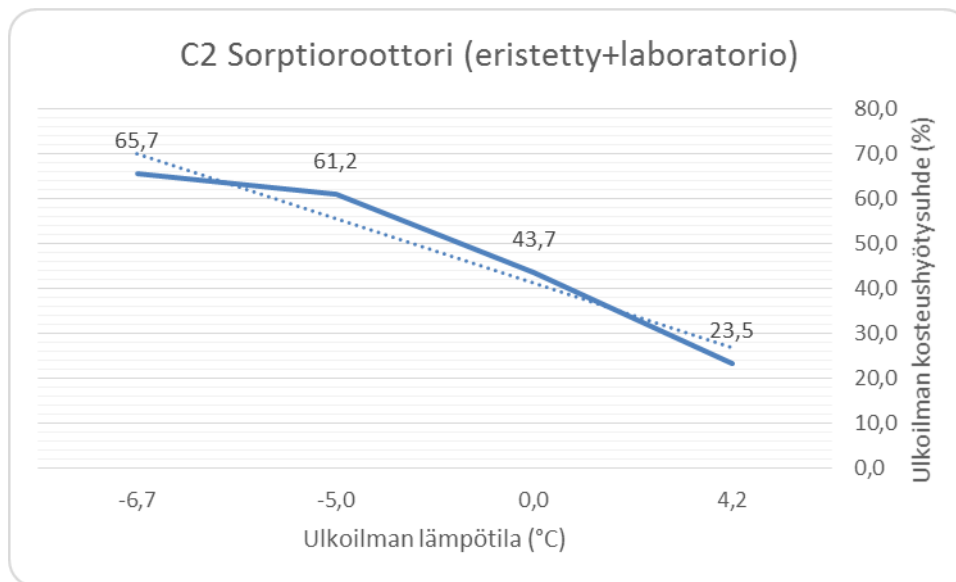
Taulukko 11 C2 mittaustulokset 2/2

Aika	Vesisisältö				Ulkoilman kosteus-hyötysuhde (%)
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)	
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	0,0035	0,0039	0,0042	0,0035	54,8
28.2.2016 19:59	0,0023	0,0033	0,0035	0,0022	82,8
28.2.2016 7:04	0,0027	0,0030	0,0032	0,0025	69,8
27.2.2016 5:59	0,0015	0,0029	0,0032	0,0016	83,1
27.2.2016 22:34	0,0013	0,0025	0,0028	0,0014	81,7
keskiarvot	0,0027	0,0034	0,0036	0,0026	76,4

Kuten taulukosta 11 on mahdollista nähdä, saavutti C2 koneen sorptio roottori kunnioitettavat 76,4% ulkoilman kosteushyötysuhteen keskiarvon viikon mittaisessa mittausjaksossa.

7.2 Sorptioroottori mittaustulokset 2/2

Kuvassa 18 nähdään C2 koneen sorptioroottorin ulkoilman kosteushyötysuhde kun raitisilmakanava on eristetty. Kosteushyötysuhteen kuvaaja alkaa hienosti korkealta, mutta ulkoilman lämmitessä alkaa hyötysuhde oudosti tippumaan. Hyötysuhteen tippumista voi selittää osalta samalla syyllä kuin edellä olleessa kuvaajassa jossa kosteutta on jo saatavilla suoraan raitisilmasta eikä poistoilmasta sitä tarvitse palauttaa. Mitä pienempi ero on raitis- ja poistoilman kosteussisällössä sitä vähemmän kosteutta siirtyy. Tapausta voi tukea se että korkeammissa kosteuksissa pienen kennon molekyyli siivilät saturoituu valmiiksi raitisilmasta saadusta vedestä jolloin se ei enää yksinkertaisesti pysty ottamaan lisää vettä poistoilmasta, muutoin kuin kondensoitumisen kautta jota ei enää tapahdu korkeammissa lämpötiloissa. Koneen poistoilmavirta kyseisellä mittausjaksolla oli 45 l/s. Mittausjakso 29.02.2016-07.03.2016.



Kuva 18. C2 ulkoilman kosteushyötysuhde ulkolämpötilan funktiona

Taulukko 12 C2 mittaustulokset 1/2

Aika	Lämpötila				Suhteellinen kosteus			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	4,2	18,4	22,1	8,6	77	30	26	52
4.3.2016 11:20	0,0	18,0	22,7	5,7	70	23	19	43
2.3.2016 6:25	-5,0	17,8	23,1	2,8	68	20	17	38
2.3.2016 4:40	-6,7	17,8	23,1	2,0	65	20	17	36
keskiarvot	0,2	18,1	22,7	6,0	71	24	21	45

Taulukko 13 C2 mittaustulokset 2/2

Aika	Vesisisältö				Ulkoilman kosteushyötysuhde (%)
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)	
C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	0,0039	0,0040	0,0042	0,0036	23,5
4.3.2016 11:20	0,0026	0,0029	0,0032	0,0024	43,7
2.3.2016 6:25	0,0018	0,0025	0,0030	0,0017	61,2
2.3.2016 4:40	0,0015	0,0025	0,0030	0,0016	65,7
keskiarvot	0,0028	0,0031	0,0035	0,0026	37,8

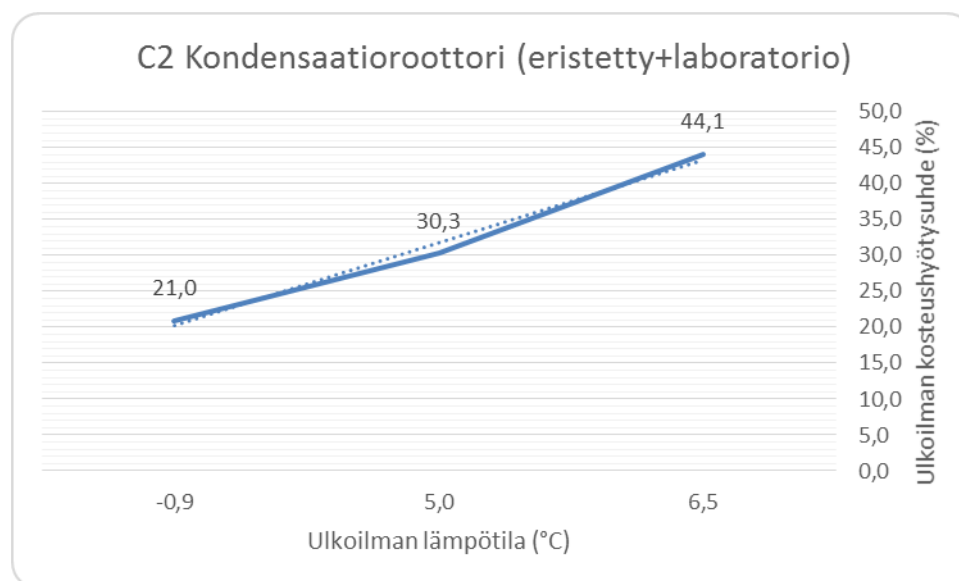
Taulukosta 13 on jälleen mahdollista lukea vesisisällön ja ulkoilman kosteushyötysuhteen keskiarvot. Kyseisellä mittausjaksolla hyötysuhde jäi hieman

heikon puoleiseksi. Mittausjakson ajankohta sijoittui hieman huonosti koska keli oli kerinnyt jo lämpenemään, eikä ollut mahdollista saada paljon eroavia mittaustuloksia.

7.3 Kondensaatoroottori

Kondensaatoroottorin toimintaperiaate C2 koneessa perustuu puhtaasti kondenssaatioon, joka tapahtuu roottorin pinnalla. Kun roottorin lämpötila on tarpeeksi alhainen ja esim. lämmin sekä kostea sisäilma eli poistoilma kohtaa sen, tapahtuu kondensaatiota. Jos kondensaatoroottorin lämpötila nousee yli lämpimimmän ilmavirran kastepisteen ei kondensoitumista enää tapahdu.

Kuvassa 19 on näkyvissä C2 koneeseen erikseen saatavan kondensaatoroottorin ulkoilman kosteushyötysuhteen kuvaaja. Mittausajanjakson aikana oli lämpötilavaihteluita erittäin niukasti, jonka johdosta ei tarkasteltavia mittauspisteitä ole montaa. Mittaus aikana ulkoilman kosteussisältö on lähes poikkeuksetta pysynyt suhteellisen suurena. Kyseinen kuvaaja ei ole enää ollenkaan kondensaatio roottorille tyypillinen, päinvastoin. Korkeammissa lämpötiloissa ei enää pitäisi tapahtua kondensoitumista, esim. 21 °C/30%RH kondensoitumista alkaa tapahtua vasta alle 3 °C ja vastaavasti 21 °C/50%RH vasta alle 10 °C. Tässäkin tapauksessa voidaan epäillä puhdistussektorin ohittumista sekä mahdollisia mittavirheitä. Ilman vesisisällössä on korkeammilla lämpötiloilla vain alle 1 g/kg k.i. ero muihin ilmavirtoihin nähden, joten mittavirhe voi olla todennäköisemmin osasyysssä. Ilmavirta kondensaatoroottorin kanssa oli 47 l/s. Mittausjakso 07.03.2016-14.03.2016.



Kuva 19. C2 ulkoilman kosteushyötysuhde ulkolämpötilan funktiona

Taulukko 14 C2 mittaustulokset 1/2

Aika	Lämpötila				Suhteellinen kosteus			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	6,5	17,7	23,5	13,6	59	30	22	34
13.3.2016 16:30	5,0	17,8	23,8	12,0	61	28	22	38
13.3.2016 0:55	-0,9	17,0	23,3	6,5	75	24	21	50
keskiarvot	3,5	17,9	23,1	9,8	75	30	24	47

Taulukko 15 C2 mittaustulokset 2/2

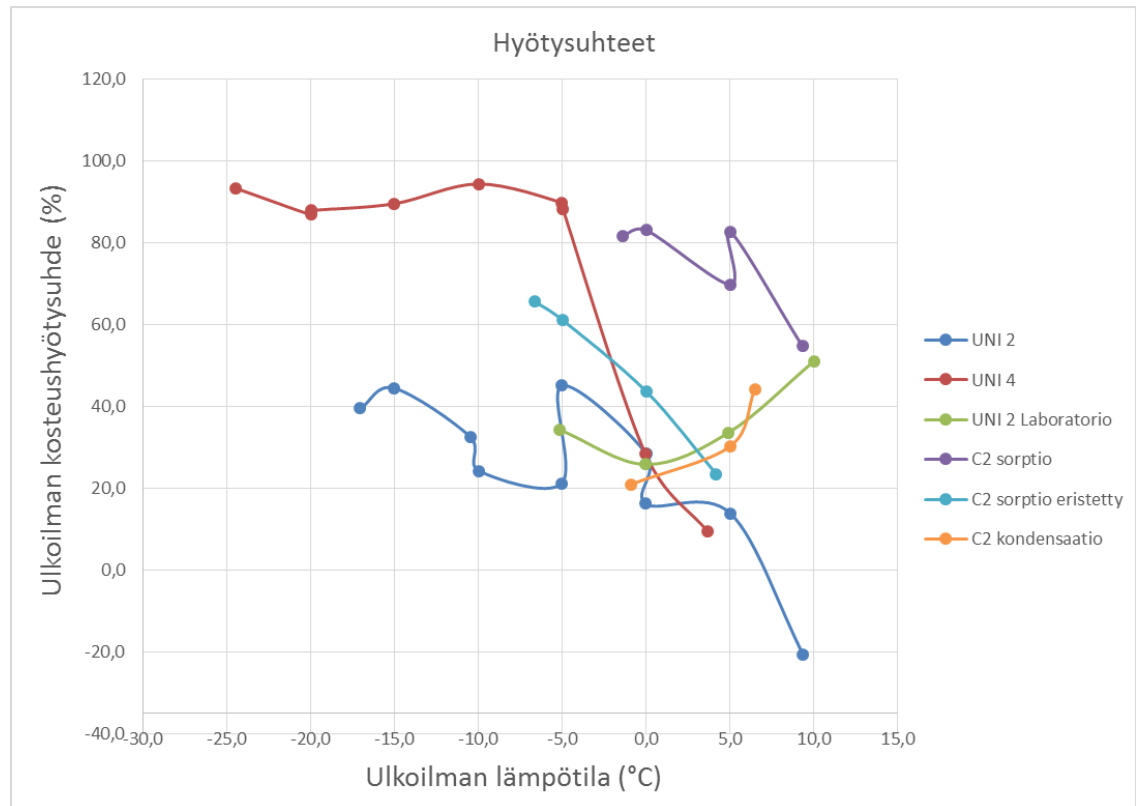
Aika	Vesisisältö				Ulkoilman kosteus-hyötysuhde (%)
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)	
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	0,0035	0,0036	0,0039	0,0032	44,1
13.3.2016 16:30	0,0033	0,0035	0,0040	0,0033	30,3
13.3.2016 0:55	0,0026	0,0028	0,0036	0,0030	21,0
keskiarvot	0,0036	0,0038	0,0042	0,0035	40,4

Taulukko 15:sta on jälleen luettavissa keskiarvot mittaussajanjaksolle. C2 kondensaatio roottori saa syystä tai toisesta keskimäärin muutaman prosenttiyksikköä isomman ulkoilman kosteushyötysuhteen kuin verrattuna aikaisempaan C2 sorptioroottoriin.

8 KOOTUT TULOKSET

Kuvassa 20 on nähtävillä kaikkien koneiden ja kennojen ulkoilman kosteushyötysuhteet yhdessä kuvaajassa. Kuvaajasta näkee että UNI 4 kone (kondensaatio roottori) on saanut kaikkien suurimmat hyötysuhteet. Tämä lähinnä sen takia koska olosuhteet ovat olleet erittäin otolliset ja kohteen sisällä on ollut paljon kosteuslähteitä. Toiseksi sijoittuu C2 sorptiokennolla, joka on hieman yllättävää koska sille on povattu erittäin suurta kosteushyötysuhdetta lämpötilasta riippumatta. Suureksi harmiksi ei kovia pakkasia enää riittänyt C2 ja UNI 2 laboratorio mittauksiin. UNI 2 todellisen kohteen mittauksissa koettiin vielä vähän alle -20°C pakkasia. Pakkasista huolimatta ei UNI 2:n kondensaatio roottori saavuttanut UNI 4:n hyötysuhteita, oletettavasti sen takia että

poistoilman kosteus sisältö oli UNI 4 kohteessa paljon suurempi. UNI 2 ja C2 koneiden jälkimmäiset tulokset ovat hieman oudot. Syyksi voi epäillä vain mittareiden virhettä, epätarkkuutta ja kennon vuotoa tai puhtaasti kennon ominaisuuksia.



Kuva 20. Kootut ulkoilman kosteushyötysuhteet ulkolämpötilan funktiona

Alempana näkyvässä taulukossa 16 UNI 2 = UNI 2 todellinen kohde, UNI 4 = UNI 4 todellinen kohde, UNI 2 L= UNI 2 laboratorio mittausta, C2 S E= C2 sorptioeroottorilla ilman raitisilmakanavan eristystä ja laboratorio mittausta, C2 S= C2 sorptioeroottorilla laboratorio mittausta, C2 K= C2 kondensaatioeroottorilla laboratorio mittausta.

Taulukko 16 Kooste hyötysuhteiden keskiarvoista

Kone	Lämpötila- suhde (%)	Entalpia- suhde (%)	Ulkoilman kosteus- hyötysuhde (%)	Kokonais- hyötysuhde (%)
UNI 2	75,7	67,7	22,8	60,1
UNI 4	<u>86,5</u>	79,8	50,7	46,9
UNI 2 L	79,0	76,6	45,8	76,0
C2 S E	83,6	<u>82,7</u>	<u>76,4</u>	<u>80,1</u>
C2 S	79,4	77,1	37,8	78,2
C2 K	73,7	71,5	40,4	72,0

Kaikki koneet saivat hyvät lämpötilasuhteen tulokset, parhaimman hyötysuhteen mittausjaksoilla sai UNI 4. Entalpiasuhteista parhaimman tuloksen sai C2 S E. Ulkoilman kosteushyötysuhteista parhaimman sai C2 S E. Viimeisenä on kokonaishyötysuhde josta parhaimman tuloksen sai C2 S E.

Hyötysuhteita EI saa verrata sokeasti keskenään toisiinsa koska tilanteet ovat vaihdelleet laidasta laitaan. Hyötysuhteita tarkasteltaessa on muistettava että ne ovat vain hetkellisiä arvoja. Toiset mittausjaksot ovat kestäneet viikon toiset neljä viikkoa, ilmavirrat ovat koneissa erilaiset sekä kosteuslähteet. Arvot olisivat täysin vertauskelpoisia sitten jos kaikissa kohteissa olisi samat ilman olot sisällä ja ulkona sekä ilmavirrat olisivat yhtäsuuret.

9 LOPPUPÄÄTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Flexit-tuoteperheen UNI 2, UNI 4 ja C2 ilmanvaihtokoneiden roottoreiden kosteuden palautuskykyä sekä tutkia, onko olemassa riskiä ikkunoiden huurtumiselle paremmalla adsorptioroottorilla. C2-sorptioroottorilla on teoreettisesti ja myös osaltaan käytännössä mitattuna korkeampi kosteuden palautuskyky kuin perinteisellä kondensaatoroottorilla, sorptioroottorille povataan myös parempaa pakkasensietokykyä pinnoituksensa takia. Vaikka sorptioroottori kykenee palauttamaan paremmin kosteutta, ei se tarkoita sitä, että esim. ikkunat huurtuisivat talvella. Nykytalojen ikkunat ovat niin eristäviä, ettei huurtumisesta ole mitään huolta. Sorptioroottorilla ei oletettavammin riitä ominaisuuksista riippuen kykyä palauttaa niin paljoa kosteutta, että ikkunat huurtuisivat. Jotta ikkunat pääsevät huurtumaan, täytyy olla vakava vikatilanne päällä. UNI 4 -kohteessa on ollut vesisisältöä jopa yli kaksinkertaisesti C2-lukemiin verrattuna eikä sielläkään ole ollut havaittavissa ikkunoiden huurtumista. Tuloksista on mahdollista päätellä, että eniten kosteuden palautuskykyyn vaikuttava tekijä ei ole itsekseen pelkkä roottori vaan ulko- ja sisäilman olosuhteet.

Sorptioroottorilla on perinteistä kondensaatoroottoria hieman parempi kosteuden palautus kyky, sekä sorptioroottorin pinnoite tekee siitä selektiivisen eikä se siirrä poistoilmasta yhtä helposti hajuja tuloilmaan. Sorptioroottoria suositellaankin käyttämään tilanteissa, jolloin on tarvetta kosteuden palautukselle mm. kesällä, jos on käytössä sisäilman jäähdytystä. Perinteinen kondensaatoroottori ei kykene palauttamaan jäähdytysenergiaa tuloilmaan toisin kuin sorptioroottori. Sorptioroottori

ei myöskään jäädy yhtä helposti kuin kondensaatioeroottori, eli sitä voi käyttää kylmemmissä olosuhteissa. Sorptioeroottorin mittausajanjaksojen ollessa näin lyhyet, on saatu vain rajallinen määrä dataa. Jotta saataisiin enemmän analysoitavaa dataa olisi mittauksia hyvä jatkaa vuositasolle saakka. Näin saataisiin varmasti selkeämpiä mittaustuloksia.

LÄHTEET

1. Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Anjalankoski: SOLVER palvelut Oy. 2008
2. Teknocalor.Paine-eromittarit.
<http://www.teknocalor.fi/fi/mittauslaitteet/tuotteet/ilmastointi/paine-eromittarit/tsi-dp-calc-5815-5825>. Ei päivitystietoa. Luettu 01.12.2015
3. Gemini dataloggers. Lämpötila ja RH mittarit.
<http://www.gemindataloggers.com/data-loggers/tinytag-plus-2/tgp-4500>. Ei päivitystietoa. Luettu 02.11.2015
4. Conrad Ebro. Lämpötila ja RH mittarit.
www.conrad.com/ce/en/product/101211/ebro-EBI-20-TH1-Temperaturehumidity-Temperature-Data-Logger?&gclid=CN2k0c6c28oCFUYTwwod7aoN3A. Ei päivitystietoa. Luettu 2.11.2015
5. Opinnäytetyö. Omakotitalon ilmanvaihtojärjestelmän toiminta-Case Sivula 2011.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/75126/Sivula_Laura.pdf?sequence=1. Päivitetty 2014. Luettu 02.11.2015.
6. Chemisorption and physisorption.
http://old.iupac.org/reports/2001/colloid_2001/manual_of_s_and_t/node16.html. Ei päivitystietoa. Luettu 12.01.2016
7. Ympäristöministeriö. D5.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>. Päivitetty 17.05,2013. Luettu 12.01.2016
8. Seppänen, Olli. Ilmastoinnin Suunnittelu. Forssa: Forssan Kirjapaino Oy. 2004
9. Fläktwoods. Mittaus opas.
<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=649792ef-54d7-4be9-9285-0fb2f5ea6dfe>. Päivitetty 01.11.2008. Luettu 13.02.2016
10. Rehva. Sorption technology. http://www.rehva.eu/fileadmin/events/eventspdf/REHVA_seminar_-_Buildings_Rel_Brussels__27.10.2011/Energy_efficient_ventilation_with_heat_recovery.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 30.10.2016
11. Enventus. Product catalogue. http://enventus.com/wp-content/uploads/2014/11/Catalogue_compl__EN.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 30.10.2016.
12. Ympäristöministeriö. D2. <http://www.finlex.fi/data/normit/1921-D2s.pdf> Päivitetty 2012. Luettu 12.01.2016.

13. Heatco Finland Oy. Ilmanvaihtokoneet.

<http://www.heatco.fi/tuotteet/ilmanvaihto/pienet-ilmanvaihtokoneet/>. Päivitetty

Ei päivitystietoa. Luettu 09.10.2015.

PAINE-EROMITTARI TEKNOCALOR

Paine-eromittari TC5815 & TC5825

TC5815 ja TC5825 paine-eromittarit ovat tarkkoja, ammattikäyttöön suunniteltuja mittauslaitteita, jotka soveltuvat erinomaisesti ilmastointijärjestelmien tasapainotus- ja tarkistusmittauksiin. Käteensopivat laitteet on varustettu isolla, selkeällä näytöllä ja suomenkielisellä valikolla.

TC5815 on helppokäyttöinen ja tarkka peruspaine-eromittari, jonka avulla paine-eron ja nopeuden mittaus sujuu vaivattomasti ja nopeasti.

TC5825 laskee tilavuusvirran suoraan l/s, kun kanavakoko tai k-kerroin on valittu. Lisäksi mittaukset voidaan tallentaa sisäiseen muistiin yksittäisinä pisteinä tai monipistemittauksen osana, jolloin mittari laskee keskiarvon. Tallennettuja tietoja voidaan selata laitteen näytöllä ja ne voidaan siirtää laitteen mukana tulevan pc-ohjelman ja USB-kaapelin avulla tietokoneelle jatkokäsiteltäviksi.

Molemmat laitteet on varustettu paristoilla, jäljitettävällä kalibrointitodistuksella, kantolaukulla ja suomenkielisellä käyttöohjeella. TC5825:n toimitukseen sisältyy lisäksi paine-eroletkut, magneetilla varustettu staattisen paineen anturi, pc-ohjelma ja usb-kaapeli.

Kaikkiin paine-eromittareihin on tarjolla laaja valikoima lisävarusteita kuten Pitot-putkia, ristikkoantureita ja mittauskoukkuja.

**TOIMITUS SUORAAN VARASTOSTA**

Tekniset tiedot	TC5815	TC5825
Mittausalueet - Paine - Nopeus - Tilavuusvirta	±3735 Pa 0.27...78.7 m/s	±3735 Pa 0.27...78.7 m/s l/s tai m3/h*
Tarkkuus	±1 % lukemasta ± 1Pa	±1 % lukemasta ± 1Pa
Resoluutio	1 Pa/0.1 m/s	1 Pa/0.1 m/s
Tallennus	-	Manuaalinen tallennus, jatkuva tiedonkeruu
Muisti	-	12 700 pistettä, 100 testiryhmää
Mitat ja paino	84mm x 178mm x 44mm, 270g	
Virtalähde	4 x AA-paristo tai verkkovirtalaitte Myös ladattavia paristoja voi käyttää	

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

UNI 2= UNI 2 Jyväskylän kohde, poistoilmavirta 54 l/s, UNI 4 = Petäjaveden kohde, poistoilmavirta 66 l/s, *= poistoilmavirta 85 l/s, UNI2L= UNI 2 laboratorio mittausta, poistoilmavirta 47 l/s, C2SE = C2 laboratorio mittausta sorptioroottorilla ja ilman raitisilmakanava eristystä, poistoilmavirta 42 l/s, C2S = C2 laboratorio mittausta sorptioroottorilla, poistoilmavirta 45 l/s, C2K = C2 laboratorio mittausta kondensaatoroottorilla, poistoilmavirta 47 l/s.

Aika	Lämpötila			
	Raitis (°C)	Tulo (°C)	Poisto (°C)	Jäte (°C)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	9,4	20,5	23,6	15,0
11.12.2015 2:30	5,0	20,6	25,6	13,6
16.12.2015 14:35	0,0	17,2	22,8	8,5
26.12.2015 9:45	0,0	15,8	21,7	8,8
28.12.2015 23:20	-5,0	16,4	22,3	5,5
1.1.2016 6:50	-5,0	16,4	21,9	5,2
1.1.2016 17:30	-10,0	15,5	22,2	2,1
3.1.2016 5:15	-10,5	17,1	25,5	2,7
3.1.2016 23:45	-15,0	14,3	22,4	-1,4
4.1.2016 8:40	-17,1	14,0	22,0	-2,4
keskiarvot	-1,1	17,1	22,9	8,0
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	3,7	19,8	21,9	15,0
26.1.2016 11:40	0,0	18,6	21,2	9,4
23.1.2016 10:10*	-5,0	17,5	21,5	3,5
1.2.2016 11:30	-5,0	16,8	20,3	3,5
22.1.2016 22:55	-10,0	15,3	21,5	0,4
22.1.2016 14:25	-15,0	8,3	18,7	-3,3
22.1.2016 11:10	-20,0	8,0	18,6	-7,1
21.1.2016 19:30*	-20,0	15,2	22,1	-5,1
22.1.2016 2:15	-24,5	10,1	20,1	-9,9
keskiarvot	-1,8	18,1	21,4	8,1

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	10,0	19,8	23,4	13,4
17.3.2016 16:20	4,9	19,4	23,6	10,2
18.3.2016 3:25	0,0	18,9	23,7	6,8
20.3.2016 6:15	-5,2	17,3	22,2	2,7
keskiarvot	2,8	18,9	23,1	8,6
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	9,3	21,8	24,2	13,0
28.2.2016 19:59	5,0	20,1	22,8	9,0
28.2.2016 7:04	5,0	20,2	22,9	9,1
27.2.2016 5:59	0,0	19,3	23,3	5,4
27.2.2016 22:34	-1,4	18,8	23,0	4,3
keskiarvot	5,1	20,2	23,2	9,4
C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	4,2	18,4	22,1	8,6
4.3.2016 11:20	0,0	18,0	22,7	5,7
2.3.2016 6:25	-5,0	17,8	23,1	2,8
2.3.2016 4:40	-6,7	17,8	23,1	2,0
keskiarvot	0,2	18,1	22,7	6,0
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	6,5	17,7	23,5	13,6
13.3.2016 16:30	5,0	17,8	23,8	12,0
13.3.2016 0:55	-0,9	17,0	23,3	6,5
keskiarvot	3,5	17,9	23,1	9,8

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

Aika	Suhteellinen kosteus			
	Raitis (%)	Tulo (%)	Poisto (%)	Jäte (%)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	94	45	39	62
11.12.2015 2:30	88	35	38	71
16.12.2015 14:35	95	31	29	61
26.12.2015 9:45	76	32	32	59
28.12.2015 23:20	92	36	39	81
1.1.2016 6:50	79	21	24	58
1.1.2016 17:30	90	19	22	64
3.1.2016 5:15	90	22	24	74
3.1.2016 23:45	86	24	25	76
4.1.2016 8:40	86	19	21	72
keskiarvot	92	33	32	66
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	100	36	40	59
26.1.2016 11:40	97	30	32	71
23.1.2016 10:10 *	92	40	33	97
1.2.2016 11:30	93	43	37	95
22.1.2016 22:55	84	49	35	91
22.1.2016 14:25	70	76	42	89
22.1.2016 11:10	63	78	44	82
21.1.2016 19:30 *	69	54	39	94
22.1.2016 2:15	55	80	45	82
keskiarvot	92	39	38	81
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	58	32	26	41
17.3.2016 16:20	78	31	25	49
18.3.2016 3:25	45	15	17	38
20.3.2016 6:15	60	15	14	38
keskiarvot	56	22	19	37

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	48	24	22	38
28.2.2016 19:59	43	23	21	32
28.2.2016 7:04	50	21	19	35
27.2.2016 5:59	40	21	18	28
27.2.2016 22:34	38	19	16	27
keskiarvot	48	23	20	35
C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	77	30	26	52
4.3.2016 11:20	70	23	19	43
2.3.2016 6:25	68	20	17	38
2.3.2016 4:40	65	20	17	36
keskiarvot	71	24	21	45
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	59	30	22	34
13.3.2016 16:30	61	28	22	38
13.3.2016 0:55	75	24	21	50
keskiarvot	75	30	24	47

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

Aika	Paineet (Pa)								
	Ilmanpaine	Raitis Phs	Raitis Ph	Tulo Phs	Tulo Ph	Poisto Phs	Poisto Ph	Jäte Phs	Jäte Ph
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	99040	1173	1099	2399	1091	2904	1139	1702	1056
11.12.2015 2:30	99900	872	771	2415	835	3280	1232	1557	1098
16.12.2015 14:35	101880	608	577	1953	613	2768	793	1107	678
26.12.2015 9:45	100230	610	464	1792	570	2587	837	1133	673
28.12.2015 23:20	103850	419	385	1858	678	2679	1032	898	726
1.1.2016 6:50	104340	420	332	1858	395	2626	630	884	511
1.1.2016 17:30	104340	287	257	1761	335	2662	578	711	452
3.1.2016 5:15	104804	275	247	1943	427	3251	796	740	547
3.1.2016 23:45	105026	190	163	1623	397	2704	687	551	420
4.1.2016 8:40	105133	161	138	1590	306	2642	562	510	365
keskiarvot	101508	602	556	1956	659	2792	893	1101	728
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	99610	791	790	2296	816	2620	1053	1698	995
26.1.2016 11:40	99390	607	588	2139	651	2504	810	1178	831
23.1.2016 10:10*	102470	422	387	1991	787	2559	840	785	759
1.2.2016 11:30	97380	420	392	1904	821	2375	869	785	747
22.1.2016 22:55	102710	286	239	1732	854	2549	890	627	571
22.1.2016 14:25	102710	190	133	1088	825	2151	905	479	428
22.1.2016 11:10	102710	125	79	1066	833	2138	936	359	293
21.1.2016 19:30*	102490	125	87	1720	923	2657	1049	418	394
22.1.2016 2:15	102710	84	47	1234	986	2340	1052	288	236
keskiarvot	99646	565	531	2089	799	2546	960	1130	886
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	101870	1226	708	2305	728	2866	748	1535	637
17.3.2016 16:20	100310	865	673	2246	689	2912	720	1241	603
18.3.2016 3:25	100310	608	273	2172	331	2923	497	986	375
20.3.2016 6:15	100370	415	250	1968	295	2667	381	742	282
keskiarvot	101069	776	444	2185	477	2822	533	1133	425
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	99750	1170	561	2607	619	3009	667	1493	561
28.2.2016 19:59	101770	870	372	2340	540	2759	575	1146	362
28.2.2016 7:04	101770	873	435	2364	492	2786	517	1153	404
27.2.2016 5:59	100820	609	243	2233	465	2851	510	897	252
27.2.2016 22:34	100820	549	211	2166	407	2805	452	830	221
keskiarvot	100414	891	434	2364	540	2832	574	1189	417

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	100990	822	630	2108	642	2656	681	1114	580
4.3.2016 11:20	101660	610	427	2052	469	2749	523	915	392
2.3.2016 6:25	100990	421	286	2032	405	2826	480	746	282
2.3.2016 4:40	100990	370	240	2032	405	2814	491	703	251
keskiarvot	101539	628	454	2066	506	2750	564	937	424
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	103060	964	570	2019	601	2885	640	1554	527
13.3.2016 16:30	101325	871	532	2027	566	2933	644	1396	528
13.3.2016 0:55	101325	569	425	1933	459	2858	589	966	483
keskiarvot	101986	791	590	2043	620	2814	676	1217	569

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

Aika	Vesisisältö			
	x raitis (kg/kg k.i.)	x tulo (kg/kg k.i.)	x poisto (kg/kg k.i.)	x jäte (kg/kg k.i.)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	0,0070	0,0069	0,0072	0,0067
11.12.2015 2:30	0,0048	0,0052	0,0078	0,0069
16.12.2015 14:35	0,0035	0,0038	0,0049	0,0042
26.12.2015 9:45	0,0029	0,0036	0,0052	0,0042
28.12.2015 23:20	0,0023	0,0041	0,0062	0,0044
1.1.2016 6:50	0,0020	0,0024	0,0038	0,0031
1.1.2016 17:30	0,0015	0,0020	0,0035	0,0027
3.1.2016 5:15	0,0015	0,0025	0,0048	0,0033
3.1.2016 23:45	0,0010	0,0024	0,0041	0,0025
4.1.2016 8:40	0,0008	0,0018	0,0033	0,0022
keskiarvot	0,0035	0,0041	0,0055	0,0045
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	0,0050	0,0051	0,0066	0,0063
26.1.2016 11:40	0,0037	0,0041	0,0051	0,0052
23.1.2016 10:10*	0,0024	0,0048	0,0051	0,0046
1.2.2016 11:30	0,0025	0,0053	0,0056	0,0048
22.1.2016 22:55	0,0015	0,0052	0,0054	0,0035
22.1.2016 14:25	0,0008	0,0050	0,0055	0,0026
22.1.2016 11:10	0,0005	0,0051	0,0057	0,0018
21.1.2016 19:30*	0,0005	0,0057	0,0064	0,0024
22.1.2016 2:15	0,0003	0,0060	0,0064	0,0014
keskiarvot	0,0033	0,0050	0,0061	0,0056
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	0,0044	0,0045	0,0046	0,0039
17.3.2016 16:20	0,0042	0,0043	0,0045	0,0038
18.3.2016 3:25	0,0017	0,0021	0,0031	0,0023
20.3.2016 6:15	0,0016	0,0018	0,0024	0,0018
keskiarvot	0,0027	0,0029	0,0033	0,0026
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	0,0035	0,0039	0,0042	0,0035
28.2.2016 19:59	0,0023	0,0033	0,0035	0,0022
28.2.2016 7:04	0,0027	0,0030	0,0032	0,0025
27.2.2016 5:59	0,0015	0,0029	0,0032	0,0016
27.2.2016 22:34	0,0013	0,0025	0,0028	0,0014
keskiarvot	0,0027	0,0034	0,0036	0,0026

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	0,0039	0,0040	0,0042	0,0036
4.3.2016 11:20	0,0026	0,0029	0,0032	0,0024
2.3.2016 6:25	0,0018	0,0025	0,0030	0,0017
2.3.2016 4:40	0,0015	0,0025	0,0030	0,0016
keskiarvot	0,0028	0,0031	0,0035	0,0026
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	0,0035	0,0036	0,0039	0,0032
13.3.2016 16:30	0,0033	0,0035	0,0040	0,0033
13.3.2016 0:55	0,0026	0,0028	0,0036	0,0030
keskiarvot	0,0036	0,0038	0,0042	0,0035

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

Aika	Ilman energiasisältö			
	h raitis (kJ/kg)	h tulo (kJ/kg)	h poisto (kJ/kg)	h jäte (kJ/kg)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	27,0	38,2	42,2	32,1
11.12.2015 2:30	17,2	34,0	45,6	31,2
16.12.2015 14:35	8,8	26,8	35,3	19,1
26.12.2015 9:45	7,2	24,9	35,1	19,5
28.12.2015 23:20	0,7	26,8	38,3	16,5
1.1.2016 6:50	-0,1	22,5	31,7	12,9
1.1.2016 17:30	-6,2	20,7	31,1	8,9
3.1.2016 5:15	-6,9	23,6	37,8	10,9
3.1.2016 23:45	-12,7	20,3	33,0	4,9
4.1.2016 8:40	-15,1	18,6	30,7	3,0
keskiarvot	7,6	27,6	37,1	19,4
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	16,1	32,9	38,9	30,9
26.1.2016 11:40	9,2	29,1	34,3	22,7
23.1.2016 10:10*	0,9	29,8	34,7	15,2
1.2.2016 11:30	1,2	30,3	34,6	15,6
22.1.2016 22:55	-6,5	28,6	35,4	9,1
22.1.2016 14:25	-13,1	21,0	32,8	3,2
22.1.2016 11:10	-18,9	20,8	33,2	-2,7
21.1.2016 19:30*	-18,8	29,6	38,6	0,9
22.1.2016 2:15	-23,9	25,4	36,5	-6,4
keskiarvot	6,5	31,0	36,9	22,3
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	21,0	31,3	35,2	23,4
17.3.2016 16:20	15,5	30,4	35,2	19,7
18.3.2016 3:25	4,2	24,2	31,7	12,7
20.3.2016 6:15	-1,3	22,0	28,4	7,1
keskiarvot	9,7	26,5	31,6	15,2
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	18,2	31,8	35,0	21,9
28.2.2016 19:59	10,8	28,6	31,9	14,7
28.2.2016 7:04	11,8	28,0	31,1	15,4
27.2.2016 5:59	3,8	26,7	31,5	9,4
27.2.2016 22:34	1,8	25,3	30,3	7,8
keskiarvot	12,0	28,9	32,4	16,0

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	14,0	28,6	33,0	17,7
4.3.2016 11:20	6,6	25,4	31,0	11,8
2.3.2016 6:25	-0,6	24,3	30,9	7,2
2.3.2016 4:40	-3,0	24,2	30,9	5,9
keskiarvot	7,2	26,1	31,7	12,6
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	15,2	27,0	33,5	21,8
13.3.2016 16:30	13,3	26,7	34,0	20,3
13.3.2016 0:55	5,6	24,3	32,7	14,0
keskiarvot	12,6	27,6	33,8	18,7

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

	Lämpötila-	Entalpia-	Poistoilman kosteus-	Ulkoilman kosteus-	Kokonais-
Aika	suhde (%)	suhde (%)	hyötysuhde (%)	hyötysuhde (%)	hyötysuhde (%)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	78,0	73,7	207,1	-20,5	66,6
11.12.2015 2:30	75,4	59,2	29,1	13,9	50,7
16.12.2015 14:35	75,3	67,8	53,2	16,3	61,5
26.12.2015 9:45	72,9	63,4	44,0	28,4	56,1
28.12.2015 23:20	78,5	69,6	47,4	45,1	58,0
1.1.2016 6:50	79,4	71,0	40,0	21,3	58,9
1.1.2016 17:30	79,4	72,1	39,3	24,3	59,4
3.1.2016 5:15	76,7	68,4	45,5	32,6	60,1
3.1.2016 23:45	78,3	72,4	51,1	44,5	61,5
4.1.2016 8:40	79,3	73,7	46,5	39,5	60,5
keskiarvot	75,7	67,7	62,6	22,8	60,1
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	88,2	73,6	22,0	9,6	35,0
26.1.2016 11:40	88,0	79,5	-9,4	28,5	46,2
23.1.2016 10:10*	84,8	85,4	18,0	88,3	57,7
1.2.2016 11:30	86,1	86,9	25,6	89,8	56,9
22.1.2016 22:55	80,4	83,7	49,2	94,4	62,9
22.1.2016 14:25	69,0	74,2	62,0	89,5	64,4
22.1.2016 11:10	72,4	76,2	75,1	87,8	68,8
21.1.2016 19:30*	83,5	84,2	68,2	86,8	65,7
22.1.2016 2:15	77,7	81,5	81,3	93,3	71,0
keskiarvot	86,5	79,8	13,1	50,7	46,9
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	73,4	72,3	274,3	51,1	83,4
17.3.2016 16:20	77,3	75,7	252,5	33,7	78,5
18.3.2016 3:25	79,6	72,6	54,3	25,9	69,0
20.3.2016 6:15	82,1	78,7	75,6	34,4	71,4
keskiarvot	79,0	76,6	221,0	45,8	76,0
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	84,1	81,1	100,6	54,8	77,9
28.2.2016 19:59	84,8	84,5	105,2	82,8	81,5
28.2.2016 7:04	85,0	84,0	137,4	69,8	81,3
27.2.2016 5:59	82,9	82,9	96,5	83,1	79,7
27.2.2016 22:34	82,8	82,6	95,8	81,7	79,1
keskiarvot	83,6	82,7	108,6	76,4	80,1

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	79,2	76,8	197,0	23,5	80,5
4.3.2016 11:20	79,1	76,9	135,6	43,7	78,5
2.3.2016 6:25	81,0	79,0	102,2	61,2	75,2
2.3.2016 4:40	82,2	80,3	95,4	65,7	73,8
keskiarvot	79,4	77,1	145,1	37,8	78,2
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	66,0	64,7	161,7	44,1	64,2
13.3.2016 16:30	68,0	64,8	103,5	30,3	66,3
13.3.2016 0:55	73,9	68,9	64,3	21,0	68,9
keskiarvot	73,7	71,5	144,9	40,4	72,0

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

	LTO teho	LTO sensi-	LTO latent	qvp teho	qvp sensi-	qvp latent
Aika	(kW)	ble (kW)	(kW)	(kW)	ble (kW)	(kW)
UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2	UNI2
21.12.2015 2:00	0,655	0,556	0,099	0,983	0,922	0,060
11.12.2015 2:30	0,933	0,777	0,155	1,838	1,335	0,503
16.12.2015 14:35	1,056	0,926	0,130	1,718	1,479	0,238
26.12.2015 9:45	1,014	0,832	0,182	1,808	1,405	0,403
28.12.2015 23:20	1,411	1,089	0,322	2,434	1,769	0,665
1.1.2016 6:50	1,214	1,083	0,131	2,060	1,747	0,313
1.1.2016 17:30	1,437	1,298	0,139	2,418	2,081	0,336
3.1.2016 5:15	1,741	1,476	0,265	2,895	2,331	0,563
3.1.2016 23:45	1,821	1,542	0,280	2,961	2,427	0,534
4.1.2016 8:40	1,795	1,585	0,209	2,968	2,533	0,435
keskiarvot	1,145	0,962	0,182	1,914	1,553	0,362
UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4	UNI4
11.2.2016 3:20	0,632	0,548	0,083	1,804	1,445	0,358
26.1.2016 11:40	0,917	0,929	-0,012	1,986	1,680	0,306
23.1.2016 10:10*	1,990	1,834	0,156	3,450	2,701	0,749
1.2.2016 11:30	1,507	1,328	0,179	2,649	2,006	0,643
22.1.2016 22:55	2,084	1,668	0,416	3,315	2,491	0,824
22.1.2016 14:25	2,347	1,740	0,607	3,642	2,673	0,969
22.1.2016 11:10	2,844	2,034	0,810	4,133	3,058	1,074
21.1.2016 19:30*	3,848	2,775	1,073	5,856	4,295	1,561
22.1.2016 2:15	3,400	2,373	1,027	4,788	3,528	1,260
keskiarvot	1,236	1,118	0,118	2,552	1,952	0,600
UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L	UNI2L
16.3.2016 12:00	0,668	0,562	0,106	0,800	0,754	0,047
17.3.2016 16:20	0,874	0,758	0,115	1,112	1,056	0,056
18.3.2016 3:25	1,072	0,952	0,119	1,552	1,339	0,213
20.3.2016 6:15	1,197	1,098	0,099	1,675	1,544	0,131
keskiarvot	0,925	0,819	0,105	1,236	1,144	0,092
C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE	C2SE
25.2.2016 12:19	0,658	0,564	0,093	0,845	0,749	0,095
28.2.2016 19:59	0,867	0,692	0,175	1,064	0,894	0,169
28.2.2016 7:04	0,793	0,696	0,097	0,975	0,900	0,075
27.2.2016 5:59	1,114	0,900	0,214	1,398	1,174	0,224
27.2.2016 22:34	1,135	0,943	0,192	1,434	1,232	0,202
keskiarvot	0,825	0,692	0,133	1,032	0,909	0,122

TAULUKOIDUT ALKUARVOT JA TULOKSET

C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S	C2S
6.3.2016 14:30	0,829	0,732	0,097	1,040	0,975	0,065
4.3.2016 11:20	1,037	0,916	0,120	1,320	1,225	0,095
2.3.2016 6:25	1,277	1,098	0,179	1,700	1,520	0,180
2.3.2016 4:40	1,353	1,139	0,214	1,835	1,606	0,228
keskiarvot	1,032	0,904	0,129	1,324	1,217	0,107
C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K	C2K
11.3.2016 12:55	0,663	0,557	0,106	1,033	0,960	0,073
13.3.2016 16:30	0,776	0,665	0,111	1,170	1,058	0,113
13.3.2016 0:55	1,054	0,949	0,105	1,529	1,369	0,161
keskiarvot	0,852	0,748	0,104	1,194	1,104	0,090