

Matias Heinonen

KOSTUTUS ILMASTOINNISSA

KOSTUTUS ILMASTOINNISSA

Matias Heinonen
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, suuntautumisvaihtoehto

Tekijä(t): Matias Heinonen

Opinnäytetyön nimi: Kostutus ilmastoinnissa

Työn ohjaaja(t): Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016
liitettä

Sivumäärä: 32 + 1

Oulun ammattikorkeakoulun kulttuuriosastolla on urut ja flyygeleitä, jotka edellyttävät sisäilman suhteellisen kosteuden hallintaa. Tästä syystä kahdessa ilmastointikoneessa on myös kostutin. Työn tavoitteena on selvittää kostutuksen aiheuttama energiankulutus näissä kahdessa ilmastointikoneessa, sekä aiheuttaako kostutus mahdollisesti kastepisteen alittumista rakenteissa ja ilmastointikanavissa. Lisäksi pyritään selvittämään, onko sisäilman tavoitekosteutta mahdollisuutta alentaa.

Työssä laskettiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla tehdyn taulukon mukaan, kuinka paljon eri sisäilman kosteustavoitteet vaikuttavat energiankulutukseen. Tutkittavat kosteudet olivat 30, 35, 37 ja 40 prosenttia. Tässä työssä tutkittiin myös ennen lämmöntalteenottoa olevan esilämmityspatterin asetustilanteiden vaikutusta energiankulutukseen. Työssä tarkasteltiin myös koneiden ja tilojen tämänhetkistä tilannetta kosteus- ja lämpötilamittausten avulla.

Lopputuloksena voidaan todeta, että ilman kostuttaminen vaikuttaa energiankulutukseen huomattavasti. Kymmenen prosentin nousu ilmankostutuksen tarpeessa aiheuttaa kostuttimen energiankulutuksen tuplaantumisen. Esilämmityspatterin asetusarvoilla on myös suuri vaikutus energiankulutukseen.

Asiasanat: Ilmankosteus, energiankulutus, flyygeli

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO	5
2 KOSTUTUS ILMASTOINNISSA	6
2.1 Sisäilman kosteustavoitteet	6
2.2 Kosteuskäsitteet	7
2.3 Kostutustavat	7
2.3.1 Höyrykostutin	8
2.3.2 Haihdutuskostutin	8
3 KOEKOHDE	10
3.1 TK 57	10
3.2 TK 59	12
4 MITTAUKSET	13
4.1 Mittausmenetelmä	13
4.2 Mittaustulokset	14
4.2.1 TK 57 ja konserttisali	14
4.2.2 TK 59 ja urkusali	19
4.3 Mittaustulosten analysointi	23
5 ENERGIANKULUTUS	26
5.1 Laskentamenetelmä ja kaavat	26
5.2 Tulokset	28
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	31
7 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33

Lähtötietomuistio

Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

1 JOHDANTO

Oulun ammattikorkeakoulun kulttuuriosastolla on urut ja flyygeleitä, jotka edellyttävät sisäilman suhteellisen kosteuden hallintaa. Tästä syystä kahdessa ilmastointikoneessa on myös kostutin. Tilojen suhteellisena kosteutena pidetään 37 %.

Tämän työn tavoitteena on selvittää kostutuksen aiheuttama energiankulutus näissä kahdessa ilmastointikoneessa. Lisäksi selvitetään, aiheuttaako kostutus mahdollisesti kastepisteen alittumista rakenteissa ja ilmastointikanavissa. Pyritään selvittämään myös mahdollisuutta alentaa sisäilman tavoitekosteutta.

Työssä lasketaan Microsoft Excel-tilukkolaskentaohjelmalla tehdyn taulukon mukaan, kuinka paljon eri sisäilman kosteustavoitteet vaikuttavat energiankulutukseen. Tutkittavat kosteudet ovat 30, 35, 37 ja 40 prosenttia.

Ilmastointikoneissa on ennen lämmöntalteenottolaitetta esilämmityspatteri, joka tarvittaessa lämmittää ilman -5 °C , -10 °C tai -15 °C :seen. Työssä selvitetään näiden lämpötilojen asetusarvojen vaikutusta energiankulutukseen.

2 KOSTUTUS ILMASTOINNISSA

Ilman kosteus kertoo kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä. Kosteus ilmoitetaan yleisimmin suhteellisenä kosteutena, joka ilmaisee prosentteina, kuinka paljon kyseisessä lämpötilassa olevaan ilmaan voi vesihöyryä sisältyä. Ilman ominaisuus sisältää vettä nousee lämpötilan kohotessa, eli mitä lämpimämpää ilma on, sitä kosteampaa ilma voi olla. Tämän vuoksi etenkin talvella kostutuksen tarve voi olla suuri, koska kylmän ulkoilman kyky sitoa kosteutta on alhainen. (1.) Lämpötiloilla 20–22 °C suhteellinen kosteus saa vaihdella 30 ja 65 %:n välillä ilman, että ihminen kokee sen epämukavaksi. Ilmaa kostutettaessa hygieeniset näkökohdat ovat hyvin tärkeitä. Laitteiston epäasiallinen käyttö sekä huollon laiminlyönti voivat altistaa laitteiston bakteeri-, levä- ja homekasvustoille. Kasvustojen leviäminen tuloilman mukana huoneisiin voi ääritapauksissa aiheuttaa terveysongelmia. (2, s. 131.)

2.1 Sisäilman kosteustavoitteet

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa. Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa (3, s. 8).

Jos sisäilman kosteussisältö ylittää arvon 7 g/kg kuivaa ilmaa, kostutetaan huoneilmaa vain painavista syistä, esimerkiksi prosessin tai varastoinnin niin vaatiessa. Arvo 7 g/kg kuivaa ilmaa vastaa huoneilman tilaa, jossa suhteellinen kosteus on 45 %, kun huonelämpötila on 21 °C ja ilman paine on 101,3 kPa. Alhaisesta sisäilman suhteellisesta kosteudesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi vältetään lämmityskauden aikana tarpeettoman korkeita huonelämpötiloja. (3, s. 8.)

2.2 Kosteuskäsitteet

Absoluuttinen ilmankosteus

Absoluuttisella ilmankosteudella tarkoitetaan sitä veden määrää, joka ilmassa on höyrystyneenä. Absoluuttista ilmankosteutta tarkasteltaessa vesihöyryn määrää voidaan kuvata joko kuivaa ilmakiloa kohden (g/kg tai kg/kg) tai kuutiometriä kohden (g/m^3 tai kg/m^3) (4, s. 81.)

Suhteellinen ilmankosteus

Suhteellisella ilmankosteudella tarkoitetaan ilmassa olevan vesihöyryn määrän suhdetta siihen vesimäärän maksimimäärään mitä tässä lämpötilassa on mahdollista ilmaan höyrystää. Suhteellinen ilmankosteus esitetään prosenttilukuna. (4, s. 81)

Kastepistelämpötila

Ilman kastepistelämpötilalla tarkoitetaan sitä lämpötilaa, jossa tarkasteltavan ilman tai muun kaasun suhteellinen kosteus on 100 %. Tällöin kaasu on kylläinen vesihöyrystä, ja näin ollen ilmassa oleva vesihöyry alkaa muodostumaan pisaroiksi. (5, s.191)

2.3 Kostutustavat

Ilman kostutus voi tapahtua joko lisäämällä ilmaan vesihöyryä höyrykostuttimella-, tai tuomalla ilma kosketuksiin märän pinnan kanssa niin,

että vesi höyrystyy määrältä pinnalta ilman sekaan (haihduttava kostutus) (2, s. 131).

2.3.1 Höyrykostutin

Höyrykostutuksessa ilmaan lisätään höyryä kanavassa olevan jakoputken avulla. Jakoputken etäisyys seuraavaan komponenttiin on oltava riittävän pitkä, ettei vesi tiivisty suoraan komponenttiin. Kostutus voidaan suorittaa missä tahansa kanavistossa. On tärkeää, että ilma ei tule höyrystä ylikylläiseksi, koska tällöin kanavistoon voi tiivistyä lauhdevettä, joka voi aiheuttaa hygienisiä ongelmia. Ilmaa kostutettaessa höyrykostuttimella kostutus tapahtuu niin että ilman lämpötila ei muutu oleellisesti, koska ilmaan tuodaan samalla se energia, joka on sitoutunut vesihöyryyn. Höyry kehitetään joko erillisellä höyrykostuttimella tai höyry otetaan rakennuksen putkistosta. Erilliset kostuttimet tarvitsevat usein suuren sähkötehon, joka tulee ottaa huomioon sähkösuunnittelussa ja tietenkin energiankulutuksessa ja käyttökustannuksissa. (2, s. 133.)

2.3.2 Haihdutuskostutin

Haihduttavia kostuttimia on kahta eri tyyppiä, kontakti- ja suihkukostutin. Kontaktikostuttimissa (kennokostutin) ilman ja veden välille tehdään suuri lämmittämätön kosketuspinta-ala, josta vesi haihtuu ohi menevään ilmaan. Prosessin pitää käynnissä höyrynpaineen ero veden pinnan lähellä olevassa ilmassa ja vapaassa ilmavirrassa. Kontaktikostuttimissa veden höyrystyenergia otetaan ilmasta, mikä laskee ilman lämpötilaa 2,5 °C kostutusgrammaa kohden. Kostutuskenon materiaalina käytetään yleensä alumiinia tai mikrolasia. Alumiininen kenno on käsitelty hygroskooppiseksi kostuttavan pinnan saamiseksi. Kosketuspintojen rakenne on muokattu niin, että vesi virtaa ilmavirtaa vastaan. Tämä on tehty tasapainottamaan sitä, että ilma painaa vettä virtaussuuntaansa. (2, s. 132.)

Suihkukostuttimissa on kammiossa joukko suuttimia, jotka korkean paineen avulla suihkuttavat pieniksi pisaroiksi hajoavia hienoja vesisuihkuja ilmavirtaa

vastaan, päin veden erotuskennoa. Kun vesi hajoitetaan höyrystyviksi pisaroiksi, tarkoittaa tämä sitä, että vedessä olevat epäpuhtaudet voivat siirtyä ilmaan. Tämä on merkittävä haitta suihkukostuttimissa ja voi saada aikaan hankalia likakerrostumia ja hygieenisiä ongelmia, jos vesi sisältää bakteereja. Tätä ongelmaa ei ole kennokostuttimilla. (2, s.133.)

3 KOEKOHDE

Työn kohteena on Oulun ammattikorkeakoulun kulttuuripuolen ilmanvaihtokoneet TK57 ja TK59. Koneet hoitavat tiloja, joissa säilytetään urkuja sekä flyygeleitä. Kyseiset soittimet vaativat tasaisen ja tarpeeksi kostean ilmaston pysyäkseen vireessä. Loppukesän 60 prosentin suhteellinen ilmankosteus ja pakkaskauden jopa alle 20 prosentin suhteellinen kosteus vääntävät soittimen rakenteita edestakaisin, mikä vaurioittaa soittimen rakennetta, ja näin ollen viritys kärsii. Suositeltu ilmankosteus flyygeleiden ja urkujen virityksen kannalta olisi 30 - 50 prosenttia. Tämän vuoksi tiloja palvelevissa ilmastointikoneissa on höyryllä tapahtuva ilmankostutus. Kyseisissä tiloissa ilman suhteellinen kosteus on pyritty pitämään 37 prosentissa (6).

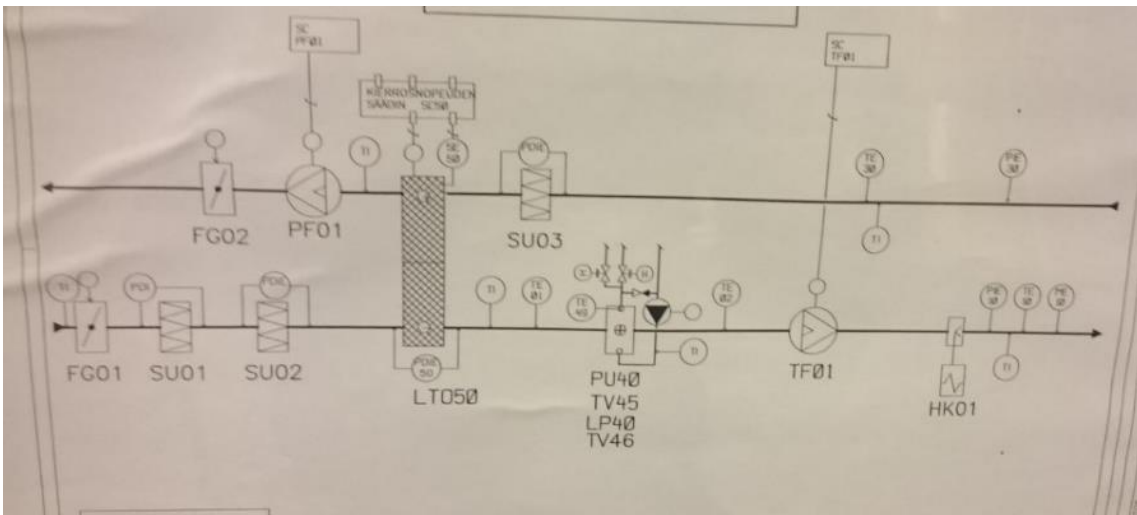
3.1 TK 57

Ilmankäsittelykone TK 57 on KOJAn valmistama pyörivällä lämmöntalteenotolla eli hygroskooppisella roottorilla varustettu IV-kone, joka hoitaa tilojen tutkintosali ja konserttisali ilmanvaihdon. Ilman kostutus haluttuun kosteuteen toteutetaan höyrykostuttimella poistoilman suhteellisen kosteuden (ME30) asetusarvon mukaan (kuva 1). Säätohjelman ohjaa höyrykostuttimen HK01 tehoa (kuva 2). Oleellisia arvoja koneen toimintaan liittyen:

- tuloilmavirta 5,3 m/s
- poistoilmavirta 5,4 m/s
- SFP 1,75 kW/(m³/s).



KUVA 1 IV-koneen TK57 höyrykostutin



KUVA 2 IV-koneen TK57 ja TK59 säätökaavio

3.2 TK 59

Ilmankäsittelykone TK 59 on KOJAn valmistama pyörivällä lämmöntalteenotolla eli hygroskooppisella roottorilla varustettu IV-kone, joka hoitaa urkusalin ja kahden musiikinopetustilan ilmanvaihdon. Ilman kostutus haluttuun kosteuteen toteutetaan höyrykostuttimella poistoilman suhteellisen kosteuden (ME30) asetusarvon mukaan. Säätohjelman ohjaa höyrykostuttimen HK01 tehoa. Oleellisia arvoja koneen toimintaan liittyen:

- tuloilmavirta 5,2 m/s
- poistoilmavirta 5,2 m/s
- SFP 1,91 kW/(m³/s)

4 MITTAUKSET

Työtä varten otettiin lämpötila- ja kosteusmittauksia molemmista ilmastointikoneista ja tiloista. Mittausten tavoitteena oli saada tietoa vallitsevista ilmasto-olosuhteista tiloissa sekä ilmastointikoneiden toiminnasta.

4.1 Mittausmenetelmä

Mittaukset suoritettiin Lascar Electronics Easylog usb 2 -mittareilla, jotka saatiin lainaan Oulun ammattikorkeakoululta (kuva 3). Mittalaitteilla pystyttiin mittaamaan kosteutta ja lämpötilaa yhtäaikaan ja mittarit ohjelmoitiin mittaamaan arvot aina tunnin välein.

EL-USB-2

Humidity & Temperature USB data logger

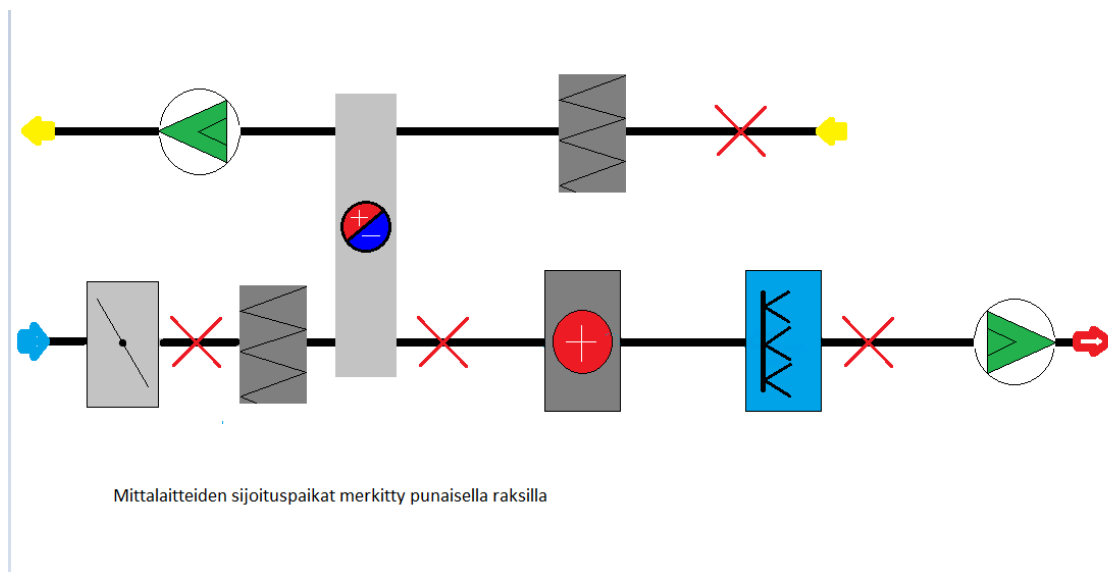
- Humidity/Temp USB data logger
- Configuration software
- User-selectable alarm thresholds
- LEDs indicate logger status
- IP67 protection
- Calibration certificate available



KUVA 3 Easylog usb 2 -mittalaite

Mittareiden sijoitukset päätettiin tehdä niin, että neljä mittaria laitettiin mittaamaan IV-koneen sisältä neljästä eri paikasta ja kaksi mittaria laitettiin tilaan, jota ilmastointikone palvelee. IV-koneen sisään laitettut mittarit sijoitettiin siten, että yksi laitettiin raitisilmakanavaan, yksi kanavaan heti lämmöntalteenotuksen jälkeen, yksi kanavaan kostuttimen jälkeen sekä yksi poistoilmakanavaan (kuva 4). Tiloihin sijoitetut mittarit pyrittiin laittamaan mahdollisimman kauas toisistaan, että saataisiin mahdollisimman todenmukaiset tulokset.

Mittareita oli käytössä yhteensä kuusi kappaletta, ja koska koneita ja tiloja oli kaksi kappaletta, piti mittaukset suorittaa kahdella eri kerralla. IV-konetta TK57 mitattaessa mittarit keräsivät tietoa noin neljän vuorokauden ajan (27.11.2015 - 01.12.2015) ja TK 59:ää mitattaessa noin kuuden vuorokauden ajan (20.11.2015 - 26.11.2015). Eripituiset mittausjaksot johtuivat mittalaitteiden rajallisesta laina-ajasta.



KUVA 4 Mittalaitteiden sijoituspaikat IV-koneessa

4.2 Mittaustulokset

Mittausten jälkeen mittaustulokset purettiin koneelle Easylog usb -ohjelmalla, jonka sai ladattua internetistä mittalaitteen valmistajan (Lascar Electronics) kotisivuilta. Ohjelma muodosti tuloksista kuvaajat, joita pystyy tarkastelemaan ja muokkaamaan Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelman avulla. Taulukoissa lämpötilat luetaan vasemmalta ja kosteusprosentit oikealta.

4.2.1 TK 57 ja konserttisali

Kuvassa 5 on esitetty mittaustulokset IV-koneen raitisilmakanavasta Excel-taulukossa.

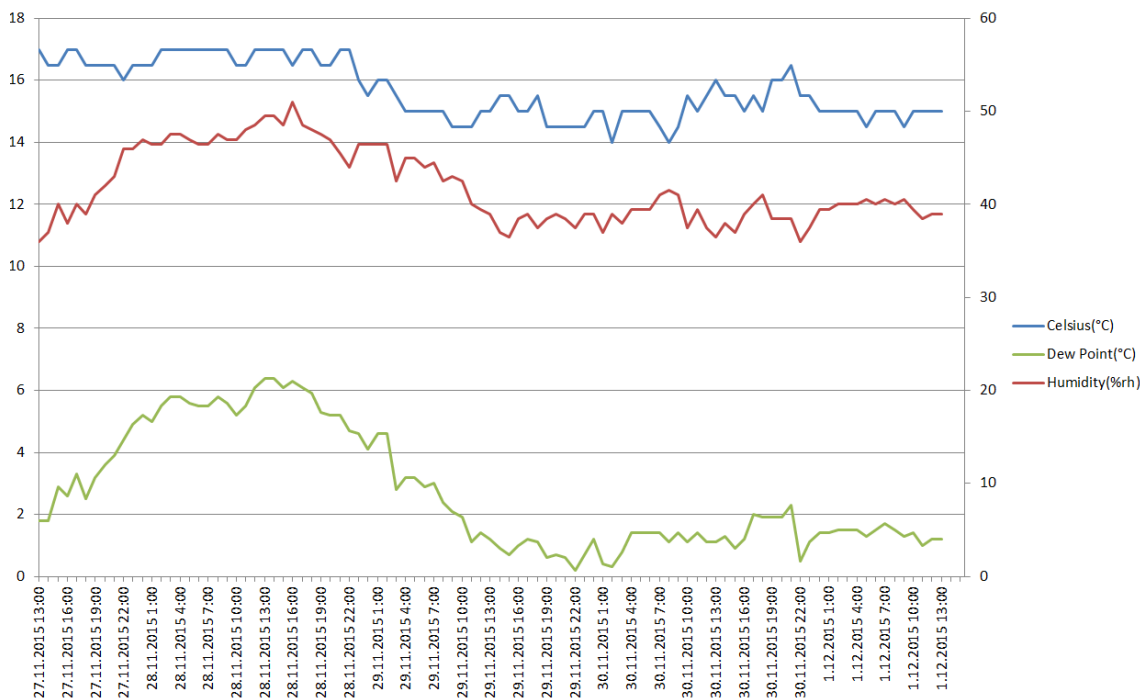
Raitisilmakanava



KUVA 5 Raitisilmakanavan mittaustulokset

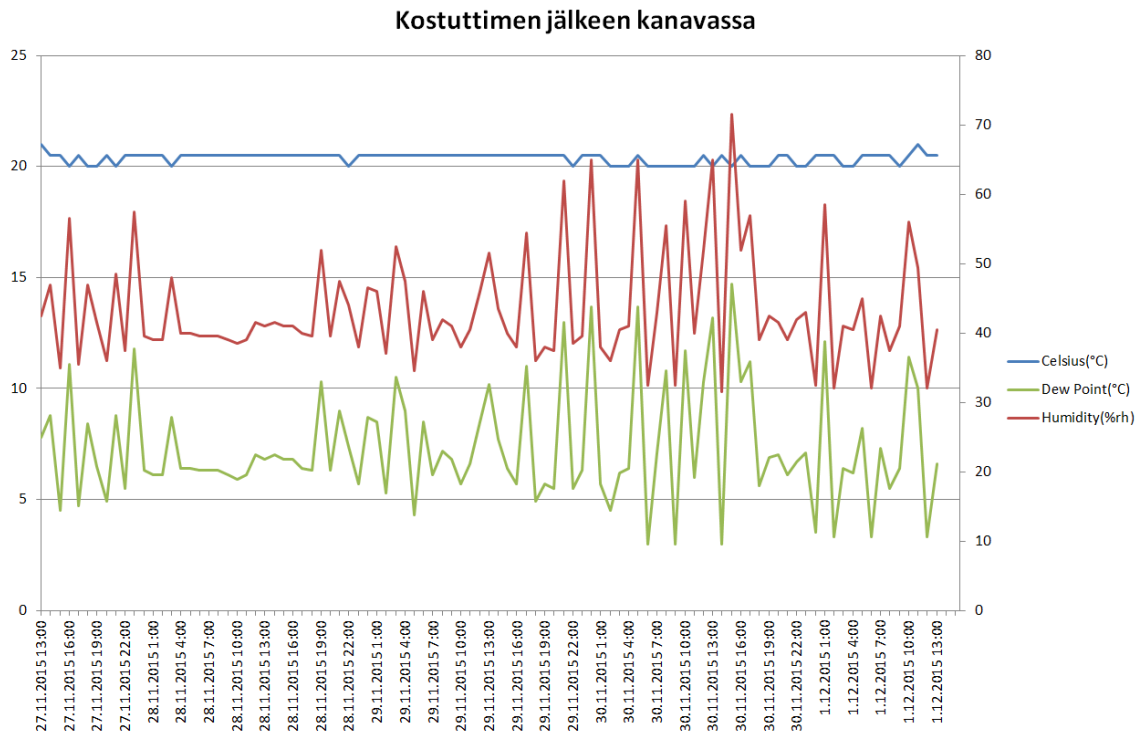
Kuvassa 6 on esitetty mittaustulokset, jotka on saatu lämmöntalteenottolaitteen jälkeen sijoitetusta mittarista.

LTO:n jälkeen



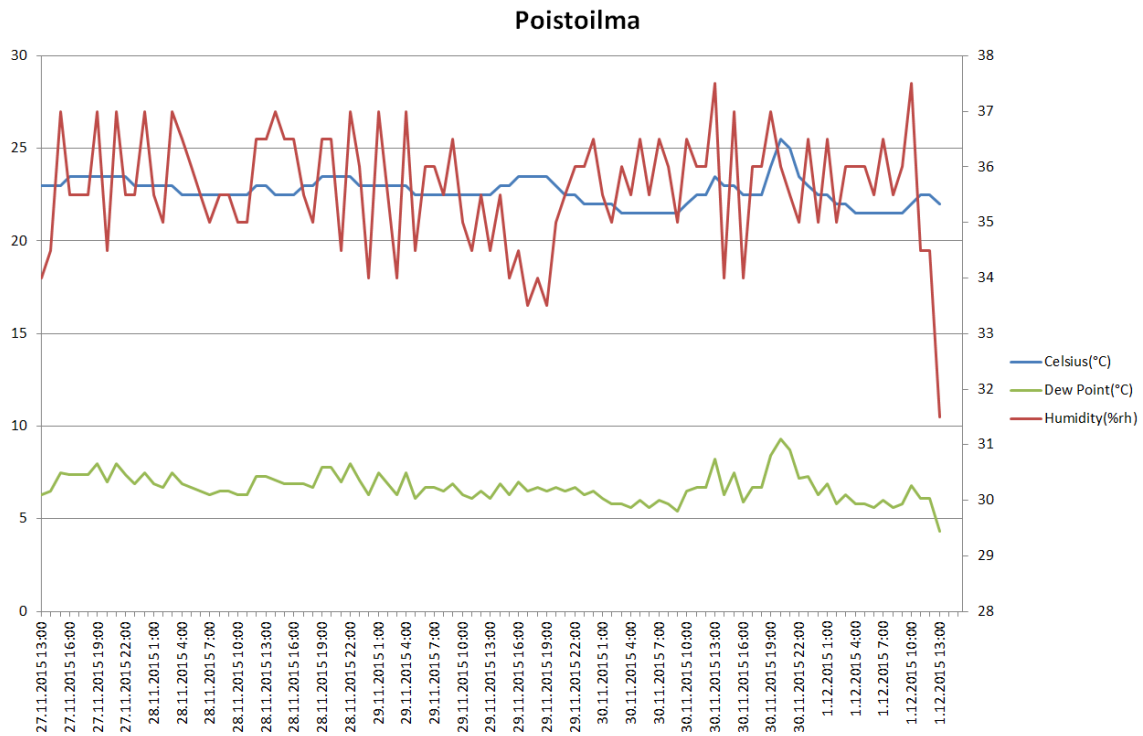
KUVA 6 Mittaustulokset LTO:n jälkeen

Kuvassa 7 on esitetty mittaustulokset, jotka on otettu ilmastointikoneen kanavasta heti höyrykostuttimen jälkeen.



KUVA 7 Mittaukset kostuttimen jälkeen kanavassa

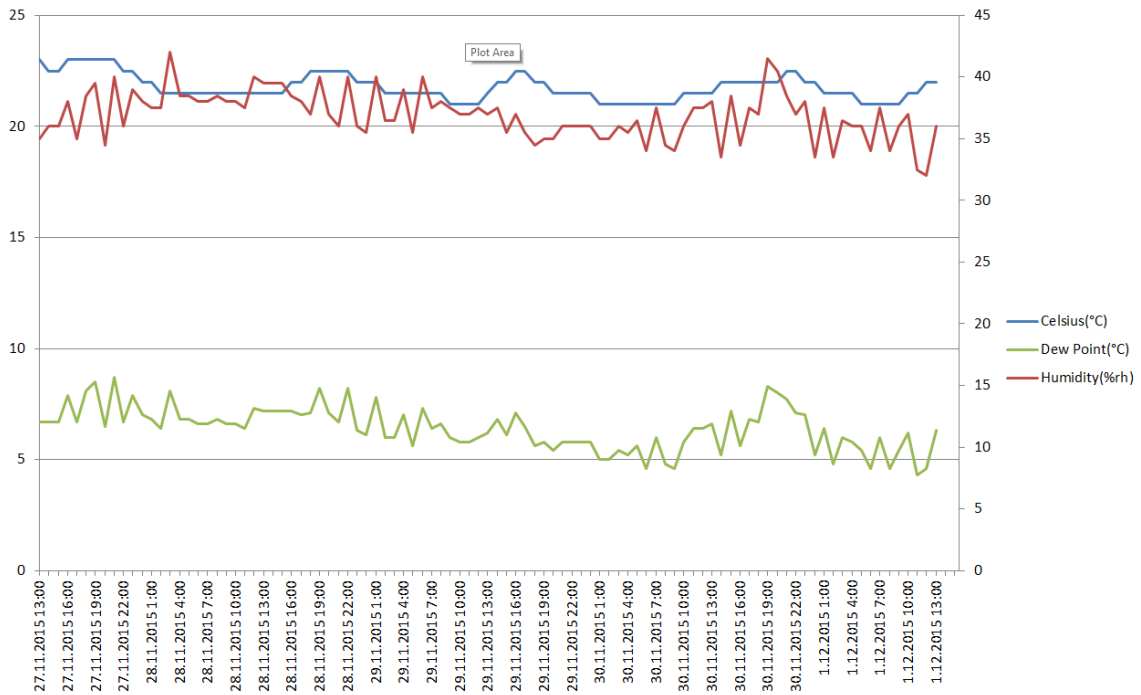
Kuvassa 8 on esitetty mittasutulokset iv-koneen poistoilmakanavasta.



KUVA 8 Mittaukset poistoilmakanavassa

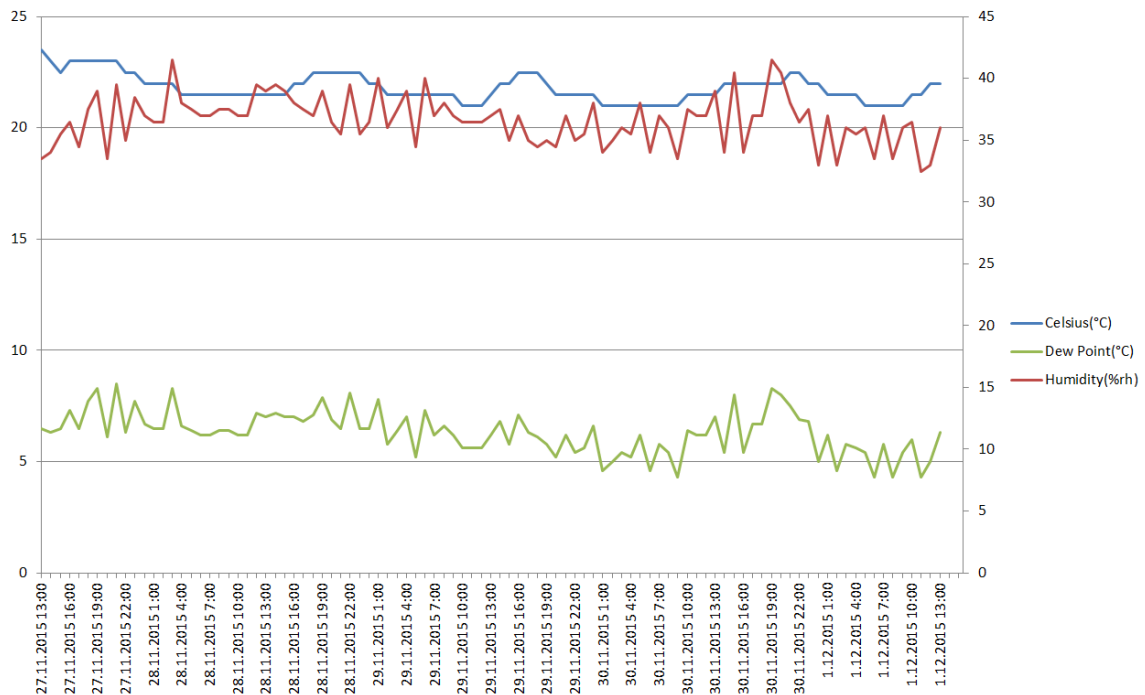
Kuvissa 9 ja 10 on esitetty konserttisaliin sijoitettujen kahden mittarin antamat mittaustulokset.

Konserttisali 1/2



KUVA 9 Mittaustulokset konserttisalista

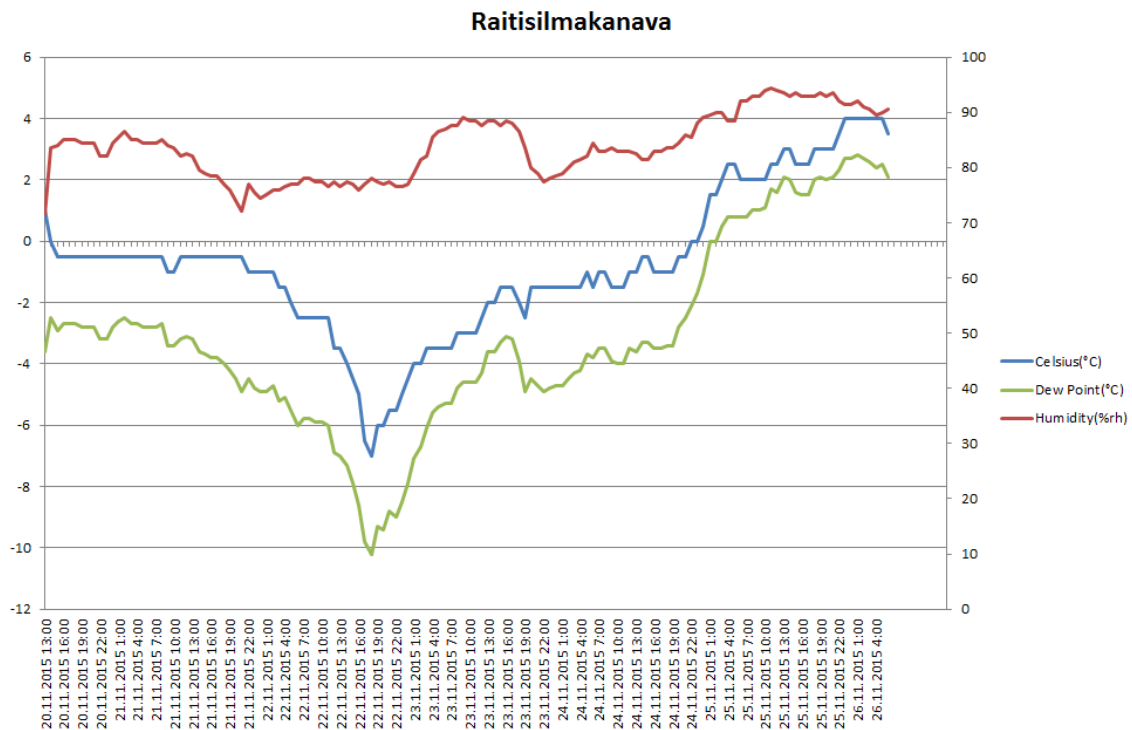
Konserttisali 2/2



KUVA 10 Mittaustulokset konserttisalista

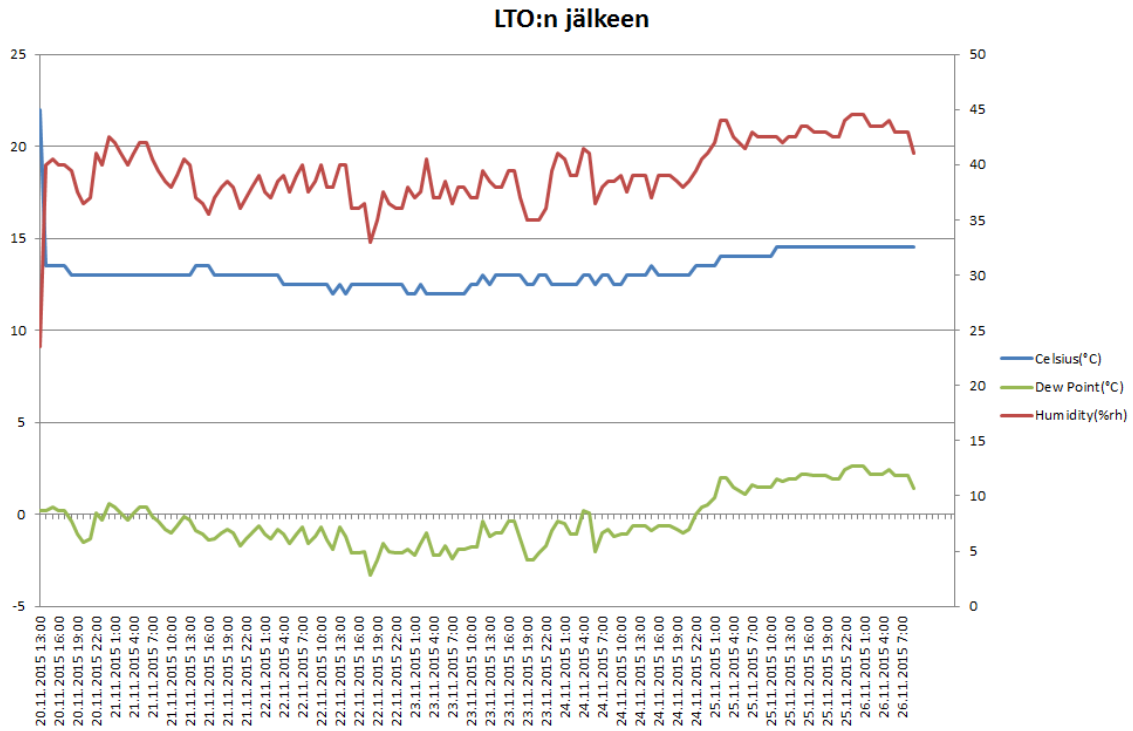
4.2.2 TK 59 ja urkusali

Kuvassa 11 on esitetty koneen raitisilmakanavasta saadut mittaustulokset.



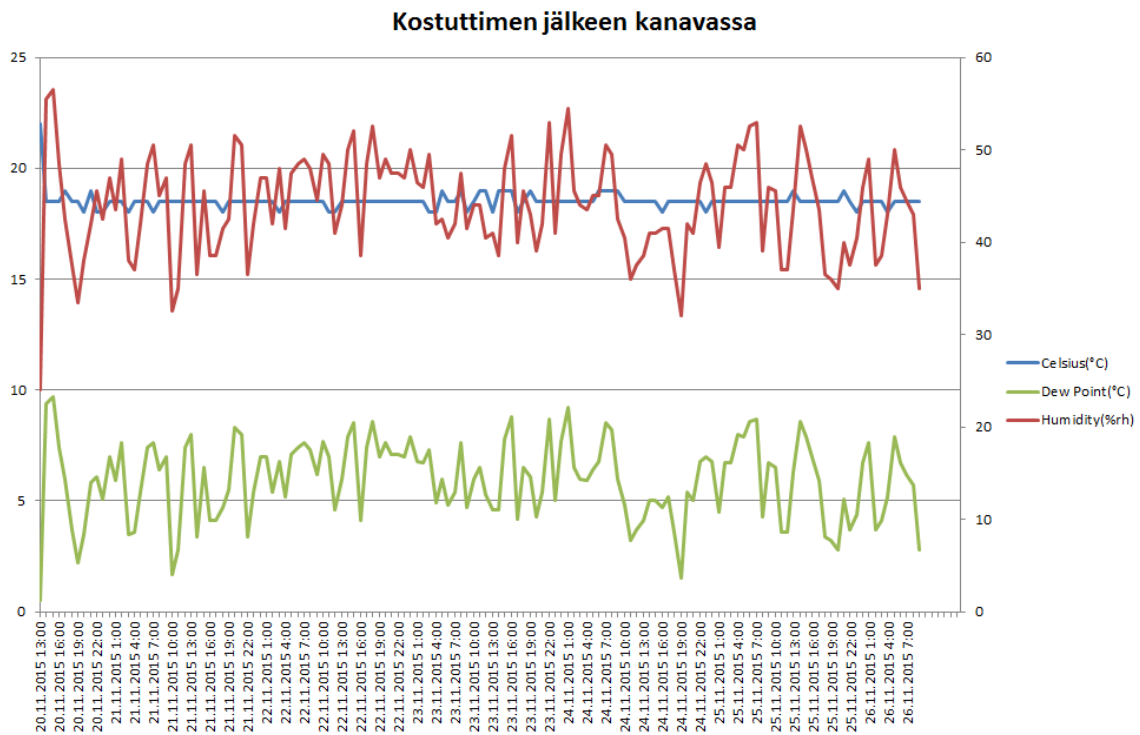
KUVA 11 Mittaustulokset raitisilmakanavasta

Kuvassa 12 on esitetty mittaustulokset lämmöntalteenottolaitteen jälkeen kanavaan sijoitetusta mittarista.



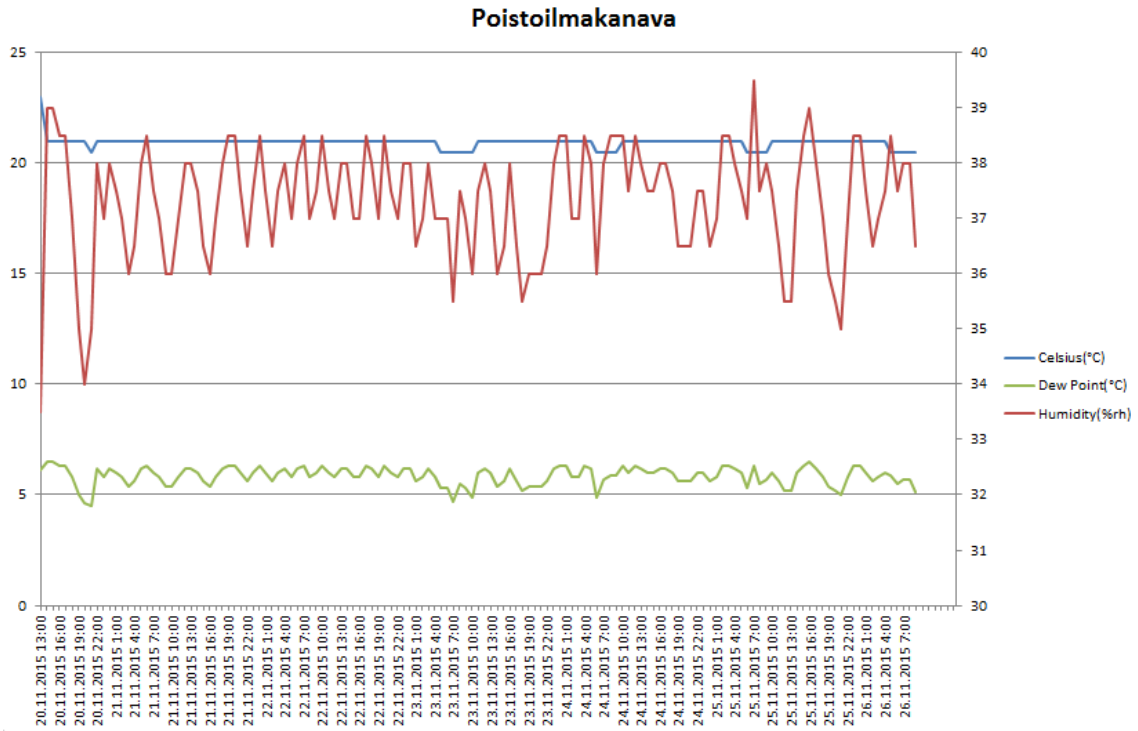
KUVA 12 Mittaustulokset lämmöntalteenottolaitteen jälkeen

Kuvassa 13 on esitetty mittaustulokset, jotka on otettu heti kostuttimen jälkeen kanavasta.



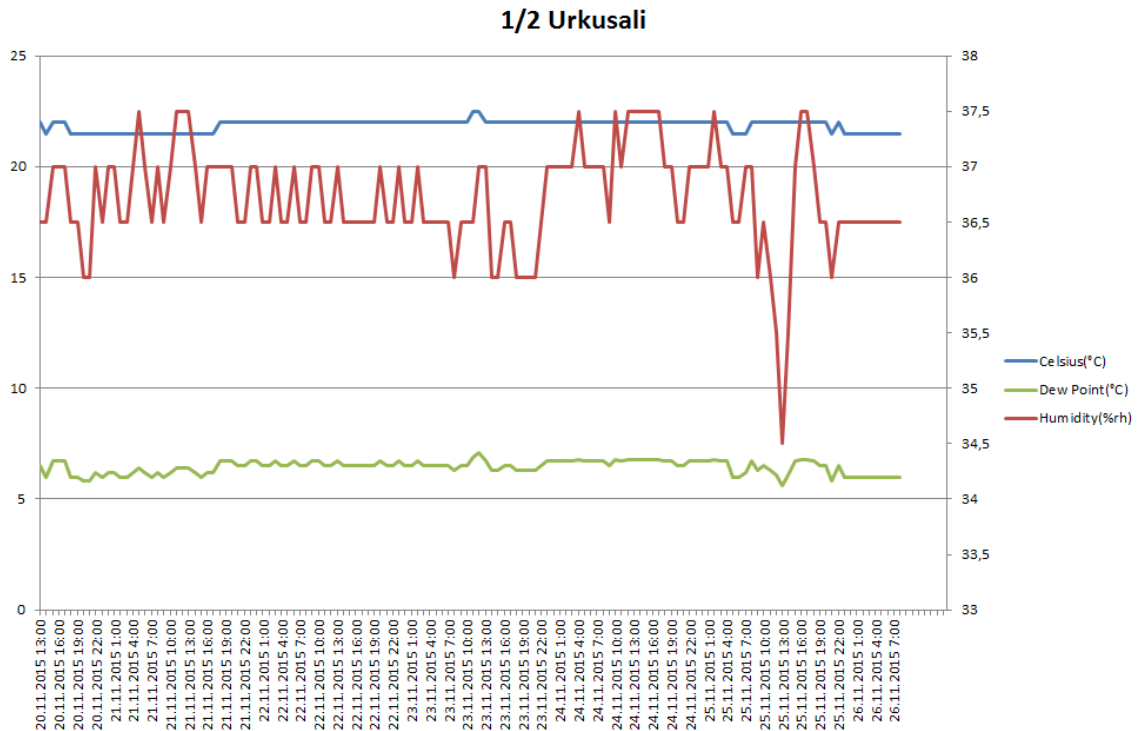
KUVA 13 Mittaustulokset kostuttimen jälkeen

Kuvassa 14 on esitetty poistoilmakanavasta saadut mittaustulokset.

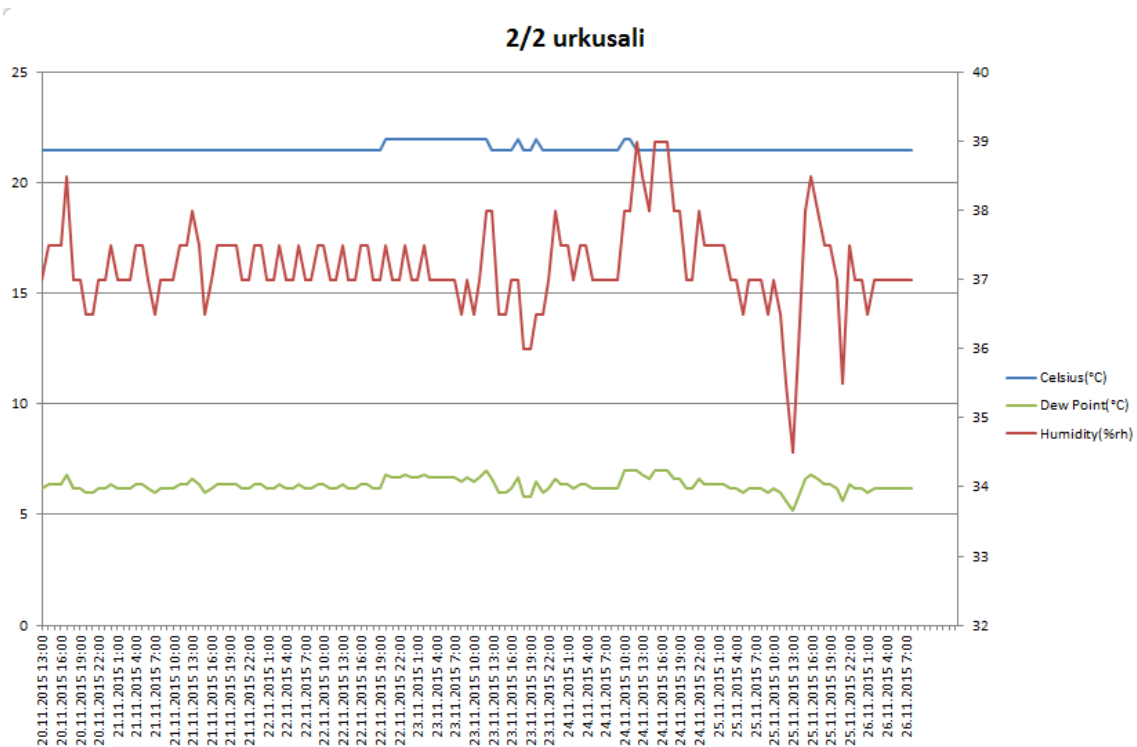


KUVA 14 Mittaustulokset poistoilmakanavasta

Kuvissa 15 ja 16 on esitetty urkusalista kahdesta eri paikasta otetut mittaustulokset.



KUVA 15 Mittaustulokset urkusalista



KUVA 16 Mittaustulokset urkusalista

4.3 Mittaustulosten analysointi

Mittaustuloksista voidaan nähdä, että tiloissa suhteellinen kosteus vaihtelee ± 5 % halutusta 37 %:n suhteellisesta kosteudesta. Kastepistelämpötiloja tarkasteltaessa voitiin todeta, että kastepistelämpötila ei alitu missään tilanteessa, mutta lähimpänä alittuminen on raitisilmakanavassa.

Mittaustuloksista saatiin tarvittavat tiedot, jotta voitiin selvittää laskemalla lämmöntalteenottokennon sen hetkiset lämpötila- ja kosteushyötysuhteet. Hyötysuhteet saatiin laskettua käyttämällä kaavoja 1 ja 2. Koneiden lasketut hyötysuhteet on esitetty taulukossa 1.

$$\eta_{kost} = \frac{x_{LTO} - x_{raitis}}{x_{poisto} - x_{raitis}}$$

KAAVA 1

x_{LTO} = Lämmöntalteenottokennon jälkeisen ilman kosteussisältö

x_{raitis} = Ulkoilman kosteussisältö

x_{poisto} = Poistoilman kosteussisältö

$$\eta_{Lämpötila} = \frac{T_{LTO} - T_{raitis}}{T_{poisto} - T_{raitis}}$$

KAAVA 2

T_{LTO} = Lämmöntalteenottokennon jälkeisen ilman lämpötila

T_{raitis} = Ulkoilman lämpötila

T_{poisto} = Poistoilman lämpötila

TAULUKKO 1 Koneiden lasketut hyötysuhteet

	Kosteushyötysuhde	Lämpötilahyötysuhde
TK 57	0,1	0,62
TK 59	0,21	0,64

Mittaustuloksista saatuja lämpötilahyötysuhteita käytettiin energiankulutuslaskelmissa, jotta tulokset olisivat mahdollisimman todenmukaiset. Molempien koneiden lasketut kosteushyötysuhteet olivat todella alhaiset. Alhaiset tulokset johtuivat siitä, että mittaushetkellä ulkoilman suhteellinen kosteus oli hyvin suuri. Hyvin kosteaan ulkoilmaan on vaikea sitoa lisää kosteutta ja tästä syystä LTO:n kosteushyötysuhde kärsii. Tämän vuoksi tuloksia ei voitu käyttää hyväksi energiankulutuslaskelmia tehtäessä. Sen sijaan laskuissa käytettiin LTO:n kosteushyötysuhteena 0,6.

5 ENERGIANKULUTUS

5.1 Laskentamenetelmä ja kaavat

Laskentapohjana käytettiin ilmatieteenlaitoksen tekemää säätietotaulukkoa (taulukko 2), jossa on ilmoitettu ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus tunnin välein vuoden ajan.

TAULUKKO 2 Vuoden 1984 säätiedot tunneittain

Aika-askel	Vuosi	Kuukausi	Päivä	Aika	Lämpötila	Suhteellinen_kosteus
Tidssteg	År	Månad	Dag	Tid	Temperatur	Relativ_fuktighet
Timestep	Year	Month	Day	Time	Temperature	Relative_humidity
1	1984	1	1	0	-6,6	88
2	1984	1	1	100	-6,4	89
3	1984	1	1	200	-6,2	89
4	1984	1	1	300	-6	89
5	1984	1	1	400	-5,8	90
6	1984	1	1	500	-5,7	90
7	1984	1	1	600	-5,7	91
8	1984	1	1	700	-5,7	91
9	1984	1	1	800	-5,8	92
10	1984	1	1	900	-5,9	92
11	1984	1	1	1000	-5,1	92
12	1984	1	1	1100	-4,4	93

Laskenta suoritettiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaikäyttäen. Aluksi laskettiin vesihöyryn kyllästymispaine kaavalla 3. Tämän jälkeen voitiin kyllästymispaineen avulla laskea vesihöyryn osapaine kaavalla 4, jossa φ on ilman suhteellinen kosteus. Vesihöyryn osapaineen avulla saatiin laskettua ilman kosteussisältö käyttäen kaavaa 5.

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

KAAVA 3

T = ilman ulkolämpötila kelvineinä.

$$p_h = \varphi * p_{hs} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$x = 0,6220 * \frac{p_h}{p-p_h}; p = 101325 \text{ Pa} \quad \text{KAAVA 5}$$

Seuraavaksi laskettiin etulämmityspatterin tarvitsema teho, jonka se tarvitsee lämmittääkseen tuloilman haluttuun lämpötilaan. Teho saatiin laskettua kaavalla 6 tuloilmavirran, ilman tiheyden, ilman ominaislämpökapasiteetin ja ulkoilman lämpötilan avulla.

$$\dot{Q}_{ELP} = q_v * \rho_i * c_{pi} * (-15 - T_{ulko}) \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\rho_i = \text{ilman tiheys} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{pi} = \text{ilman ominaislämpökapasiteetti} = 1 \frac{\text{kJ}}{(\text{kgK})}$$

Lämmöntalteenoton jälkeisen ilman lämpötila saatiin laskettua kaavalla 7. Kaavasta piti tehdä jos-kaava, koska ilman lämpötila LTO:n jälkeen ei voi olla korkeampi kuin sisäänpuhalluslämpötila ($T_{sp}=18 \text{ °C}$). Lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteena käytettiin mittaustuloksista laskettua sen hetkistä hyötysuhdetta.

$$T_{LTO} = JOS \left(T_{ulko} + \eta_{LTO}(21 - T_{ulko}) \right) > T_{sp}; T_{sp}; T_{ulko} + \eta_{LTO}(21 - T_{ulko})$$

KAAVA 7

Seuraavaksi laskettiin kaavalla 8, kuinka paljon lämmityspatteri tarvitsee tehoa lämmittääkseen LTO:n jälkeisen ilman haluttuun sisäänpuhalluslämpötilaan, joka tässä tapauksessa on 18 °C .

$$\dot{Q}_{LP} = q_v * \rho_i * c_{pi}(T_{sp} - T_{LTO}) \quad \text{KAAVA 8}$$

Tämän jälkeen laskettiin kaavalla 9, kuinka suuri kosteussisältö ilmalla on lämmöntalteenoton jälkeen, jotta voitiin laskea kostuttimen tarvitsema teho kaavalla 10. Tarvittavat kosteussisällöt saatiin kostean ilman Mollier-diagrammista lämpötilan ja suhteellisen kosteuden avulla.

$$x_{LTO} = x_{ulko} + \eta_{kost} * (x_{poisto} - x_{ulko}) \quad \text{KAAVA 9}$$

x_{ulko} = ulkoilman kosteussisältö

x_{poisto} = poistoilman kosteussisältö

η_{kost} = kostuttimen hyötysuhde

$$\Phi_{kost} = q_v * \rho_i * (x_{sp} - x_{LTO}) * h_{höyry} \quad \text{KAAVA 10}$$

$h_{höyry}$ = vesihöyryn entalpia

5.2 Tulokset

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty ilmastointikoneiden TK 57 ja TK 59 energiankulukset vuoden ajalta sekä esilämmityspattereiden asetuslämpötilojen vaikutukset energiankulutukseen. Vertailun vuoksi energiankulutus laskettiin neljää eri sisäilman kosteusprosenttia käyttäen. Tämän hetkellä 37 prosentin suhteellisella sisäilman kosteudella koneen TK 57 energiankulutus on noin 365 MWh vuodessa. Jos sisäilman kosteutta laskettaisiin 7 prosentilla, kulutus laskisi noin 50 MWh. Tästä voidaan todeta, että pienikin muutos ilmastointilaitteissa vaikuttaa huomattavasti energiankulutukseen.

Esilämmityspatterin asetusarvon vaikutus energiankulutukseen on huomattavan suuri. Asetusarvon nostaminen -15 °C :sta -5 °C :seen nostaa ELP:n energiankulutuksen noin 6-kertaiseksi, mutta samalla lämmityspatterin energiankulutus laskee hieman. Lämmityspatterin energiankulutuksen lasku ei kuitenkaan ole tarpeeksi suuri, jotta asetusarvon nostaminen olisi kannattavaa. Tässä tapauksessa esilämmityspatterin tarvitsema energia kasvaa noin 16–17 prosenttiin koko koneen tarvitsemasta energiasta, kun se aikaisemmin oli noin 3 prosenttia.

TAULUKKO 3 Koneen TK57 energiankulutus

Kosteus(%)	Energiankulutus(kWh)			YHT(kWh)	YHT(MWh)
	Kostutin	ELP	LP		
30	59237	57847	197999	315083	315
35	89069	57847	197999	344915	345
37	109567	57847	197999	365413	365
40	118097	57847	197999	373943	374
Esilämmityspatterin asetuslämpötilan vaikutus energiankulutukseen (kWh)					
	Kostutin (37%)	ELP	LP	YHT	
-5	109567	57847	197999	365413	
-10	109567	24870	210530	344967	
-15	109567	9924	216209	335700	

TAULUKKO 4 Koneen TK 59 energiankulutus

Kosteus(%)	Energiankulutus(kWh)			YHT(kWh)	YHT(MWh)
	Kostutin	ELP	LP		
30	58119	56755	177059	291933	292
35	87389	56755	177059	321203	321
37	107500	56755	177059	341314	341
40	115869	56755	177059	349682	350
Esilämmityspatterin asetuslämpötilan vaikutus energiankulutukseen (kWh)					
	Kostutin (37%)	ELP	LP	YHT	
-5	107500	56755	177059	341314	
-10	107500	24401	188706	320607	
-15	107500	9737	193985	311222	

Lopuksi työssä laskettiin myös, kuinka paljon energiaa ilmastointikone TK 59 kuluttaisi, jos LTO:n kosteushyötysuhteena käytettäisiin mittaustulosten perusteella laskettua hyötysuhdetta 0,21. Hyötysuhteella 0,21 ilmankostuttimen energiankulutus kasvaisi 107500:sta 212 313:een, eli kasvu olisi noin kaksinkertainen (taulukko 5).

TAULUKKO 5 Koneen TK 59 energiankulutus eri hyötysuhteilla

Energiankulutus LTO:n eri kosteushyötysuhteilla (kWh)				
Hyötysuhde	Kostutin	ELP	LP	Yhteensä
0,6	107500	56755	177059	341314
0,4	161250	56755	177059	395064
0,21	212313	56755	177059	446127

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että mitä suurempi kostutustarve on, sitä suurempi on myös energiankulutus. Tällä hetkellä tilojen suhteellisena kosteutena pidetään 37 prosenttia ja kulutus on noin 365 MWh vuodessa. Koska soittimet vaativat 30 - 50 prosentin suhteellisen sisäilman kosteuden pysyäkseen toimintakunnossa, olisi teoriassa mahdollista laskea kosteus 30 prosenttiin. Tällöin kulutus olisi noin 315 MWh:a ja säästöä syntyisi noin 50 MWh vuodessa.

Esilämmityspatterin asetusarvon nostaminen -15 °C :sta -5 °C :seen nostaa ELP:n energiankulutuksen noin 6-kertaiseksi, mutta samalla lämmityspatterin energiankulutus laskee hieman. Lämmityspatterin energiankulutuksen lasku ei kuitenkaan ole riittävä, jotta asetusarvon nostaminen olisi kannattavaa. Tämän perusteella energiankulutuksen kannalta olisi kannattavinta pitää esilämmityspatterin asetusarvo -15 °C :ssa.

Tässä työssä osa mittausten perusteella lasketuista hyötysuhteista oli käyttökelvottomia, koska sääolot mittausten aikana olivat epäsuotuisat. Tämän vuoksi mittauksia olisi pitänyt suorittaa useampia konetta kohden. Mittaukset olisivat voineet olla pidempijaksoisia ja sijoittua eri vuodenajoille, jotta tulokset olisivat olleet tarkempia.

7 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli selvittää ilmankostuttimien aiheuttamat energiankulutukset kahdessa Oulun ammattikorkeakoulun ilmastointikoneessa. Lisäksi selvitettiin kuinka paljon esilämmityspatterin eri asetustilat vaikuttavat energiankulutukseen. Työssä pyrittiin myös selvittämään aiheuttaako kostutus mahdollisesti kastepisteen alittumista rakenteissa ja ilmastointikanavissa.

Laskelmat suoritettiin Microsoft Excel-tilukkolaskentaohjelmalla ja laskentapohjana käytettiin ilmatieteenlaitoksen tekemää säätietotaulukkoa. Työssä otettiin myös selvää koneiden ja tilojen sen hetkisestä tilanteesta tekemällä lämpötila- ja kosteusmittauksia.

Mittausten perusteella kastepistelämpötila ei alittunut IV-koneissa eikä myöskään rakenteissa. Laskelmien perusteella voitiin todeta, että ilman kostuttaminen vaikuttaa energiankulutukseen huomattavasti. Kymmenen prosentin nousu ilmankostutuksen tarpeessa aiheuttaa kostuttimen energiankulutuksen tuplaantumisen. Laskelmien perusteella havaittiin myös, että esilämmityspatterin asetustilavien nostaminen lisää energiankulutusta, vaikka samalla lämmityspatterin energiankulutus laskee. Lämmityspatterin energiankulutuksen lasku ei ollut tässä tapauksessa riittävää, jotta ELP:n asetustilavien nostaminen olisi kannattavaa energiankulutuksen kannalta.

LÄHTEET

1. Ilmankostutusopas,
(<http://www.ufox.fi/upload/docs/ilmankostutusopas.pdf>)
2. Fläkt Woods tekninen käsikirja, Ilmankäsittelykoneet 2010. Fläkt Woods Oy. 2010.
3. D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 12.2.2016.
4. Koskela, Hannu – Säteri, Jorma 2014. Sisäilmasto. Teoksessa Sandberg, Esa (toim.). Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Kustannuspaikka: Tampere: Tammerprint.
5. Seppänen, Matti – Seppänen Olli 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
6. Piano ja säätila – Pianonvirittäjät.net, Saatavissa: <http://pianonvirittajat.net/pianojasaa.php> Hakupäivä: 16.3.2016

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Matias Heinonen, t2hema00@students.oamk.fi

Tilaaaja OAMK Tekniikan yksikkö

Janne Räihä

Työn nimi Kostutus ilmastoinnissa

Työn kuvaus OAMK:n kulttuuriosastolla on urut ja flyygeleitä, jotka edellyttävät sisäilman suhteellisen kosteuden hallintaa. Tästä syystä kahdessa ilmastointikoneessa on myös kostutin.

Tässä työssä selvitetään laskennallisesti, paljonko kostutus lisää energiankulutusta. Työssä seurataan tulo- ja poistoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvoja eri sääoloissa sekä lämmöntalteenoton lämpötila- ja kosteussuhdetta.

Työssä tarkastellaan alittuuko rakenteissa tai ilmastointikanavissa kastepistelämpötila talvisaikaan.

Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on selvittää kostutuksen aiheuttama energiankulutus OAMK:n kulttuuriosaston kahdessa ilmastointikoneessa. Lisäksi selvitetään, aiheuttaako kostutus mahdollisesti kastepisteen alittumista rakenteissa ja ilmastointikanavissa. Selvitetään myös mahdollisuutta alentaa sisäilman tavoitekosteutta.

Tavoiteaikataulu

ilmastointijärjestelmään tutustuminen lokakuun 2015 loppuun mennessä

Energiankulutuslaskelma excelillä marraskuun 2015 loppuun mennessä

LTO:n lämpötila- ja kosteussuhteen seuranta ja kastepisteen mahdollisen alittumisen seuranta helmikuun 2016 loppuun mennessä

Loppuraportti valmis maaliskuun 2016 loppuun mennessä

Janne Räihä

Matias Heinonen

