

Perttu Miettinen

VIRKISTYSKYLPYLÄN VESILAITTEIDEN VAIKUTUS
ALLASVEDEN HAIHDUNTAAN

Energiatekniikan koulutusohjelma

2009

ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia virkistyskylpylän allashuoneesta eri käyttötilanteissa haihtuvaa vesihöyrykuormaa ja ratkaista ns. Daltonin yhtälöstä haihduntakerroin ϵ . Tässä työssä keskityttiin kylpylän vesilaitteiden, kuten vesiliukumäki, virtaukset, hierontalaitteet ja vesiputoukset, vaikutukseen haihdunnassa. Työ on jatkoa Sami Alastalon Satakunnan ammattikorkeakoulussa vuonna 2006 tekemälle tutkimukselle: uimahallien ilmanvaihdon mitoitusselvitys, jossa tutkittiin edellä mainittuja asioita uimahalleissa vesilaitteiden vaikutusta lukuun ottamatta.

Mittaukset suoritettiin Pohjois-Suomessa sijaitsevassa virkistyskylpylässä talvella 2008 ja keväällä 2009.

Työ oli mielestäni hyvin mielenkiintoinen ja alusta asti oli hyvin selvillä työn tarkoitus ja päämäärä. Työ antoi minulle paljon uutta ja käytännönläheistä tietoa ilmanvaihtojärjestelmistä, kylpylän ilmanvaihdon erityispiirteistä ja ennen kaikkea kylpylöiden ilmanvaihdon ongelmakohdista.

Haluan kiittää Esa Sandbergia työn järjestämisestä ja työn tilaajaa Ismo Montosta mittausten järjestämisestä ja todella hyvistä neuvoista tutkimusta tehdessä. Kiitokset myös Aimtec Oy:lle, joka lainasi tutkimusta varten KIMO –mittarit.

Porissa toukokuussa 2009

Perttu Miettinen

VIRKISTYSKYLPYLÄN VESILAITTEIDEN VAIKUTUS ALLASVEDEN HAIHDUNTAAN

Miettinen, Perttu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Pori
Energiatekniikan koulutusohjelma
Työn teettäjä: Minteol Oy, Ismo Montonen
Toukokuu 2009
Työn ohjaaja: Yliopettaja Esa Sandberg
UDK: 697.9
Sivumäärä: 68

Asiasanat: Lämpötila, kosteus, haihdunta

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää kylpylän allashuoneessa olevien vesilaitteiden aiheuttama kokonaishaihdunta sekä erikseen vesilaiteryhmien aiheuttama haihdunta. Tuloksia verrattiin osittain saksalaiseen VDI-2089 -mitoitushjeeseen.

Kylpylöiden ja uimahallien ilmanvaihdon ja kosteudenpoiston mitoittamiseksi on tiedettävä allashuoneessa tapahtuva haihdunta, johon vaikuttavat huomattavasti allashuoneen vesilaitteet, kuten vesiliukumäet, virtaukset, hierontalaitteet ja vesiputoukset.

Mittauskohteena olevassa virkistyskylpylässä mitattiin allashuoneen poisto- ja tuolilmavirrat ja niiden lämpötilat ja kosteudet. Allashuoneesta mitattiin myös useasta kohtaa ilman lämpötilat ja kosteudet. Mittausten perusteella laskettiin ns. Daltonin kaavasta kokemusperäinen haihduntakerroin ϵ . Mittaukset suoritettiin 2008 joulukuussa ja 2009 helmikuussa.

Tulokset poikkeavat hieman VDI-2089 –mitoitushjeen arvoista, mutta suuntaa antavina arvoina tämän opinnäytetyön tuloksia voidaan pitää. Mittauskohdetta ja sen ilmanvaihtolaitteiston heikkoa toimintaa voidaan pitää syynä poikkeaviin ja epäluotettaviin arvoihin.

EFFECT OF SPA APPLIANCES ON POOL WATER EVAPORATION

Miettinen, Perttu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Engineering

Comissioned by: Minteol Oy, Ismo Montonen

May 2009

Supervisor: Principal Lecturer Esa Sandberg

UDC: 697.9

Number of Pages: 68

Key Words: Temperature, humidity, evaporation

The purpose of this thesis was to study the water vapour load from the water appliances in a spa's pool room and the evaporation produced by groups of appliances. The results were partly compared to VDI-2089 instructions for dimensioning.

For dimensioning the ventilation and humidity extraction in spas and swimming halls one has to know evaporation of the pool room, which is affected by the pool rooms appliances such as waterslides, flows, massage devices and waterfalls.

Supply and exhaust air flows, temperature and humidity were measured in the pool room. Air temperature and humidity were also measured in many places in the pool room. According to measurement results, empirical evaporation coefficient was calculated from the so called Dalton's formula. The measurements were done during December 2008 – February 2009.

The results deviate a bit from the coefficients of VDI-2089 instructions, but the calculated coefficients in this final year thesis can be considered as indicative. The weak functioning of the ventilation of the measured target can be the reason of deviant and unreliable results.

MERKINNÄT

lyhenne	selite	yksikkö
q_m	Kuivan ilman massavirta	kg k.i./s tai kg k.i./h
q_{mvh}	Vesihöyryn massavirta	g H ₂ O/h tai kg H ₂ O/h
q_{mW}	Allashuoneesta haihtuva vesihöyry	g H ₂ O/h tai kg H ₂ O/h
q_v	Ilman tilavuusvirta	m ³ /s tai m ³ /h
t_k	Ilman kuivalämpötila	°C
t_m	Ilman märkälämpötila	°C
P_h	Vesihöyryn osapaine	Pa
P_{hs}	Kylläisen vesihöyryn osapaine	Pa
v	Ilman nopeus	m/s
x	Ilman absoluuttinen kosteus	kg H ₂ O/m ³
x	Ilman absoluuttinen kosteus (sekoitussuhde)	kg H ₂ O/kg k.i.
ρ_k	Ilman tiheys	kg/m ³
φ	Ilman suhteellinen kosteus	%RH
A	Pinta-ala	m ²
ε	Haihduntakerroin	g H ₂ O/m ² hPa

ESIPUHE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

MERKINNÄT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	KYLPYLÖIDEN JA UIMAHALLIEN ILMANVAIHTO.....	10
	2.1 Ilmalämmitys	11
	2.2 Lämmöntalteenotto poistoilmasta.....	11
	2.2.1 Regeneratiiviset laitteet.....	12
	2.2.2 Lämpöpumppujärjestelmä.....	12
	2.2.3 Rekuperatiiviset laitteet.....	13
3	HAIHTUMINEN.....	14
	3.1 Haihdunta ilmiönä.....	14
	3.2 Haihdunta kylpylöissä.....	15
4	MITTAUSKOHDDE	17
5	MITTAUKSET	22
	5.1 Ilmavirtamittaukset	22
	5.2 Kosteusmittaukset.....	23
	5.3 Mittarit	24
	5.4 Mittareiden vertailu.....	27
	5.5 Laskelmissa käytetyt kaavat	28
6	MITTAUSTULOKSET.....	30
	6.1 Käytön ajan mittaukset	32
	6.2 Lepoajan mittaukset.....	33

6.3 Ryhmän 1 mittaukset	33
6.4 Ryhmän 2 mittaukset	34
6.5 Ryhmän 3 mittaukset	35
7 YHTEENVETO	37
7.1 Yhteenveto tuloksista.....	37
7.2 Johtopäätökset.....	38
LIITTEET	41

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa Sosiaali- ja terveysministeriön sekä Opetusministeriön rahoittamaa tutkimusta, jossa pyritään selvittämään yhteiset ohjeet kylpylöiden ja uimahallien ilmanvaihdon mitoittamiseksi.

Tutkimusta on tehty aikaisemmin uimahallien ilmastoinnin mitoittamisesta sekä uimahallien ja kylpylöiden ilman epäpuhtauksista ja terveysvaikutuksista. Tässä työssä käsitellään kylpylän altaiden aiheuttamaa veden haihduntaa sekä eri haihduntaa aiheuttavien vesilaitteiden vaikutusta kokonashaihduntaan. Uimahallien ilmastoinnin mitoittamisesta tutkimuksen on vuonna 2006 tehnyt Sami Alastalo. Tämä tutkimus oli myös opinnäytetyö muotoinen ja siinä selvitettiin haihduntakertoimet kahdessa uimahallissa. Käytön aikaiset ja lepoajan tulokset olivat melko lähellä saksalaisen VDI-2089 1994 mitoitusohjeen arvoja. (Alastalo, 2006)

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kylpylän allashuoneessa muodostuva vesihöyrykuorma eri tilanteissa. Mittaukset tehtiin kylpylän käytön aikana, yöllä lepoaikana ja yöllä pelkästään eri laiteryhmiä käytettäessä. Tavoitteena oli selvittää laiteryhmiä pelkästään aiheuttama haihdunta. Laskelmia varten oli mitattava allashuoneeseen tulevien ja poistuvien ilmavirtojen kuljettamien vesihöyrymäärien erotus, allasveden lämpötila sekä allashuoneen ilman kosteus ja lämpötila. Mittaustulosten perusteella voitiin ratkaista haihduntakerroin ϵ ns. Daltonin kaavasta (VDI-2089 1994, 6)

$$q_{mW} = \epsilon A (P_{hs} - P_h) \quad (1)$$

q_{mW} on allashuoneesta haihtuvan vesihöyryn määrä gH₂O/h

A on uima-altaan pinta-ala

P_{hs} on kylläisen vesihöyryn osapaine allasveden lämpötilassa hPa

P_h on allashuoneen ilman vesihöyryn osapaine hPa

ϵ on kokemusperäinen haihduntakerroin gH₂O/m²hPa

Haihduntakertoimen selvittäminen virkistuskylpylöiden osalta on tarpeellista tulevaisuudessa rakennettavien ja saneerattavien kylpylöiden allashuoneiden ilmanvaihdon

mitoittamisessa. Oikein mitoitettu ilmanvaihto takaa allashuoneessa oleville ihmisille mahdollisimman terveelliset ja viihtyisät olosuhteet.

Tätä tutkimusta ei voida pitää onnistuneena mitattavana olleen kylpylän teknisten ongelmien vuoksi, joten tulevaisuudessa olisi kylpylöidenkin osalta tehtävä lisätutkimuksia. Luotettavan tutkimuksen tekemiseen tarvitaan kylpylä, jossa ilmanvaihto on ajanmukainen ja toimiva. Tässä tutkimuksessa kului liian paljon aikaa kohdekylpylän teknisten ongelmien ratkaisemiseen, eikä lisätutkimuksia voitu tehdä aikataulun ja kylpylän kaukaisen sijainnin vuoksi.

2 KYLPYLÖIDEN JA UIMAHALLIEN ILMANVAIHTO

Kylpylöiden ilmanvaihto poikkeaa tavallisista rakennuksista, koska kylpylöiden ilma on tavallista huoneilmaa lämpimämpää ja kosteampaa. Allashuoneiden ilman lämpötila on noin 30 °C ja suhteellinen ilman kosteus on 50-60 % RH. (Lehtinen ym. 2003, 15) Ilmassa on myös terveydelle haitallisia aineita, joiden poistaminen tulee olla tehokasta. Ilman korkean lämpötilan ja kosteuden takia lämmöntalteenotto on erityisen kannattavaa.

Kylpylöiden allastilojen ilmastointi on mitoitettava siten, että se poistaa kosteutta märiltä pinnoilta, pitää ilman lämpötilan halutussa arvossa talven lämmityskaudella sekä kesän yllämpötilanteissa ja poistaa uima-allasvedestä haihtuvat epäpuhtaudet, kuten orgaaniset halogeeniyhdisteet ja bakteerit. (LVI-06-10188, 6) Ilmanvaihdon suunnittelussa uimareiden terveys ja viihtyvyys on kuitenkin ensimmäinen lähtökohhta. Uimarit ovat allashuoneessa vähissä vaatteissa ja heidän ihonsa on märkä, joten viihtyvyystekijät, kuten vedon tunne ja lämpötila, korostuvat. Etenkin ikkunoiden läheisyydessä on yleensä suuret kylmät pinnat ja virtausnopeudet. Ikkunoita pyritään yleensä suojaamaan puhaltamalla niihin ilmaa huurtumisen ja kondensoitumisen estämiseksi. Viihtyvyystekijöiden takia kylpylöiden ilman lämpötila tulisi olla 2-3 °C allasvettä lämpimämpää. Tällöin myös allasveden haihdunta ilmaan pienenee. (Lehtinen ym. 2003, 41) Allashuoneessa tavoitteellinen kosteus on 50-60 % RH viihtyvyystekijöiden vuoksi ja kosteuden rakenteisiin tiivistymisen estämiseksi. (Lehtinen ym. 2003,15)

Uimahallien ja kylpylöiden eri tilat on osastoitava siten, että tilojen sisäilmat eivät pääse sekoittumaan hallitsemattomasti. Osastoinnin avulla eri tiloissa voidaan pitää oikeita kosteus- ja lämpötila-arvoja, jolloin eri tiloissa on sen käyttötarkoitukseen nähden hyvät olosuhteet. Periaatteena on, että ilma liikkuu aina kuivista tiloista kosteampiin tiloihin eli allashuoneen tulisi aina olla alipaineinen muihin tiloihin ja ulkoilmaan nähden. (Lehtinen ym. 2003,51)

2.1 Ilmalämmitys

Tavallisesti uimahallit ja kylpylät lämmitetään ilmalämmityksellä, vaikka se ei ole viihtyisyyden kannalta paras ratkaisu vetoisuuden takia. Kokonaistaloudeltaan se on kuitenkin kannattavin, koska kylpylöissä vaaditaan kosteudenhallinnan takia suuria ilmavirtoja. Patterilämmitys ei ole vaihtoehto korroosion takia, mutta lattialämmitys on viihtyvyyden kannalta hyvä ratkaisu. (LVI-06-10188, 2) Ilmalämmityksen avulla voidaan helposti siirtää rakennuksen sisäisiä ja ulkoisten tekijöiden aiheuttamia lämpökuormia, kuten auringon säteilyn aiheuttamaa yllilämpöä. Varsinkin kesäaikaan kylpylöiden allashuoneisiin tulee auringon säteilyä suurten ikkunapintojen takia. Ilmalämmityspatteri toimii myös alhaisemmalla primäärienenergian lämpötiloilla, joten siinä voidaan hyödyntää matalalämpötilaisia lämmönlähteitä. Kylpylöissä ilmalämmityskoneen aiheuttama melu ei ole niin haitallista kuin esimerkiksi asuintiloissa. (Seppänen ym. 2004, 157)

2.2 Lämmöntalteenotto poistoilmasta

Lämmöntalteenotto on erityisen kannattavaa uimahalleissa ja kylpylöissä, joiden allastilojen sisälämpötila ja ilman kosteus ovat suuria. Tällöin lämpötilaero lämpöä luovuttavan ja vastaanottavan virran välillä on suuri. Ilmalämmitteisessä tilassa suuri osa ilmasta kierrätetään takaisin ilmanvaihtokoneeseen poistoilman mukana, joten lämmöntalteenotto on helppo rakentaa tehokkaaksi. (Seppänen ym. 2004, 188) Tavallisesti kylpylöiden allashuoneiden sisälämpötila käytön aikana on noin 30 °C ja ilman suhteellinen kosteus noin 60 % RH, jolloin ilman entalpia on 70 kJ/kg k.i., joten ero tavalliseen asuinhuoneistoon on merkittävä. (Mollier (i-x)-hx-diagrammi)

Poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmät jaetaan regeneratiivisiin ja rekuperatiivisiin järjestelmiin, mutta lämpöpumppuja voidaan myös käyttää lämmöntalteenottoilteena. Rekuperatiivinen järjestelmä siirtää lämmön suoraan poistoilmasta tuloilmaan ilmavirrat erottavien levyjen lävitse. Regeneratiivisessä järjestelmässä lämpö siirtyy lämpöä varaavien massojen välillä jäähtyessä ja lämmitessä tulo- ja poistoilmavirrassa. (Seppänen ym. 2004, 188)

2.2.1 Regeneratiiviset laitteet

Pyörivä lämmöntalteenottolaite on regeneratiivinen lämmönsiirrin. Sen tulo- ja poistoilmavirtojen välillä pyörivä kiekko varaa lämpöä poistoilmasta ja siirtää sen tuloilmaan. Pyörivä lämmönsiirrin poikkeaa rekuperatiivisista laitteista siten, että se siirtää ilmavirtojen välillä kosteutta ja muita aineita, joten sitä ei voida käyttää puhtausta vaativissa tiloissa. Pyörivän kiekon materiaalilla voidaan vaikuttaa lämmönsiirtimen ominaisuuksiin. Kiekko voidaan esimerkiksi tehdä materiaalista, joka ei absorboi kosteutta. Pyörivällä lämmöntalteenottolaitteella voidaan saavuttaa 80 % hyötysuhde ja sitä voidaan säätää kiekon pyörimisnopeutta muuttamalla. (Seppänen ym. 1996, 288)

Virtausta vaihtava järjestelmä on myös regeneratiivinen lämpöä varaava järjestelmä. Järjestelmässä on kaksi kiinteää massaa, jotka vuorotellen lämpenevät ja jäähtyvät. Poisto- ja tuloilma johdetaan vuorotellen eri massoihin sulkupeltien avulla, jolloin toiminta saadaan jatkuvaksi. Myös massoja voidaan liikuttaa ilmavirtojen välillä. Hyötysuhde riippuu jakson pituudesta ja mahdollisimman lyhyellä jaksolla hyötysuhde on jopa 80 %. (Seppänen ym. 1996, 289)

2.2.2 Lämpöpumppujärjestelmä

Lämpöpumppuja voidaan käyttää lämmöntalteenotossa. Poistoilmavirtaan sijoitetaan höyrystin ja tuloilmavirtaan tai muuhun lämmönkäyttökohteeseen sijoitetaan lauhdutin. Lauhduttimen lämpötila voidaan nostaa jopa 40 °C:een, jolloin lämpöä voidaan käyttää tuloilman lämmityksen lisäksi myös muuhun käyttökohteeseen. Käyttökohteita voi olla esimerkiksi käyttöveden lämmitys ja lämmityspiiri. Lämpöpumppujärjestelmä on tämän vuoksi erityisen toimiva rakennuksissa, joissa ei ole koneellista tuloilmajärjestelmää. Järjestelmää voidaan käyttää jäähdytykseen ja se voidaan asentaa saneerauskohteisiin ilman ilmanvaihtojärjestelmän uusimista. Ulkoilman lämpötilaan verrattuna hyötysuhde on yli 100 %, mutta lämpöpumppujärjestelmän tehok-

kuutta tarkastellaan lämpökertoimen avulla, joka on saadun lämpötehon ja käytetyn sähkötehon suhde. (Seppänen ym. 1996, 290)

2.2.3 Rekuperatiiviset laitteet

Suorissa rekuperatiivisissä lämmönsiirtimissä lämpöenergia siirtyy ilmavirtojen välillä risti-, myötä- tai vastavirtauksessa. Lämpöteknisesti paras vaihtoehto on vastavirtaus, mutta käytännön syistä ristivirtaus on yleisimmin käytetty. Levylämmönsiirrin toimii ristivirtauksella, jossa tulo- ja poistoilmavirrat kulkee ristiin lamellien välitse ja joiden lävitse lämpö siirtyy kylmään tuloilmaan. Lämpötilahyötysuhde on 50-70 % ilmavirran mukaan. Se on suosittu toimintavarmuuden, yksinkertaisen rakenteen ja hinnan vuoksi. Levylämmönsiirtimessä ilmankosteus ja ilman epäpuhtaudet eivät siirry poistoilmasta tuloilmaan. (Seppänen ym. 1996, 286)

Nestekiertoinen lämmöntalteenottolaite on epäsuora rekuperatiivinen lämmönsiirrin, jossa ilmakehässä on lamellipatterit, joiden välillä lämpö siirtyy putkistoissa kiertävän vesi-etyleeniglykoliseoksen avulla. Lämpötilahyötysuhde on 45-60 % ja sitä voidaan muuttaa tehon säätämiseksi tai jäätymisen estämiseksi. (Seppänen ym. 1996, 287)

Toinen epäsuora rekuperatiivinen lämmönsiirrin on lämpöputkipatteri, jossa nesteputket on korvattu lämpöputkilla ja väliaineena toimii kylmäaine. Kylmäaine lauhtuu ja höyrystyy vuorotellen kylmässä ja lämpimässä patterissa. Lämpötilahyötysuhteeksi saavutetaan 50-80 %. (Seppänen ym. 1996, 288)

3 HAIHTUMINEN

Tässä kappaleessa käsitellään veden haihtumisesta ilmiönä sekä sen ilmenemistä ja vaikutuksia kylpylöissä.

3.1 Haihdunta ilmiönä

Veden olomuoto riippuu paineesta ja lämpötilasta. Haihtuminen on veden olomuodon muuttumista eli sen muuttumista nesteestä vesihöyryksi. Veden haihtuessa sen hiukkaset (molekyylit tai atomit) siirtyvät vedestä ilmaan. Vesi haihtuu veden ja ilman rajapinnalta. Samalla myös vesihöyryä tiivistyy takaisin vedeksi. Ilmavirta veden yläpuolella kuljettaa vesihöyryä pois, jolloin veden takaisin tiivistyminen on vähäistä. Vesihöyryä sanotaan kylläiseksi, kun haihtuminen ja tiivistyminen ovat yhtä suuria. Tällöin vesi-höyry rajapinnan läpi kulkee yhtä monta molekyylä molempiin suuntiin. (Koivusalo, ym. www-sivut 28.1.2009) Jos ilmaan yritetään saada lisää vesimolekyylejä, tapahtuu pisaroitumista ja syntyy sumua. (Koski ym. 1983, 183) Vesihöyryn ollessa kylläistä, sen suhteellinen kosteus on 100 % RH ja paine on saavuttanut arvon, jota kutsutaan kylläisen vesihöyryn paineeksi. (Lavonen ym. www-sivut 31.12.2008)

Haihtumista tapahtuu vain veden pinnalta, niin kauan, kun veden höyrynpaine on ulkoista painetta suurempi. Kun höyrynpaine laskee ulkoisen paineen tasolle, vettä haihtuu nesteen sisällä. Tällöin vesi kiehuu. Ympäristön olosuhteet määräävät kummalla tavalla muuttuminen tapahtuu, mutta kylpylöissä tapahtuu ainoastaan haihtumista. (Koivusalo, ym. www-sivut 28.1.2009)

Veden höyrystyminen tai haihtuminen vaatii energiaa. Näihin olomuodon muutoksiin liittyy latentti lämpö. Latentti lämpö kertoo olomuodon muutoksissa vapautuvan tai sitoutuvan energian määrän. (Hautala ym. 2002, 162)

Ilman kosteudella ilmaistaan kuivan ilman sisältämää vesimäärää eli ilman kosteus on kuivan ilman ja vesihöyryn seos. Ilman kosteudesta puhuttaessa käytetään käsitteitä absoluuttinen kosteus ja suhteellinen kosteus. Absoluuttiselta kosteudella tarkoitetaan ilmassa olevan vesihöyryn massaa tilavuusyksikköä kohden ja se on lähes suoraan verrannollinen vesihöyryn osapaineeseen. Suhteellisella kosteudella kerrotaan kuinka lähellä ilman absoluuttinen kosteus on prosentteina maksimikosteutta eli kyläistä vesihöyryä. Suhteellista kosteutta käytetään yleensä puhuttaessa sisäilman kosteudesta. (Hautala ym. 2002, 220)

Talvella ulkoilman absoluuttinen kosteus on pienempi kuin kesällä eli kylmä pakasilma sisältää vähemmän vettä kuin lämpimämpi ilma kesällä. Suhteellinen kosteus on kuitenkin talvella korkeampi kuin kesällä, koska kylläisen höyryn osapaine on pieni. Talvisin ongelmana on sisätilojen kuivuus, vaikka ulkona suhteellinen kosteus on korkea, sisälle tuotuna saman ilman suhteellinen kosteus on erittäin matala. Syynä tähän on ulko- ja sisälämpötilan suuri ero, koska sisällä kylläisen höyryn osapaine on huomattavasti korkeampi kuin ulkona. Laskelmat kannattaa tämän takia tehdä absoluuttista kosteutta käyttäen, jolloin lämpötilakorjausta ei tarvitse huomioida. (Hautala ym. 2002, 220)

Sisätilojen kosteuden tulisi olla mahdollisimman tasainen, sillä liian pieni kosteus aiheuttaa ihmisille hengitystieinfektioita ja liian suuri kosteus aiheuttaa rakenteisiin kosteusvaurioita, kuten sientä ja homeita. Ihanteellinen kosteus tavallisissa rakennuksissa tulisi olla 25-50 % RH. Kylpylöissä ja vastaavissa tiloissa kosteus on hieman korkeampi. (Hautala ym. 2002, 233)

3.2 Haihdunta kylpylöissä

Kylpylöiden allashuoneissa on suuri kosteuden tuotto altaiden ja märkien tilojen vuoksi. Käytön aikana haihdunta on suurempaa kuin yöaikana, koska päivällä tilassa on märkiä ihmisiä, liikettä altaissa ja altaita ympäröivät lattiat kastuvat, jolloin haihdunta lisääntyy. Kylpylöissä haihduntaa uimahalleihin verrattaessa lisäävät vesilaitteet, jotka aiheuttavat veden liikettä ja näin ollen haihduntaa. Haihdunnan määrään

vaikuttaa allasveden ja sisäilman lämpötilaero ja ilman virtausnopeudet märkien tilojen ja altaiden yläpuolella. Liiallinen haihdunta lisää energiankulutusta, joten allasveden lämpötila tulisi olla 2-3 °C matalampi kuin ilman lämpötilan, jolloin veden haihdunta pienenee. (Lehtinen ym. 2003,42)

Mahdollisimman korkea reuna lattian ja veden pinnan välillä vähentää haihduntaa, mutta tällöin ilman vaihtuvuus veden pinnalla heikkenee, joka vaikeuttaa uimareiden hengitystä. (Lehtinen ym. 2003,42) Haihduntaa voidaan vähentää esimerkiksi allashuoneen ilman vesisisältöä nostamalla, altaiden peittämisellä käyttöajan ulkopuolella tai alentamalla veden lämpötilaa. Vesisisällön nostaminen voi haiheuttaa kosteuden tiivistymistä ja heikentää ihmisten viihtyvyyttä. Allaslämpötilan laskemin heikentää myös osaltaan viihtyvyyttä. Ilmankuivainten käytöllä ilmaston energian kulutusta on mahdollista laskea. (LVI-06-10188, 6)

Kylpylän allashuoneessa tavoitteellinen kosteus on 50-55 % RH. Kylpylöiden kosteustasapaino on hoidettava ilmanvaihdolla. Allashuoneiden vesihöyryn kosteussisältö on aina suurempi kuin ulkoilman ja ilman kosteussisältö on huomattavasti tavallisen asuinrakennuksen sisäilmaa suurempi. (Lehtinen ym. 2003,43)

Vesihöyryn lisäksi altaista haihtuu ilmaan ihmisille haitallisia epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet siirtyvät ilmaan veden mukana, joten mitä enemmän vettä haihtuu sitä enemmän myös haitallisia aineita. (Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa koskevat terveydelliset ohjeet 2007, 11)

Kylpylöiden ilmaston mitoittamisessa tärkein tekijä on allasveden haihdunnan suuruus. Mitoittamista varten on kehitetty kokemusperäinen haihduntakerroin ϵ . Haihduntakerroin ilmoittaa vedestä ilmaan eri tilanteissa haihtuvan maksimi vesihöyrymäärän. Kerroin riippuu altaan käyttöasteesta. Kylpylöiden maksimi kerroin käytön aikana on noin $28 \frac{gH_2O}{m^2hPa}$. (Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa koskevat terveydelliset ohjeet 2007, 12) Lepoajan kerroin on noin 5. (VDI-2089 1994, 6)

4 MITTAUSKOHDDE

Mittaukset tehtiin suomalaisessa virkistyskylpylässä, jonka nimeä ei voida mainita tässä tutkimuksessa. Kylpylä on rakennettu 1988. Ilmanvaihtolaitteisto on alkuperäinen, mutta siihen on lisätty erillinen lämmöntalteenottolaitteisto. Lähitulevaisuudessa on suunnitelmassa ilmanvaihtolaitteiden uusiminen.

Allashuoneessa on iso allas, kaksi poreallasta ja lastenallas. Altaiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 360 m². (kuva 4.1) Allashuoneen pinta-ala on noin 900 m² ja tilavuus noin 5100 m³. Vesivirkistyslaitteita ovat hieromalitteet, vesisieni, virtaukset, poreet ja vesiliukumäki.

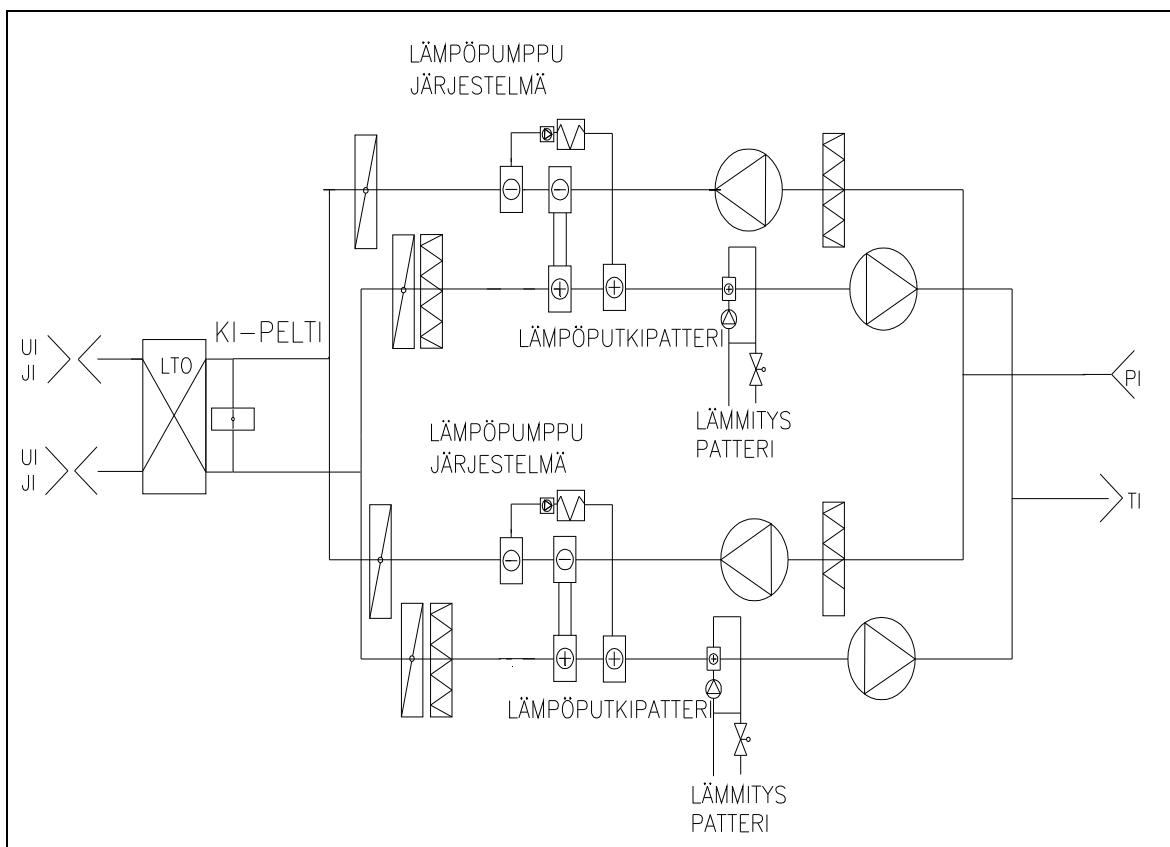
Allashuoneen ilmanvaihtokoneissa ja niiden automatiikassa havaittiin suuria puutteita, jotka vaikeuttivat huomattavasti tutkimuksen tekemistä.



Kuva 4.1. Kylpylän allasosasto

Kylpylän allashuoneen ilmanvaihto on toteutettu kahdella ilmanvaihtokoneella. Puhaltimet toimivat kahdella pyörimisnopeudella. Päivisin koneet toimivat täydellä nopeudella ja yöaikaan puolinopeudella ja osittain vain toisen koneen voimin. Poistoilman lämmöntalteenottoa hoidetaan ilmanvaihtokoneissa olevilla lämpöputkipattereilla ja lämpöpumppujärjestelmillä. Lämpöpumput siirtävät poistoilman lämpöenergiaa tuloilman lisäksi allasveteen ja käyttöveteen. Näiden lisäksi on rakennettu erillinen regeneratiivinen virtausta vaihtava järjestelmä, jonka toimivuus oli tutkimushetkellä huono. Laitteen jäätymistä esiintyy huoltohenkilökunnan mukaan vain alhaisimmilla lämpötiloilla (alle -20 °C).

Ilmanvaihtolaitteisiin kuuluu kiertoilmajärjestelmä, mutta sen säätöpellit oli ensimmäisellä mittauskerralla otettu pois käytöstä. Toisella mittauskerralla kiertoilmapellit oli korjattu, mutta niiden ohjaus ei toiminut kunnolla. Lepoaikana allashuoneen ilman kuivumista estettiin ennen ilmanvaihdon pienentämisellä kiertoilmakäytön sijaan. Allashuoneen ilmankosteus laski huomattavasti yöaikaan. Korjattujen kiertoilmapeltien tarkoitus on estää liiallista kuivumista yöaikaan, mutta väärin säädetyn automatiikan vuoksi käytön aikainen allashuoneen kosteus ja lämpötila nousivat liian suureksi. LTO-laitteen kiertoilmapelti havaittiin myöhemmin jääneen auki asentoon ja se suljettiin manuaalisesti, jolloin olosuhteet paranivat hieman. Ilmanvaihtokoneita ohjaava tietokone saa tietoa ilman lämpötilasta ja kosteudesta allashuoneessa ja poistoilmakanavistossa olevilta antureilta. (kuvat 4.2 ja 4.3)



Kuva 4.2. Allashuoneen ilmanvaihtokoneiden periaatepiirros

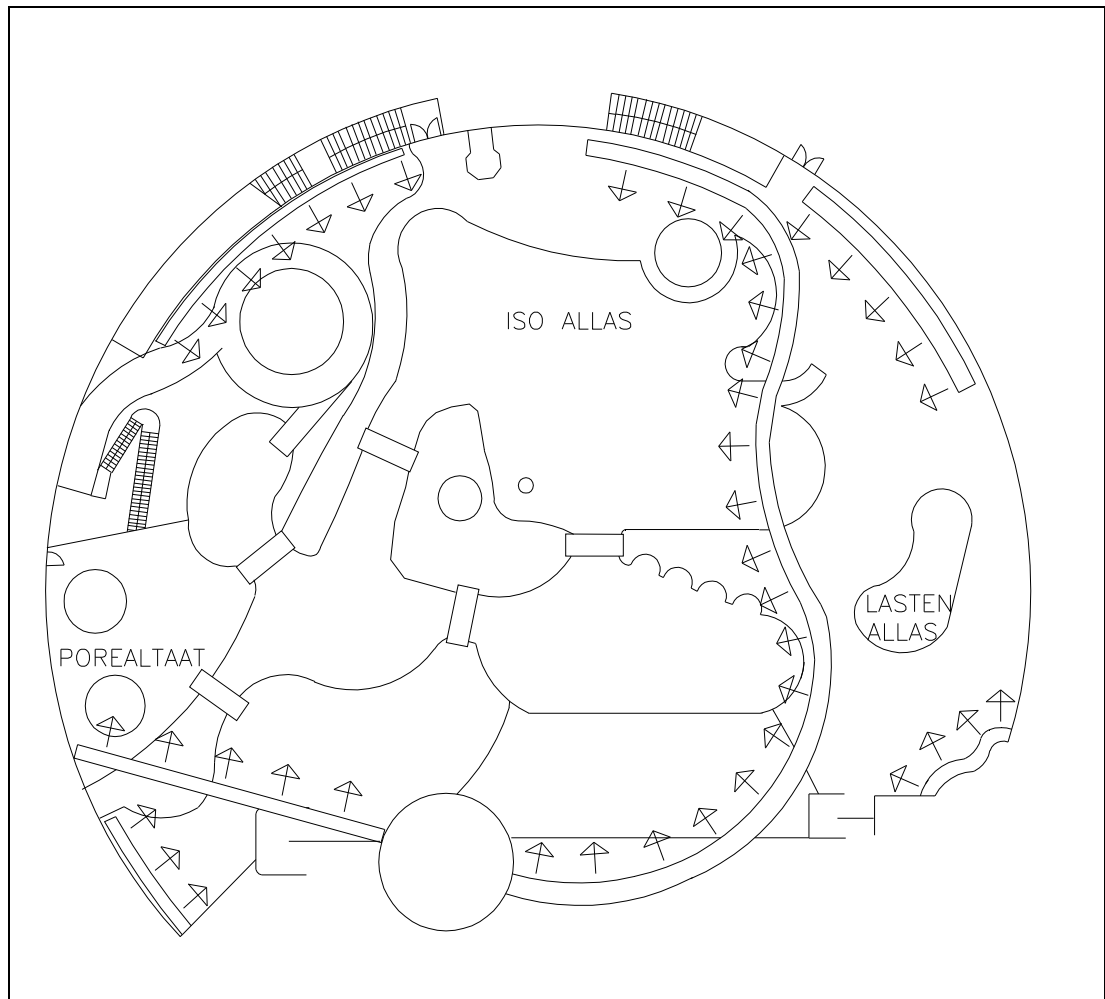


Kuva 4.3. Lämpötila- ja kosteusanturit poistoilmakanavassa

Allashuoneesta poistetaan ilmaa vain poistotornin kautta (kuva 4.4), josta poistoilma jakautuu molemmille ilmanvaihtokoneelle. Poistotorniin ilma pääsee sen päästä ja kyljessä olevasta säleiköstä. Tuloilmaa allashuoneeseen tuodaan ikkunoiden alla ja lasten altaan penkissä olevista säleiköistä. (kuva 4.5) Suurin osa tuloilmalähteistä on huomattavan korkealla, joten oleskelukorkeudelle tuloilmaa tulee suoraan vähän. Ilman sekoittumista on pyritty jälkikäteen lisäämään kahdella kattoon asennetulla puhaltimella. Allashuoneen lämmitys hoidetaan tuloilmalla.



Kuva 4.4. Poistoilmatorni alhaalta päin



Kuva 4.5. Kylpylän pohjapiirustus. Nuolilla merkitty on tuloilmasäleiköt.

5 MITTAUKSET

Mittaukset tehtiin pääsääntöisesti yöaikaan käytön aikaisia mittauksia lukuun ottamatta. Jokaista vesilaiteryhmää käytettiin yöllä 2-3 tunnin ajan, jonka lopussa tehtiin kyseisen ryhmän mittaukset. Taulukosta 5 nähdään jokaiseen laiteryhmään kuuluvat vesilaitteet.

Taulukko 5.1. Taulukossa esitetty jokaiseen ryhmään kuuluvat vesilaitteet.

VESILAITTEET		
Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
vesiliukumäki	vesiputous	vesisieni
	vesiverho	hierontalaitteet
		virtaava joki

5.1 Ilmavirtamittaukset

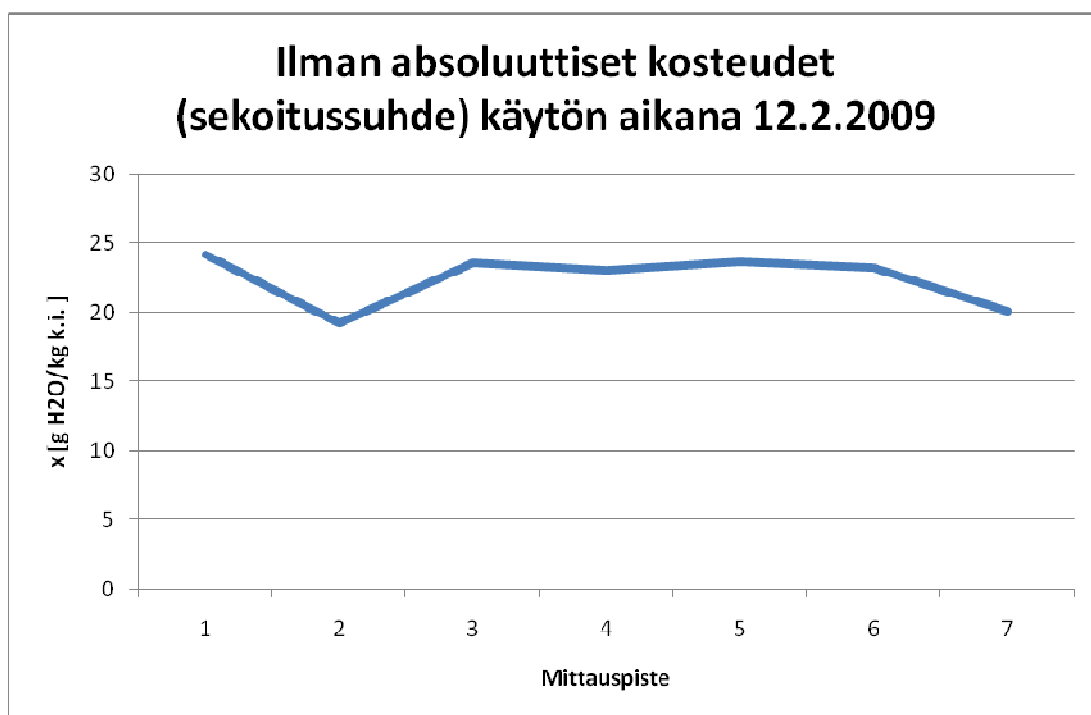
Ilmavirtamittaus suoritettiin kuumalanka-anemometrillä ns. monipistemenetelmällä mittaamalla kanavista monesta mittauspisteestä mahdollisimman luotettavan tuloksen saamiseksi. Jokaisesta kanavasta mitatuista arvoista laskettiin keskiarvo, jota laskelmissa käytettiin. Mittalaitteella otettiin myös jokaisesta mittauskohdasta noin 15 sekunnin keskiarvo. Poistoilmavirrat mitattiin kahdesta konehuoneesta olevasta kanavasta, eikä ilman todettu pyörteilevän mittauspisteessä merkittävästi. Mittauspisteet valittiin siten, että virtaukseen vaikuttavia käyriä tai esteitä ei olisi lähellä. Tuloilmavirrat mitattiin kuudesta eri kanavasta, jotka lähtivät ilmastointi koneen jälkeen olevalta jakolaatikolta ja ne pyrittiin mittaamaan paikoista, joissa on mahdollisimman vähän virtaukseen vaikuttavia tekijöitä. Osa kanavista oli kuitenkin niin hankalissa paikoissa, että oli mitattava sieltä mistä pystyttiin menemään. Ilmavirtoja ei pystytty mittaamaan säleiköiltä niiden korkean sijainnin ja suuren lukumäärän vuoksi.

Ilmavirtamittaukset tulo- ja poistokanavista tehtiin kahteen kertaan mittausvirheen mahdollisuuden poissulkemiseksi, koska saadut tulokset erosivat huomattavasti ilmanvaihtokoneen puhaltimien ilmoitetusta ilmavirrasta. Toisessa mittauksessa tulokset olivat samansuuruiset kuin ensimmäisessä mittauksessa. (liitteet 3A - 3C)

5.2 Kosteusmittaukset

Allashuoneen kokonaishaihdunnan selvittämiseksi oli mitattava tulo- ja poistoilmakanavista ilman lämpötila ja kosteus, josta voitiin laskea vesihöyryvirrat. Kanaviin laitettiin kosteutta ja lämpötilaa tallentavat dataloggerit. Allashuoneen ilman todettiin olevan kerrostunutta, joten loggereiden antamien arvojen käyttäminen laskelmissa vääristää tuloksia. (liitteet 6A - 6C)

Ilman olosuhteet allashuoneessa oli myös selvitettävä, joten allashuoneessa mitattiin 7-8 pisteestä ilman lämpötila ja kosteus jokaisessa käyttötilanteessa. Jokaisessa pisteessä annettiin mittarin tasaantua ja tulokset kirjattiin ylös arvojen tasaannuttua. (liitteet 3 - 5) Altaiden veden lämpötilat mitattiin samalla kerralla. Kuvassa 5.1 on esitetty allashuoneen absoluuttisten kosteuksien jakautuminen. Mittauspisteet on esitetty liitteessä 7.



Kuva 5.1 Käytön aikaiset allashuoneen kosteudet.

Pesuhuoneissa tehtiin yksi kosteus- ja lämpötilamittaus, koska oletettiin, että pesuhuoneiden olosuhteita ei tarvita laskelmissa. Myöhemmin kävi kuitenkin ilmi, että pesuhuoneiden olosuhteet olisi pitänyt mitata useammin, joten tarkistettiin niiden pysyneen lähes muuttumattomina kylpylän rakennusautomaation valvontatietokoneelta.

5.3 Mittarit

Kylpylän ilmvirtamittauksissa käytettiin KIMO VT100 kuumalanka-anemometria. (kuva 5.1) Mittarilla voidaan mitata ilman virtausnopeutta ja lämpötilaa. Keskiarvon mittaus halutulta aikaväliltä on myös mahdollista. Mittauksissa käytettiin jokaisessa kohdassa noin 10 sekunnin keskiarvoa. Valmistaja lupaa mittaustarkkuudeksi alle 3 m/s nopeudessa $\pm 0,01$ m/s ja suuremmissa nopeuksissa $\pm 0,1$ m/s. Lämpötila mittauksessa tarkkuus on $\pm 0,1$ °C. (KIMO Instruments www-sivut, 23.2.2009)



Kuva 5.2 KIMO VT100

Ilmanvaihtokoneiden paine-eromittauksissa käytettiin kuvassa 5.2 olevaa TSI 8385 mittaria. Paine-eromittaukset suoritettiin kumiletkuilla, jotka laitettiin koneeseen halettuihin kohtiin. Mittari ilmoittaa mitatun välin paine-eron. Valmistajan ilmoittama tarkkuus paine-ero mittauksissa on ± 1 Pa. (TSI Incorporated www-sivut, 23.2.2009)



Kuva 5.3. TSI Velocicalc Plus 8385

Kosteus- ja lämpötilamittaukset tulo- ja poistokanavissa tehtiin KIMO:n valmistamilla KH 200 ja KTH 300 dataloggereilla (kuva 5.3). Dataloggerit ohjelmoitiin tietokoneella, joka kytkettiin mittalaitteisiin USB -kaapelilla. Tietokoneella voitiin ohjelmoida mittauksen kesto, mittaus- ja tallennusväli. Tallennetut tiedot purettiin tietokoneella, jolla arvot saatiin siirrettyä suoraan excel -ohjelmaan. Laitteiden reagoitajoiissa oli eroja, joten se vaikeutti mittauksia. Mittaustarkkuudeksi valmistaja ilmoittaa molemmille laitteille $\pm 0,1$ °C ja $\pm 0,1$ %RH. (KIMO instruments www-sivut, 13.4.2009)



Kuva 5.4. KIMO KH 200 ja KTH 300.

Kylpylän allashuoneen kosteus- ja lämpötilamittauksissa käytettiin Vaisalan valmistamaa kannettavaa HMI 41 kosteusmittaria (kuva 5.4). Mittari oli uusi ja se oli kalibroitu juuri ennen mittauksia HMP 42 mittapään kanssa. Mittari ilmoittaa suoraan ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden, joten suhteellisen kosteuden selvittämiseksi ei tarvinnut mitata erikseen märkä- ja kuivalämpötilaa. Valmistaja ilmoittaa mittauksen tarkkuudeksi $\pm 0,1$ °C ja $\pm 0,1$ %RH. (Vaisala Oyj www-sivut, 13.4.2008)



Kuva 5.5. Vaisala HMI 41 näyttölaite ja HMP 42 mittapää.

5.4 Mittareiden vertailu

Mittareiden vertailu suoritettiin ennen mittauksia vertailemalla niitä toisiinsa laitteisiin samoissa olosuhteissa, jotta mittaustulokset olisivat mahdollisimman luotettavia. Kosteutta rekisteröivien laitteiden tuloksia verrattiin myös kylpylän ilmastointikoneiden rakennusautomaatiojärjestelmän arvoihin. Vertailu tehtiin siitä huolimatta, että KIMO-mittareiden kalibroinnit olivat voimassa ja niistä oli todistukset.

Kosteusmittareiden vertailu suoritettiin tasaisissa olosuhteissa kylmälaukussa ja saatuja tuloksia verrattiin kuiva- ja märkälämpötilasta laskettuihin kosteuksiin, joka todettiin luotettavaksi menetelmäksi. Vertailu suoritettiin myös kylpylässä, jossa kaikki kosteusmittarit laitettiin poistoilmakanavaan ja tuloksia verrattiin toisiinsa. Vertailulla saatiin selville mittareiden väliset korjausarvot, koska lukemat mittareiden välillä poikkesivat hieman. Ongelmana olivat mittareiden poikkeavat reagointiajat, joka vaikeutti korjausarvojen määrittämistä. Yksi kolmesta kosteutta tallentavasta mittarista todettiin epäluotettavaksi, joten päätettiin käyttää mittauksissa kahta laitetta. Toisella mittausmatkalla allashuoneen kosteusmittaukset suoritettiin Vaisalan valmistamalla mittarilla, joka oli juuri kalibroitu ja se todettiin luotettavaksi toisiin mittareihin verrattuna.

Lämpömittareille suoritettiin edellisen kaltainen vertailu ja ne todettiin luotettaviksi. Vertailu suoritettiin vertaamalla tuloksia eri lämpötiloissa elohopeamittariin.

Ilmamäärämittauksissa käytettyä, kuumalanka-anemometrillä varustettua KIMO vt100 -mittaria, verrattiin Satakunnan ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa kuumalanka-anemotrimittariin ja pitot-putkella varustettuun mittariin. Vertailu suoritettiin laboratorion kanaviston puhaltimen imupuolelta seitsemällä eri virtausnopeudella. Paine-ero mittaukseen perustuvaa pitot-putkella varustettua mittaria pidetään yleisesti luotettavana, mutta käyttöohjeiden mukaan se toimii parhaiten vasta yli 5 m/s nopeuksissa, johon tässä vertailussa käytetyllä laitteistolla ei päästy. Vertailuarvot vt100 -mittarissa olivat hieman poikkeavia toisten mittareiden arvoihin verrattuna, jotka olivat lähes samankaltaisia.

Paine-ero mittauksissa käytettyä TSI:n valmistamaa mittaria verrattiin samassa vertailussa KIMO vt100 –mittarin kanssa ja se todettiin luotettavaksi.

5.5 Laskelmissa käytetyt kaavat

Kylläisen vesihöyryn osapaineen laskemiseen käytettiin kaavaa 2.

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

T on lämpötila [K]

(Seppänen ym. 1996, 188)

Vesihöyryn osapaineen laskemiseen käytettiin kaavaa 3.

$$p_h = \varphi p_{hs} \quad (3)$$

φ on suhteellinen kosteus

(Seppänen ym. 1996, 188)

Ilman absoluuttisen kosteuden (sekoitussuhde) laskemiseen käytettiin kaavaa 4.

$$x = 0,6220 \frac{p_n}{p - p_n} \quad (4)$$

p on ilmanpaine, käytettiin 101325 Pa

(Seppälä ym. 2004, 15)

Ilman tiheyden laskemiseen käytettiin kaavoja 5 ja 6.

$$\rho = \frac{1+x}{0,622+x} * \frac{p}{R_h * T} \quad (5)$$

R_h on vesihöyryn kaasuvakio 461,5 J/kgK

$$\rho_k = \frac{\rho}{1+x} \quad (6)$$

Ilman massavirran laskemiseen käytettiin kaavaa 7.

$$q_m = q_v \rho_k \quad (7)$$

q_v on ilman tilavuusvirta [m^3/s]

ρ_k on ilman tiheys [kg/m^3]

(Seppänen ym. 1996, 304)

Ilman kuljettaman vesihöyryvirran laskemiseen käytettiin kaavaa 8.

$$q_{m_{vh}} = q_{m_s} x \quad (8)$$

Allashuoneen kokonaishaihdunnan laskemiseen käytettiin kaavaa 9.

$$q_{mW} = q_{mvh(poisto)} - q_{mvh(tulo)} + q_{mvh(ulkoilma)} \quad (9)$$

Haihduntakertoimen ε laskentaan käytettiin kaavaa 10.

$$\varepsilon = \frac{q_{mW}}{A(p_{hs} - p_h)} \quad (10)$$

q_{mW} on allashuoneen kokonaishaihdunta [$\text{gH}_2\text{O}/\text{h}$]

A on uima-altaan pinta ala [m^2]

p_{hs} on kylläisen vesihöyryn osapaine allasveden lämpötilassa [hPa]

p_h on ilman vesihöyryn osapaine [hPa]

(VDI-2089 1994,6)

6 MITTAUSTULOKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää allashuoneesta haihtuvan vesihöyryn määrä eri käyttötilanteissa ja määrittää kokemusperäinen haihduntakerroin ϵ jota tarvitaan kylpylöiden allashuoneiden ilmanvaihdon ja kosteudenpoiston mitoittamiseksi. Haihduntakertoimen määrittämiseksi on tiedettävä allashuoneeseen tulevan ja sieltä poistuvan ilman määrä, niiden kosteussisältö sekä allashuoneen tilavuus ja sen ilman olosuhteet.

Ilmavirrat mitattiin kuimalanka-anemometrillä ja ilman olosuhde kanavaan laitettavilla dataloggereilla. Dataloggereiden mittausvälinä käytettiin yhtä minuuttia ja tallennusvälinä kolmea minuuttia. Ilman olosuhteet eli lämpötila ja suhteellinen kosteus mitattiin eri kohdista allashuonetta. Allasveden lämpötilat mitattiin samalla hetkellä. Mittaukset suoritettiin yöllä, käytön aikaisia mittauksia lukuun ottamatta.

Molempien ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistopuhaltimet tuottavat tyyppikilven mukaan kukin $5 \text{ m}^3/\text{s}$ eli poistoilmaa yhteensä $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ja tuloilmaa yhteensä $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Ilmavirtamittausten mukaan todellinen tuotto on huomattavasti pienempi. Mittausten mukaan allasosastolle tulee tuloilmaa noin $4,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Allasosaston poistoilmavirta

mittausten mukaan oli noin $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Mittausmenetelmien ja mittalaitteiden epätarkkuuskaan ei selitä näin suurta eroa. Tuloilman mittaukset tehtiin kuudesta eri kanavasta ja poistoilman mittaukset kahdesta kanavasta, joiden todettiin olevan tiiviit, eikä mittaustulokseen vaikuttavaa ilman pyörteilyä havaittu. Mittalaitteet olivat tarkastettu vertaamalla sitä muihin laitteisiin ja kalibrointi oli voimassa. Virhettä mittauksissa ei voida näin ollen pitää todennäköisenä. Puhaltimille tehtiin myös paine-eromittaukset, joiden perusteella pyrittiin puhallinkäyrän perusteella selvittämään ilmavirratt, mutta käyristäkään ei saatu todenmukaisia tuloksia. Puhaltimiin oli ilmeisesti tehty muutoksia tai valmistajalta tyyppikilven mukaan pyytämämme puhallinkäyrät olivat väärät.

Suuri tulo- ja poistoilmavirtojen erotus tekee allashuoneen alipaineiseksi. Suurta alipaineisuutta ei kuitenkaan todettu, koska esimerkiksi ovia avatessa ei tuntunut mainittavaa vetoa. Puuttuvan tuloilman pääteltiin tulevan pesuhuoneista tai ulkoa rakennuksen vaipassa olevista rei'istä. Jos ilma tulisi kokonaan pesuhuoneista, pesuhuoneiden oviaukoissa tulisi tuntea huomattavaa ilman virtausta. Päädyttiin johtopäätöksen, että ilma tulee ulkoa ja pesuhuoneista 12 % /88 % suhteessa, jota laskelmissa on käytetty. Tätä ongelmaa ei saatu luotettavasti ratkaistua, joten laskelmia ei voida pitää täysin luotettavina.

Jokaisessa laskelmassa on käytetty samaa ilmavirtaa. Mittaushetkellä molemmat ilmanvaihtokoneet kävivät täydellä teholla. Kanavien kosteus- ja lämpötila-arvoina on käytetty kyseisen mittausjakson tulosten viimeisen puolen tunnin keskiarvoa. Näin voitiin olettaa olosuhteiden olevan mahdollisimman tasaantuneita.

Laskelmissa on käytetty kylläisen vesihöyryn arvona altaan yläpuolella valvojan kopin luona mitattua arvoa ja lasten altaan kohdalla lasten altaan reunalta mitattua arvoa. Allashuoneen mittaukset tehtiin mittausjaksojen loppupuolella, jotta ilman olosuhteet olisivat mahdollisimman tasaantuneet.

Ulkoilman ja pukuhuoneiden ilman olosuhteet on mitattu yöllä vain kertaalleen, mutta ne todettiin olevan stabiilit. Ulkoilman ja pesuhuoneiden ilman kosteussisältö on melko pieni, joten pienten muutosten vaikutus laskujen tuloksiin on pieni. Edellä

mainittuja olosuhteita tarvittiin laskelmissa, koska oletettiin osan allashuoneen tuloilmasta tulevan pukuhuoneista ja ulkoa.

Vesilaitteita ei voitu käyttää yksitellen, vaan ne kävivät kolmessa eri ryhmässä. Jokaisen yksittäisten laitteen aiheuttamaa haihduntaa ei tämän vuoksi voitu laskea. Laitteiden yksittäinen käyttäminen olisi vaatinut muutosta niiden ohjelmointiin ja kylpylän henkilökunnan avustusta, joka ei tämän tutkimuksen tekemisessä ollut mahdollista

Liitteessä 1 on esitetty yhden mittauskerran laskelmat.

6.1 Käytön ajan mittaukset

Tutkimuksessa käytetyt käytön aikaiset mittaukset suoritettiin kylpylässä 12.2.2009 kello 18 jälkeen. Mainittuna ajankohtana uimareita oli paljon, mutta ei kuitenkaan maksimimäärää. Haihdunta oli siis suurta, mutta ei haihdunnan kannalta maksimitilanne. Allashuoneen ilmanvaihtokoneet toimivat täydellä teholla, kuten aina käytön aikana uimareiden määrästä riippumatta.

Haihduntakertoimeksi ϵ saatiin $27,6 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$ (liite 2A) Suuntaa-antava vapaa-ajan

kylpylän kylpyajan haihduntakerroin on $28 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$, joten tulos on hyvin lähellä si-

tä. Laskettu haihduntakerroin on hieman korkeampi, kun allashuoneessa on maksimimäärä kylpijöitä. Kaikki vesilaitteet olivat mittaushetkellä käynnissä normaalisti, joten lisää haihduntaa voivat aiheuttaa vain ihmiset. Muutamien ihmisten aiheuttama lisähaihdunta on kuitenkin melko pientä.

Käytön ajan haihduntakerroin laskettiin myös käyttämällä puuttuvun tuloilman suhteena ulkoilma 8 %/pesuhuoneilma 92%. Haihduntakertoimeksi tällä suhteella saatiin

$$25 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$$

6.2 Lepoajan mittaukset

Lepoajan mittauksissa allashuoneen ilmanvaihtokoneet kytkettiin käymään täydellä teholla manuaalisesti, jotta ilmavirrat olisivat vakiolliset ja tulokset olisivat vertailukelpoisia toisiin tuloksiin verrattaessa. Lepoajan mittaukset suoritettiin 14.2.2009 kello 05 eteenpäin, jolloin allashuoneen olosuhteiden todettiin dataloggereiden kosteus- ja lämpötilakäyrien perusteella olevan tasoittuneet. Laskelmissa käytettiin allashuoneen olosuhteina kylpylän valvontatietokoneen antamia arvoja, koska siltä hetkeltä ei ollut omia mittauksia. Valvontatietokoneen mittausarvoja verrattiin muissa mittauksissa käytettävien mittalaitteiden antamiin arvoihin. Valvontatietokoneen mitta-anturi sijaitsee valvojankopin luona, samassa paikassa, josta muissa laskelmissa mitatut arvot mitattiin.

Lepoajan haihduntakertoimeksi saatiin $9,8 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$ (liite 2B). Ohjearvon mukaan

virkestyskylpylän lepoajan haihduntakerroin tulisi olla noin $5 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$.

6.3 Ryhmän 1 mittaukset

Ryhmällä 1 tarkoitetaan vesilaitteita, joita käyttää sama pumppu. Ryhmään 1 kuuluu vain vesiliukumäki, jonka tulee olla käynnissä käytön aikana jatkuvasti. Vesiliukumäen aiheuttamaa haihduntaa ei tutkimuksessa määritetty erikseen, vaan se kävi samaan aikaan ryhmän 3 kanssa.

Ryhmien 1 ja 3 käydessä yhdessä haihduntakertoimeksi saatiin $14,3 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$ (liite

2E), joka on hieman suurempi kuin ryhmän 3 haihduntakerroin $13,1 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$ (liite

2D). Tästä voidaan todeta vesiliukumäen vähäinen vaikutus haihduntaan.



Kuva 6.1. Vesiliukumäki

6.4 Ryhmän 2 mittaukset

Pumpun tuottama vesivirta ohjataan eri laitteille moottoriventtiilien kautta. Vesilaitteet toimivat tietyn mittaisen jakson ajan kerrallaan. Ryhmään 2 kuuluvat vesiputous ja -verho, jotka käyvät vuorotellen kahden minuutin jaksoissa.

Ryhmän 2 mittaukset aloitettiin heti kylpylän sulkeutumisen jälkeen 13.2.2009 kello 21 jälkeen, koska ne aiheuttivat eniten ääntä, joka häiritsee välittömässä läheisyydessä olevan hotellin asukkaita. Vesilaitteiden annettiin käydä noin kaksi tuntia olosuhteiden tasaantumiseksi, jonka jälkeen tehtiin mittaukset allasosastolla. Mittaustuloksia saattoi häiritä allashuoneen välttämätön siivous, joka aiheutti altaiden ympäristön kastumisen.



Kuva 6.2. Vesiputous

Ryhmän 2 haihduntakertoimeksi saatiin 27,9. Saatu arvo on erittäin suuri, sillä käytön aikainen ohjeellinen haihduntakerroin on $28 \frac{gH_2O}{m^2 hPa h}$ ja silloin kaikki vesilaitteet ovat käynnissä ja altaissa on uimareita vettä sekoittamassa. (liite 2C) Tämän takia laskettua arvoa ei voida pitää luotettavana, mutta johtopäätöksenä siitä voidaan todeta vesiputousten ja -verhojen aiheuttavan runsaasti haihduntaa. Allashuoneen siivouksella voidaan todeta olleen suuri vaikutus saatuun haihduntakertoimeen.

6.5 Ryhmän 3 mittaukset

Ryhmän 3 pumppu tuottaa vesivirran vesisienelle, neljälle hierontapisteelle ja virtaavalle joelle. Ryhmässä on 18 minuutin ohjelma, jonka aikana kaikki laitteet toimivat tietyn ajan. Ohjelma on jaksotettu siten, että ensin käynnissä ovat virtaava joki ja yksi hierontapiste. Toisessa vaiheessa on käynnissä vesisieni ja kolme hierontapistettä.



Kuva 6.3. Vesisieni.

Ryhmän 3 mittaukset suoritettiin 14.2 kello 01.00 ja 02.00 välillä yöllä. Laitteiden annettiin käydä ennen mittausta kaksi tuntia olosuhteiden tasaantumiseksi edellisen ryhmän jälkeen.

Haihduntakertoimeksi saatiin $13,1 \frac{gH_2O}{m^2hPa h}$ (liite 2E), jota voidaan pitää todennäköisena verrattaessa saatuihin lepoajan ja käytön ajan haihduntakertoimiin.

7 YHTEENVETO

7.1 Yhteenveto tuloksista

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kylpylän allashuoneen vesivirkistyslaitteiden vaikutusta altaista haihtuvan vesihöyryn määrään. Mittausten perusteella laskettiin ns. Daltonin kaavalla käytön ajan, lepoajan ja eri vesilaitteiden haihduntakertoimet ϵ .

Taulukossa 7.1 on esitetty yhteenveto laskelmista saadut haihduntakertoimet. Tuloksia voidaan verrata vain käytön ajan ja lepoajan tilanteen osalta VDI –mitoitusohjeen suositukseen, koska tässä tutkimuksessa haihduntakerroin määritettiin eri laitteille vain laitoryhmien osalta, joten yksittäisen laitteen haihduntakerrointa ei voida selvittää. Tulevaisuudessa olisikin hyvä selvittää haihduntakertoimet jokaiselle laitteelle erikseen, jolloin niitä voitaisiin myös verrata muihin mitoitusohjeisiin.

Ryhmien 1 ja 3 laskettuja haihduntakertoimia voidaan pitää suuntaa-antavina, mutta ryhmän 2 tuloksessa ihmetystä aiheutti se, että haihduntakerroin on jopa suurempi kuin käytön aikainen arvo, mikä ei pitäisi olla mahdollista. Käytön ajan haihduntakertoimen pitäisi olla hieman pienempi, koska mittaushetki ei ollut käytön maksimitilanne.

Taulukko 7.1 Mitatut ja VDI-mitoitusohjeen haihduntakertoimet

Haihduntakertoimet		
<p data-bbox="308 1798 331 1832">?</p>	<p data-bbox="611 1883 842 1973">Lasketut arvot (gH₂O/m²hPah)</p>	<p data-bbox="938 1883 1241 1973">VDI -mitoitusohjeen arvot (gH₂O/m²hPah)</p>

Käytön aika	27,6	28
Lepoaika	9,8	5
Ryhmä 2	27,9	
Ryhmä 3	13,1	
Ryhmä 1 + 3	14,3	

7.2 Johtopäätökset

Mittauksissa ongelmaksi osoittautui tulo- ja poistoilmakanavista tehdyt ilmavirtamittaukset. Varmaa ratkaisua puuttuvalle tuloilmalle selvityksistä huolimatta ei onnistuttu löytämään, joten puuttuvan ilman määrää, lähdettä ja olosuhdetta jouduttiin arvioimaan. Tämän takia tutkimuksen tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina.

Allashuoneen ilma on lämpötila- ja kosteusmittausten perusteella kerrostunut. Altaiden tasolla ilman lämpötila oli mittausajankohtana noin 31 °C ja noin viisi metriä korkeammalla vesiliukumäen ylätasanteella lämpötila oli jopa yli 36 °C. Ilman kerrostumisen syynä voi olla ilmanvaihdon tehottomuus. Kerrostumiseen saattaa vaikuttaa myös se, että suuri osa tuloilmasta menee suoraan poistoilmatorniin. Tuloilmasäleiköistä suuri osa sijaitsee hyvin korkealla, joten iso osa lämpimästä tuloilmasta ei pääse alas altaiden tasolle. Kanavista mitatut ilman absoluuttiset kosteudet osoittavat tulo- ja poistoilman kosteuksien olevan hyvin lähellä toisiaan, mutta selvästi matalampia kuin allasosastolta mitatut absoluuttiset kosteudet, joka aiheuttaa laskelmiin epätarkkuutta. Tämä johtuu osittain ilmanvaihtojärjestelmän automatiikasta, joka yöaikaan käyttää huomattavasti kiertoilmaa. Se myös vahvistaa oletusta jonka mukaan osa tuloilmasta menee suoraan poistoilmatorniin.

Tutkimusta ei voida pitää täysin onnistuneena, mutta saatuja tuloksia voidaan verrata myöhemmin tehtäviin tutkimuksiin. Tämän tutkimuksen ylitsepääsemättömäksi ongelmaksi muodostui tutkimuskohteena olleen kylpylän ilmanvaihdon ja sen ohjausjärjestelmien heikko toiminta. Osa virheistä on tehty jo kylpylän suunnitteluvaiheessa. Tutkimus voisi onnistua paremmin kohteessa, jossa edellä mainitut asiat olisivat kunnossa.

LÄHDELUETTELO

Alastalo S. (2006) Uimahallien ilmanvaihdon mitoitusselvitys, opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu: Pori

Hautala M, Peltonen H, (2002) Insinöörin (AMK) Fysiikka osa 1, Lahden Teho-Opetus Oy

KIMO instruments. Esite. [viitattu 13.4.2009]

http://www.kimo.fr/www/index.php4?lang=en&page=niveaux&view_prod=OK&id=246&NIV=F4A1

Koivusalo, H & Kokkonen, T. Hydrologiset osaprosessit. [viitattu 28.1.2009] Saatavissa: <http://www.water.tkk.fi/wr/kurssit/verkkokirja/hydrologia2.html>

Koski M, Mäkelä M, Soinne M (1983) Teknillisen alan fysiikka 1, Tammertekniikka

Lavonen, Meisalo & al. Olomuodot ja niiden muutokset. [viitattu 31.12.2008] Saatavissa: <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/mbl/lampo/olomuodot.htm>

Lehtinen T., Ruuska E. & Viljanen m. (2003) Uimahallien ulkovaippa ja sisäilmasto suunnittelu- ja rakentamisopas.

LVI 06-10188 (kesäkuu 1992) Uimahallien ja virkistyskylpylöiden LVI-suunnittelu. Ohjetiedosto. Rakennustieto

Mollier (i-x)-hx-diagrammi

Opetusministeriö liikuntapaikkajulkaisu 84. Teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy. Helsinki

Seppälä, A., Lampinen M. J., (2004) Aineensiirto-oppi. Otatieto: Helsinki

Seppänen, O., Seppänen, M., (2004) Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. SIY Sisäilmätieto: Espoo

Seppänen, O. (1996). Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Suomen LVI-yhdistysten liitto: Helsinki

Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus. (2007) Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevat terveydelliset ohjeet.

TSI velocicalc Plus 8386. Käyttöohje. TSI Incorporated. [viitattu 23.2.2009]

http://www.tsi.com/uploadedFiles/Product_Information/Literature/Manuals/1980321H-8384-86.pdf

Vaisala HMI41 ja HMP 42. Käyttöohje. Vaisala Oyj [viitattu 13.4.2009]

<http://www.vaisala.fi/instrumentit/palvelujatuki/kayttoohjeet/kosteus/hmi41%26hmp42%20suomenkielinen%20k%C3%A4ytt%C3%B6ohje.pdf>

VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (1994). VDI-Richtlinien 2089 Blatt 1. Wärme-, Raumluftechnik, Wasserver- und -entsorgung in Hallen- und Freibädern, Hallenbädern: Düsseldorf

LITTEET

Liite 1A Laskuesimerkit (käytön aika)

Liite 2A	Laskut (käytön aika)
Liite 2B	Laskut (lepoaika)
Liite 2C	Laskut (ryhmä 2)
Liite 2D	Laskut (ryhmä 3)
Liite 2E	Laskut (ryhmät 1 + 3)
Liite 2F	Laskut (käytön aika)
Liite 3A	Mittauspöytäkirja (poistoilmavirta)
Liite 3B	Mittauspöytäkirja (poistoilmavirta)
Liite 3C	Mittauspöytäkirja (tuloilmavirta)
Liite 4A	Mittauspöytäkirja (kosteusmittaus, käytön aika)
Liite 4B	Mittauspöytäkirja (kosteusmittaus, ryhmä 2)
Liite 4C	Mittauspöytäkirja (kosteusmittaus, ryhmä 3)
Liite 4D	Mittauspöytäkirja (kosteusmittaus, ryhmä 1 + 3)
Liite 5A	Mittauspöytäkirja (kosteusmittaus, ryhmä 2)
Liite 5B	Mittauspöytäkirja (kosteusmittaus, ryhmä 3)
Liite 6A	Lämpötila- ja kosteuskuvaaja (käytön aika)
Liite 6B	Lämpötila- ja kosteuskuvaaja (ryhmä 2)

Liite 6C Lämpötila- ja kosteuskuvaaja (ryhmä 3)

Liite 7 Allasosaston mittauspisteet

LIITE 1

12.2.2009 poistoilma käytön aikana

Kylläisen vesihöyryn osapaine

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

Poistoilman lämpötila $36,1 \text{ }^\circ\text{C} = 309,25 \text{ K}$

$$p_{hs} = \frac{(e^{77,345+0,0057*309,25K-7235/309,25K})}{309,25^{8,2} \text{ K}} = 5957 \text{ Pa}$$

Vesihöyryn osapaine

$$p_h = \varphi p_{hs}$$

Mitattu suhteellinen kosteus 50,5%

$$p_h = 0,505 * 5957 \text{ Pa} = 3008,3 \text{ Pa}$$

Ilman absoluuttinen kosteus (sekoitussuhde)

$$x = 0,6220 \frac{p_n}{p - p_n}$$

$$x = 0,6220 \frac{3008 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa} - 3008 \text{ Pa}} = 0,01903 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}$$

Ilman tiheys

$$\rho = \frac{1+x}{0,622+x} * \frac{p}{Rh * T}$$

$$\rho = \frac{1+0,01903 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}}{0,622+0,01903 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}} * \frac{101325 \text{ Pa}}{461,5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 309,25 \text{ K}} = 1,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_k = \frac{\rho}{1+x}$$

$$\rho_k = \frac{1,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1+0,01903 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}} = 1,11 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{m}^3}$$

Ilman massavirta

$$q_{m_{\text{poisto}}} = q_v \rho_k$$

$$q_{m_{\text{poisto}}} = 27509 \frac{m^3}{h} * 1,11 \frac{kgk.i.}{m^3} = 30535 \frac{kgk.i.}{h}$$

Poistuva vesihöyryvirta

$$q_{m_{\text{vh}}(\text{poisto})} = q_{m_{\text{s}}(\text{poisto})} x$$

$$q_{m_{\text{vh}}(\text{poisto})} = 30535 \frac{kgk.i.}{h} * 0,01903 \frac{kgH_2O}{kgk.i.} = 581,1 \frac{kgH_2O}{h}$$

12.2.2009 tuloilma käytön aika

Kylläisen vesihöyryn osapaine

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

Tuloilman lämpötila 44,5 °C = 317,69 K

$$p_{hs} = \frac{(e^{77,345+0,0057*317,69K-7235/317,69K})}{317,69^{8,2} K} = 9332,29 \text{ Pa}$$

Vesihöyryn osapaine

$$p_h = \varphi p_{hs}$$

Mitattu suhteellinen kosteus 33,3%

$$p_h = 0,333 * 9332,3 \text{ Pa} = 3108 \text{ Pa}$$

Ilman absoluuttinen kosteus (sekoitusuhde)

$$x = 0,6220 \frac{P_n}{P - P_n}$$

$$x = 0,6220 \frac{3108 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa} - 3108 \text{ Pa}} = 0,0196 \frac{kgH_2O}{kgk.i.}$$

Ilman tiheys

$$\rho = \frac{1+x}{0,622+x} * \frac{p}{Rh * T}$$

$$\rho = \frac{1+0,0196 \frac{kgH_2O}{kgk.i.}}{0,622+0,0196 \frac{kgH_2O}{kgk.i.}} * \frac{101325 Pa}{461,5 \frac{J}{kgK} * 317,69 K} = 1,10 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_k = \frac{\rho}{1+x}$$

$$\rho_k = \frac{1,10 \frac{kg}{m^3}}{1+0,0196 \frac{kgH_2O}{kgk.i.}} = 1,08 \frac{kgk.i.}{m^3}$$

Ilman massavirta

$$q_{m_{tulo}} = q_v \rho_k$$

$$q_{m_{tulo}} = 15507 \frac{m^3}{h} * 1,08 \frac{kgk.i.}{m^3} = 16748 \frac{kgk.i.}{h}$$

Tuleva vesihöyryvirta

$$q_{m_{vh(tulo)}} = q_{m_{stulo}} x$$

$$q_{m_{vh(tulo)}} = 16748 \frac{kgk.i.}{h} * 0,0196 \frac{kgH_2O}{kgk.i.} = 328,3 \frac{kgH_2O}{h}$$

12.2.2009 Puuttuva tuloilma ulkoa

Kylläisen vesihöyryn osapaine

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

Ulkoilman lämpötila $-8,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 264,65 \text{ K}$

$$p_{hs} = \frac{(e^{77,345+0,0057*264,65K-7235/264,65K})}{264,65^{8,2} K} = 321,4 \text{ Pa}$$

Vesihöyryn osapaine

$$p_h = \varphi p_{hs}$$

Mitattu suhteellinen kosteus 85%

$$p_h = 0,85 * 321,4 \text{ Pa} = 273,2 \text{ Pa}$$

Ilman absoluuttinen kosteus (sekoitussuhde)

$$x = 0,6220 \frac{p_n}{p - p_n}$$

$$x = 0,6220 \frac{273,2 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa} - 273,2 \text{ Pa}} = 0,0027 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}$$

Ilman tiheys

$$\rho = \frac{1+x}{0,622+x} * \frac{p}{Rh * T}$$

$$\rho = \frac{1+0,0027 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}}{0,622+0,0027 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}} * \frac{101325 \text{ Pa}}{461,5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 264,65 \text{ K}} = 1,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_k = \frac{\rho}{1+x}$$

$$\rho_k = \frac{1,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1+0,0027 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}} = 1,326 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{m}^3}$$

Ilman massavirta

$$q_{m_{\text{uikoa}}} = q_v \rho_k$$

$$q_{m_{\text{uikoa}}} = 12000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1,326 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{m}^3} = 15912 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{h}}$$

Tuleva vesihöyryvirta

$$q_{m_{vh}(ulkoa)} = q_{m_{sulkoa}} x$$

$$q_{m_{vh}(ulkoa)} = 15912 \frac{kgk.i.}{h} * 0,0027 \frac{kgH_2O}{kgk.i.} = 43,0 \frac{kgH_2O}{h}$$

12.2.2009 Puuttuva tuloilma pesuhuoneista**Kylläisen vesihöyryn osapaine**

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

Pesuhuoneen lämpötila $26\text{ }^{\circ}\text{C} = 299,15\text{ K}$

$$p_{hs} = \frac{(e^{77,345+0,0057*299,15K-7235/299,15K})}{299,15^{8,2}\text{ K}} = 3351,7\text{ Pa}$$

Vesihöyryn osapaine

$$p_h = \varphi p_{hs}$$

Mitattu suhteellinen kosteus 70%

$$p_h = 0,70 * 3351,7\text{ Pa} = 2346,2\text{ Pa}$$

Ilman absoluuttinen kosteus (sekoitussuhde)

$$x = 0,6220 \frac{p_n}{p - p_n}$$

$$x = 0,6220 \frac{2346,2\text{ Pa}}{101325\text{ Pa} - 2346,2\text{ Pa}} = 0,0147 \frac{kgH_2O}{kgk.i.}$$

Ilman tiheys

$$\rho = \frac{1+x}{0,622+x} * \frac{p}{Rh*T}$$

$$\rho = \frac{1 + 0,0147 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}}{0,622 + 0,0147 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}} * \frac{101325 \text{Pa}}{461,5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 299,15 \text{K}} = 1,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_k = \frac{\rho}{1+x}$$

$$\rho_k = \frac{1,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 + 0,0147 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}}} = 1,15 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{m}^3}$$

Ilman massavirta

$$q_{m_{psh}} = q_v \rho_k$$

$$q_{m_{psh}} = 12000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1,15 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{m}^3} = 13800 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{h}}$$

Tuleva vesihöyryvirta

$$q_{m_{vh(psh)}} = q_{m_{s(psh)}} x$$

$$q_{m_{vh(psh)}} = 13800 \frac{\text{kgk.i.}}{\text{h}} * 0,0147 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgk.i.}} = 202,9 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}}$$

Allashuoneesta käytön aikana haihtunut vesihöyryvirta

Oletetaan puuttuvan tuloilman tulevan ulkoa.

$$q_{mW} = q_{m_{vh(poisto)}} - q_{m_{vh(tulo)}} + q_{m_{vh(ulkoilma)}}$$

$$q_{mW} = 581,1 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}} - (328,3 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}} + 43,0 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}}) = 209,8 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}} = 209800 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{h}}$$

$$\varepsilon = \frac{q_{mW}}{A(p_{hs} - p_h)} \quad \text{Daltonin haihduntayhtälö}$$

A = uima-altaan pinta-ala, iso-allas 359 m², lasten allas ja porealtaat 34 m²

p_{hs} = kylläisen vesihöyryn osapaine allasveden lämpötilassa [hPa]

p_h = vesihöyryn osapaine allashuoneen ilmassa [hPa]

$$\varepsilon = \frac{209800 \text{ gH}_2\text{O} / \text{h}}{359 \text{ m}^2 * (42,6 - 37,2) \text{ hPa} + 34 \text{ m}^2 * (48,3 - 31,7) \text{ hPa}} = 83,8 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{m}^2 \text{ hPa h}}$$

Haihduntakerroin ε liian suuri, ei voida olettaa puuttuvan tuloilman tulevan kokonaan ulkoa.

Oletetaan puuttuvan tuloilman tulevan pesuhuoneista.

$$q_{mW} = q_{mvh(poisto)} - q_{mvh(tulo)} + q_{mvh(psh)}$$

$$q_{mW} = 581,1 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}} - (328,3 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}} + 202,9 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}}) = 49,9 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{h}} = 49900 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{h}}$$

$$\varepsilon = \frac{q_{mW}}{A(p_{hs} - p_h)} \quad \text{Daltonin haihduntayhtälö}$$

A = uima-altaan pinta-ala, isoallas 359 m², lasten allas ja porealtaat 34 m²

p_{hs} = kylläisen vesihöyryn osapaine allasveden lämpötilassa [hPa]

p_h = vesihöyryn osapaine allashuoneen ilmassa [hPa]

$$\varepsilon = \frac{49900 \text{ gH}_2\text{O} / \text{h}}{359 \text{ m}^2 * (42,6 - 37,2) \text{ hPa} + 34 \text{ m}^2 * (48,3 - 31,7) \text{ hPa}} = 19,9 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{m}^2 \text{ hPa h}}$$

Käytön aikainen haihduntakerroin:

$$19,8 \text{ g H}_2\text{O}/(\text{m}^2 * \text{hPa} * \text{h}) < \varepsilon < 84,7 \text{ g H}_2\text{O}/(\text{m}^2 * \text{hPa} * \text{h})$$

Kokemusperäiseen arviointiin ja virkistyskylpylöiden suuntaa-antaviin käytön aikaisiin haihduntakertoimiin perustuen voidaan olettaa noin 12% puuttuvasta tuloilmasta tulevan vuotoina ulkoilmasta.

Oletetaan 12% puuttuvasta tuloilmasta tulevan ulkoa ja 88% pesuhuoneista.

$$\begin{aligned}
 q_{mw} &= 581,1 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{h} - (328,3 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{h} + 0,88 * 202,9 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{h} + 0,12 * 43,0 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{h}) \\
 &= 69,0 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{h} = 69000 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{h}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon = \frac{69000 \text{gH}_2\text{O} / h}{359 \text{m}^2 * (42,6 - 37,2) \text{hPa} + 34 \text{m}^2 * (48,3 - 31,7) \text{hPa}} = 27,6 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{m}^2 \text{hPa h}}$$

klo. 18.15	käytönaika
-------------------	-------------------

Poistoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	27509	50,5	36,1	0,0190	1,11	30535

Tuloilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	15507	33,3	44,5	0,0196	1,08	16748

Vuotoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
Pesuhuone (88%)	10560	70	26	0,0147	1,15	13800
Ulkoilma (12%)	1440	85	-8,5	0,0027	1,33	1915

Isoallas	P_h	P_{hs}
359 m ²	[hPa]	[hPa]
	37,2	42,6

Lastenallas ja po- realtaat	P_h	P_{hs}
34 m ²	[hPa]	[hPa]
	31,7	48,3

Poistoilman vesi- höyryvirta	kg H ₂ O/h
	581,1
Tuloilman+vuodot vesihöyryvirta	kg H ₂ O/h
	512,1

Haihduntakerroin	ε
	27,6

LIITE 2B

14.2.2009

klo. 5.00-7.30	lepoaika
-----------------------	-----------------

Poistoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	27509	37,2	36,0	0,0138	1,12	30810

Tuloilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	15507	26,1	44,2	0,0151	1,08	16810

Vuotoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
Pesuhuone (88%)	10560	24,5	27,3	0,0055	1,16	12250
Ulkoilma (12%)	1440	85	-8,5	0,0027	1,33	1915

Isoallas	P_h	P_{hs}
359 m ²	[hPa]	[hPa]
	17,5	42,6

Lastenallas ja po- realtaat	P_h	P_{hs}
34 m ²	[hPa]	[hPa]
	17,5	48,3

Poistoilman vesi- höyryvirta	kg H ₂ O/h
	425,2
Tuloilman+vuodot vesihöyryvirta	kg H ₂ O/h
	326,4

Haihduntakerroin	ε
	9,8

LIITE 2C

13.2.2009

kl. 23.05-23.20	ryhmä 2
-----------------	---------

Poistoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	$[^{\circ}C]$	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	27509	37,4	34,6	0,0129	1,14	31310

Tuloilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	$[^{\circ}C]$	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	15507	18,1	44,1	0,0104	1,11	17213

Vuotoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	$[^{\circ}C]$	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
Pesuhuone (88%)	10560	24,5	27,3	0,0055	1,16	12250
Ulkoilma (12%)	1440	85	-8,5	0,0027	1,33	1915

Isoallas	P_h	P_{hs}
359 m ²	[hPa]	[hPa]
	30,3	43,3

Lastenallas ja po- realtaat	P_h	P_{hs}
34 m ²	[hPa]	[hPa]
	24,8	48,8

Poistoilman vesi- höyryvirta	kg H ₂ O/h
	403,9
Tuloilman+vuodot vesihöyryvirta	kg H ₂ O/h
	251,2

Haihduntakerroin	ε
	27,9

LIITE 2D

14.2.2009

klo. 1.13-02.00	ryhmä 3
------------------------	----------------

Poistoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	27509	31,6	35,4	0,0114	1,12	30904

Tuloilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	15507	19,5	44,1	0,0112	1,09	16949

Vuotoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
Pesuhuone (88%)	10560	24,5	27,3	0,0055	1,16	12250
Ulkoilma (12%)	1440	85	-8,5	0,0027	1,33	1915

Isoallas	P_h	P_{hs}
359 m ²	[hPa]	[hPa]
	26,6	43,3

Lastenallas ja po- realtaat	P_h	P_{hs}
34 m ²	[hPa]	[hPa]
	21,6	48,8

Poistoilman vesi- höyryvirta	kg H ₂ O/h
	352,3
Tuloilman+vuodot vesihöyryvirta	kg H ₂ O/h
	262,0

Haihduntakerroin	ε
	13,1

LIITE 2E

13.2.2009

klo. 2.40-3.00	ryhmät 1+3
-----------------------	-----------------------

Poistoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	27509	34,2	36,6	0,0132	1,12	30810

Tuloilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	15507	21,8	44,8	0,0130	1,09	16863

Vuotoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	[°C]	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
Pesuhuone (88%)	10560	24,5	27,3	0,0055	1,16	12250
Ulkoilma (12%)	1440	85	-8,5	0,0027	1,33	1915

Isoallas	P_h	P_{hs}
359 m ²	[hPa]	[hPa]
	23,1	43,3

Lastenallas ja po- realtaat	P_h	P_{hs}
34 m ²	[hPa]	[hPa]
	24,3	48,8

Poistoilman vesi- höyryvirta	kg H ₂ O/h
	406,7
Tuloilman+vuodot vesihöyryvirta	kg H ₂ O/h
	291,4

Haihduntakerroin	ε
	14,3

LIITE 2F

12.2.2009

klo. 18.15 **käytönaika**

Puuttuva tuloilma

92 %/8 %

Poistoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	$[^{\circ}C]$	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	27509	50,5	36,1	0,0190	1,11	30535

Tuloilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	$[^{\circ}C]$	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
	15507	33,3	44,5	0,0196	1,08	16748

Vuotoilma						
	q_v	φ	t	x	ρ_k	q_m
	$[m^3/h]$	RH [%]	$[^{\circ}C]$	kg H ₂ O/kg k.i.	kg k.i./m ³	kg k.i./h
Pesuhuone (92%)	11040	70	26	0,0147	1,15	12696
Ulkoilma (8%)	960	85	-8,5	0,0027	1,33	1277

Isoallas	P_h	P_{hs}
359 m ²	[hPa]	[hPa]
	37,2	42,6

Lastenallas ja po- realtaat	P_h	P_{hs}
34 m ²	[hPa]	[hPa]
	31,7	48,3

Poistoilman vesi- höyryvirta	kg H ₂ O/h
	581,1
Tuloilman+vuodot vesihöyryvirta	kg H ₂ O/h
	518,4

Haihduntakerroin	ε
	25,0

LIITE 3A

osaston poistoilmakanava

van koko:

mm x 600mm

van poikkipinta-ala:

1,02

paikka	v	qv	qv		paikka	v	qv	qv
	m/s]	m3/s]	m3/h]			m/s]	m3/s]	m3/h]
1	,01	2,05	7 381		1	,47	2,52	9 070
2	,63	2,68	9 657		2	,94	3,00	10 796
3	,63	3,70	13 329		3	,99	3,05	10 979
4	,33	2,38	8 556		4	,09	3,15	11 346
5	,16	4,24	15 276		5	,23	4,31	15 533
6	,11	6,23	22 436		6	,74	5,85	21 077
arvo	3,48	3,55	12 772		arvo	3,58	3,65	13 134
paikka	v	qv	qv		paikka	v	qv	qv
	m/s]	m3/s]	m3/h]			m/s]	m3/s]	m3/h]
1	,02	2,06	7 417		1	,27	2,32	8 335
2	,46	3,53	12 705		2	,11	2,15	7 748
3	,67	3,74	13 476		3	,52	2,57	9 253
4	,72	3,79	13 660		4	,74	2,79	10 061
5	,36	4,45	16 010		5	,13	4,21	15 165
6	,14	6,26	22 546		6	,73	5,84	21 041
arvo	3,90	3,97	14 302		arvo	3,25	3,32	11 934
paikka	v	qv	qv		paikka	v	qv	qv
	m/s]	m3/s]	m3/h]			m/s]	m3/s]	m3/h]
1	,49	2,54	9 143		1	,19	2,23	8 042
2	,88	2,94	10 575		2	,41	1,44	5 178
3	,32	3,39	12 191		3	,16	1,18	4 260
4	,11	3,17	11 420		4	,87	1,91	6 867
5	,11	4,19	15 092		5	,68	2,73	9 841
6	,71	5,82	20 967		6	,87	3,95	14 211
arvo	3,60	3,68	13 231		arvo	2,20	2,24	8 066
arvo	v	qv	qv					
	m/s]	m3/s]	m3/h]					
	3,3	3,4	12240					

LIITE 3B

irtamittaukset

10.2.2009

osaston poistoilmakanava

van koko:

mm x 700mm

van poikkipinta-ala:

1,12

Paikka	v	qv	qv		Paikka	v	qv	qv
	[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]			[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]
1	0,81	0,91	3 266		1	4,4	4,93	17 741
2	1,95	2,18	7 862		2	4,86	5,44	19 596
3	1,84	2,06	7 419		3	4,56	5,11	18 386
4	2,37	2,65	9 556		4	4,34	4,86	17 499
5	2,09	2,34	8 427		5	4,06	4,55	16 370
Arvo	1,81	2,03	7 306		Arvo	4,44	4,98	17 918
Paikka	v	qv	qv		Paikka	v	qv	qv
	[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]			[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]
1	1,95	2,18	7 862		1	5,36	6,00	21 612
2	2,84	3,18	11 451		2	5,64	6,32	22 740
3	3,39	3,80	13 668		3	5,39	6,04	21 732
4	3,27	3,66	13 185		4	5,11	5,72	20 604
5	3,46	3,88	13 951		5	4,48	5,02	18 063
Arvo	2,98	3,34	12 023		Arvo	5,20	5,82	20 950
Paikka	v	qv	qv		Paikka	v	qv	qv
	[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]			[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]
1	2,9	3,25	11 693		1	4,53	5,07	18 265
2	3,68	4,12	14 838		2	5,46	6,12	22 015
3	3,75	4,20	15 120		3	5,12	5,73	20 644
4	4,02	4,50	16 209		4	4,85	5,43	19 555
5	3,72	4,17	14 999		5	3,41	3,82	13 749
Arvo	3,61	4,05	14 572		Arvo	4,67	5,23	18 846
Arvo	v	qv	qv					
	[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]					
	7,9	24	69					

Poistoilmavirrat yhteensä	qv	qv
	[m ³ /s]	[m ³ /h]
	7,64	27 509

LIITE 3C

irtamittaukset	10.2.2009
osaston tuloilmakanava	

van poikkipinta-			2
------------------	--	--	---

van poikkipinta-			m ²
------------------	--	--	----------------

Paikka	v	qv	qv
	[s]	m ³ /s]	m ³ /h]
1	18	0,99	3 549
2	52	0,81	2 924
3	42	1,06	3 817
4	96	0,92	3 303
5	39	1,05	3 783
6	96	0,92	3 303
7	35	1,04	3 739
8	07	0,95	3 426
9	36	1,04	3 750
10	05	0,95	3 404
11	11	0,96	3 471
12	21	1,00	3 582
arvo	14	0,97	3 504
van poikkipinta:			m ²
Paikka	v	qv	qv
	[s]	m ³ /s]	m ³ /h]
1	78	0,22	807
2	83	0,23	830
3	88	0,24	853
4	94	0,24	880
arvo	86	0,23	843
van poikkipinta:			m ²
Paikka	v	qv	qv
	[s]	m ³ /s]	m ³ /h]
1	7	0,33	1 200
2	34	0,36	1 298
3	95	0,38	1 376
4	05	0,40	1 446
5	99	0,39	1 404
arvo	91	0,37	1 345

Paikka	v	qv	qv
	[s]	m ³ /s]	m ³ /h]
1	08	1,00	3 584
2	53	0,30	1 080
3	46	0,48	1 736
4	86	0,56	2 018
5	76	0,34	1 242
arvo	74	0,54	1 932
van poikkipinta:			m ²
Paikka	v	qv	qv
	[s]	m ³ /s]	m ³ /h]
1	77	1,65	5 926
2	33	2,17	7 801
3	31	2,15	7 734
4	47	2,30	8 270
5	96	1,82	6 562
6	04	1,90	6 830
7	74	1,62	5 826
8	48	1,38	4 955
9	79	2,59	9 341
10	39	2,22	8 002
11	14	1,99	7 165
12	43	2,26	8 136
13	55	2,37	8 537
14	42	2,25	8 102
15	2,3	2,14	7 700
16	2,2	2,05	7 366
17	31	2,15	7 734
18	14	1,99	7 165
19	64	1,53	5 491
20	98	0,91	3 281
arvo	12	1,97	7 096

Paikka	v	qv	qv
	[s]	m ³ /s]	m ³ /h]
1	29	0,25	910
2	68	0,13	480
3	61	0,12	430
4	15	0,23	811
5	35	0,36	1 305
arvo	12	0,22	787

Imavirrat yhteensä

qv
m³/s]

qv
m³/h]

LIITE 4A

Kosteusmittaukset	Pvm:	12.2.2009
Käytön aika	Klo:	18.15
Mittari: Vaisala		

Mittauspaikka	Lämpötila	Suht. Kosteus	Abs. Kosteus	Sekoitussuhde
	C	%RH	g/m ³	g/kg
1. Porealtaiden edessä	31,4	82,2	27	24,2
2. Vesiliukumäen ylätasanne	36,3	50	21,2	19,2
3. Vesiliukumäen välitasanne	33,3	72,1	26,2	23,6

4. Vesiverhon edessä, valvontakopin luona	31	80,4	25,8	23,1
5. Valvontakopin antureiden luona	31,3	81	26,4	23,7
6. Vesiverhon edessä, lastenaltaan puoli	31,3	79,3	25,9	23,2
7. Lastenaltaan luona	32,4	65	22,5	20,1
Allasvedet				
Porealtaat	32,2			
Iso allas	30			
Lastenallas	32,2			

LIITE 4B

Kosteusmittaukset	Pvm:	12.2.2009
ryhmä 2	Klo:	22.30-23.10
Mittari: Vaisala		

Mittauspaikka	Lämpötila	Suht. Kosteus	Abs. Kosteus	Sekoitusuhde
	C	%RH	g/m3	g/kg
1. Porealtaiden edessä	30,9	79,5	25,4	22,7
2. Vesiliukumäen ylätasanne	36,4	51,1	22	19,9
3. Vesiliukumäen välitasanne	31,8	73	24,5	21,9

4. Vesiverhon edessä, valvontakopin luona	30,4	79	24,6	21,9
5. Valvontakopin antureiden luona	31	80	25,7	23
6. Vesiverhon edessä, lastenaltaan puoli	31,2	79,3	25,7	23
7. Lastenaltaan luona	32,7	61	21,5	19,2
Poistokanava				
22:31	36,5	50	21,5	19,4
22:08	36,6	49,7	21,4	19,4
Tulokanava				
22:35	44,1	31	19,4	18
23:10	44,4	32	20,1	18,6
Allasvedet				
Porealtaat	32,7			
Iso allas	30,3			
Lastenallas	32,7			

LIITE 4C

Kosteusmittaukset ryhmä 3 Mittari: Vaisala	Pvm: 13.2.2009 Klo: 00.33-01.10
--	------------------------------------

Mittauspaikka	Lämpötila	Suht. Kosteus	Abs. Kosteus	Sekoitusuhde
	C	%RH	g/m ³	g/kg
1. Porealtaiden edessä	31,1	64,6	20,9	18,5
2. Vesiliukumäen ylätasanne	36,4	38	16,2	14,5
3. Vesiliukumäen välitasanne	33	55,6	19,9	17,7

4. Vesiverhon edessä, valvontakopin luona	31,9	50	16,9	14,9
5. Valvontakopin antureiden luona (vesisieni käynnissä)	31,5	63	20,8	18,5
6. Vesiverhon edessä, lastenaltaan puoli	31,8	49,5	16,6	14,7
7. Lastenaltaan luona	31,8	54	18,1	16
Poistokanava				
0:33	37	38,1	16,8	15,1
1:05	36,9	36,2	15,8	14,2
Tulokanava				
0:35	44,3	24	15,2	14
1:09	44,4	22	14	12,9
Allasvedet				
Porealtaat	32,5			
Iso allas	30,3			
Lastenallas	32,5			

LIITE 4D

Kosteusmittaukset ryhmä 1+3 Mittari: Vaisala	Pvm: 13.2.2009 Klo: 02.37-03.00
--	------------------------------------

Mittauspaikka	Lämpötila	Suht. Kosteus	Abs. Kosteus	Sekoitusuhde
	C	%RH	g/m ³	g/kg
1. Porealtaiden edessä	31,3	66	21,5	19,2
2. Vesiliukumäen ylätasanne	36,8	32,5	14,2	12,7
3. Vesiliukumäen välitasanne	32,4	54	18,7	16,6

4. Vesiverhon edessä, valvontakopin luona	31,7	60	20	17,8
5. Valvontakopin antureiden luona	31,8	49	20,1	17,9
6. Vesiverhon edessä, lastenaltaan puoli	31,6	52	17,2	15,3
7. Lastenaltaan luona	31,3	53	17,3	15,3
8. Allasbaarin luona	31,3	67	21,9	19,5
Naisten PH	27,8	21	5,7	4,9
Miesten PH	26,7	28	7,1	6,1
Ulkona	-8,5	85	2,3	1,7
Poistokanava				
2:37	36,9	33,9	13,8	13,3
Tulokanava				
2:40	44,4	21	13,4	12,3
Allasvedet				
Porealtaat	32,4			
Iso allas	30,3			
Lastenallas	32,4			

LIITE 5A

Kosteusmittaukset	Pvm:	13.2.2009
ryhmä 2	Klo:	23.05-23.20
Mittari: Vaisala		

Mittauspaikka	Lämpötila	Suht. Kosteus	Abs. Kosteus	Sekoitusuhde
	C	%RH	g/m3	g/kg
1. Porealtaiden edessä	30,4	68	21,1	18,7
2. Vesiliukumäen ylätasanne	35,3	34	13,7	12,2
3. Vesiliukumäen välitasanne	32,2	52	17,8	15,8

4. Vesiverhon edessä, valvontakopin luona	29,9	64	19,4	17,1
5. Valvontakopin antureiden luona	30,3	70	21,7	19,2
6. Vesiverhon edessä, lastenaltaan puoli	30,9	66	21,8	18,7
7. Lastenaltaan luona	32,3	51	17,6	15,6

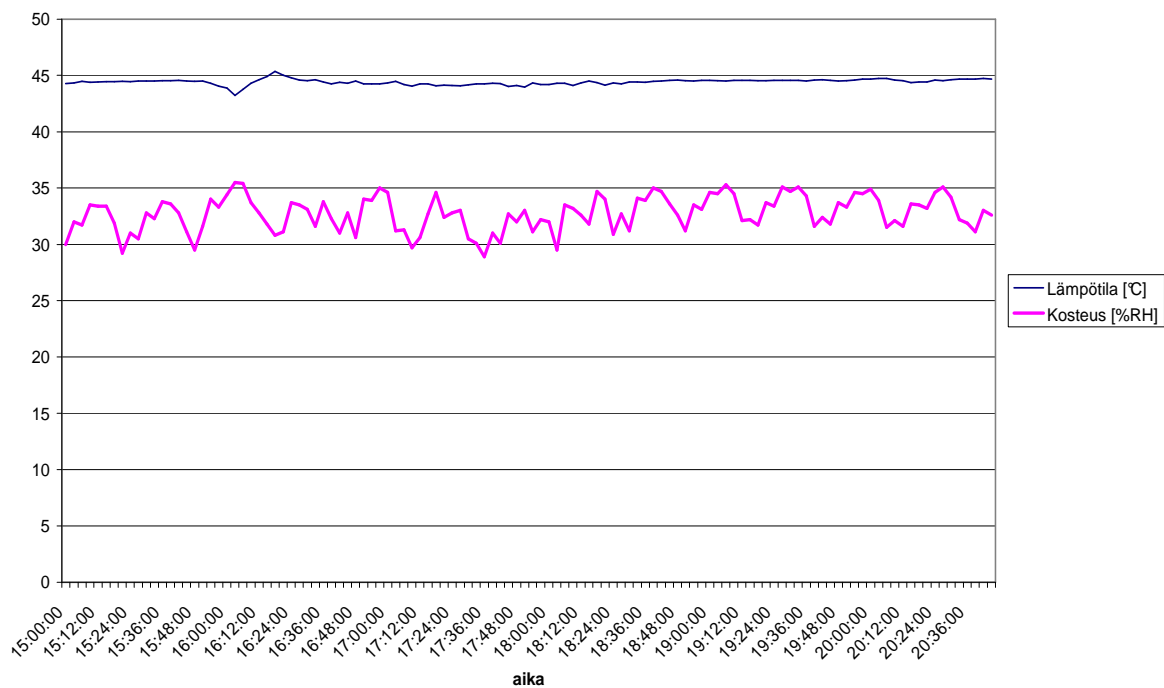
LIITE 5B

Kosteusmittaukset	Pvm:	14.2.2009
ryhmä 3	Klo:	1.13-02.00
Mittari: Vaisala		

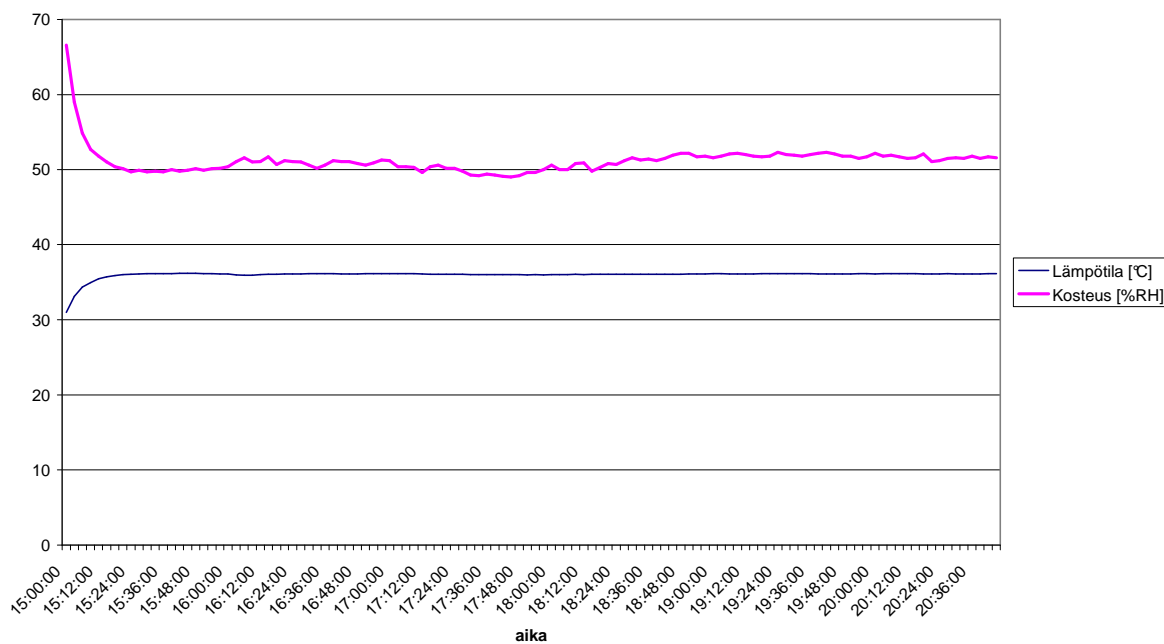
Mittauspaikka	Lämpötila	Suht. Kosteus	Abs. Kosteus	Sekoitusuhde
	C	%RH	g/m ³	g/kg
1. Porealtaiden edessä	30,6	53	16,7	14,7
2. Vesiliukumäen ylätasanne	36,2	29,5	12,5	11,1
3. Vesiliukumäen välitasanne	33,2	37	13,4	11,8

4. Vesiverhon edessä, valvontakopin luona	31,5	44	14,5	12,8
5. Valvontakopin antureiden luona	30,7	60	19	16,8
6. Vesiverhon edessä, lastenaltaan puoli	31,4	40	13,1	11,5
7. Lastenaltaan luona	31,3	47	15,3	13,5

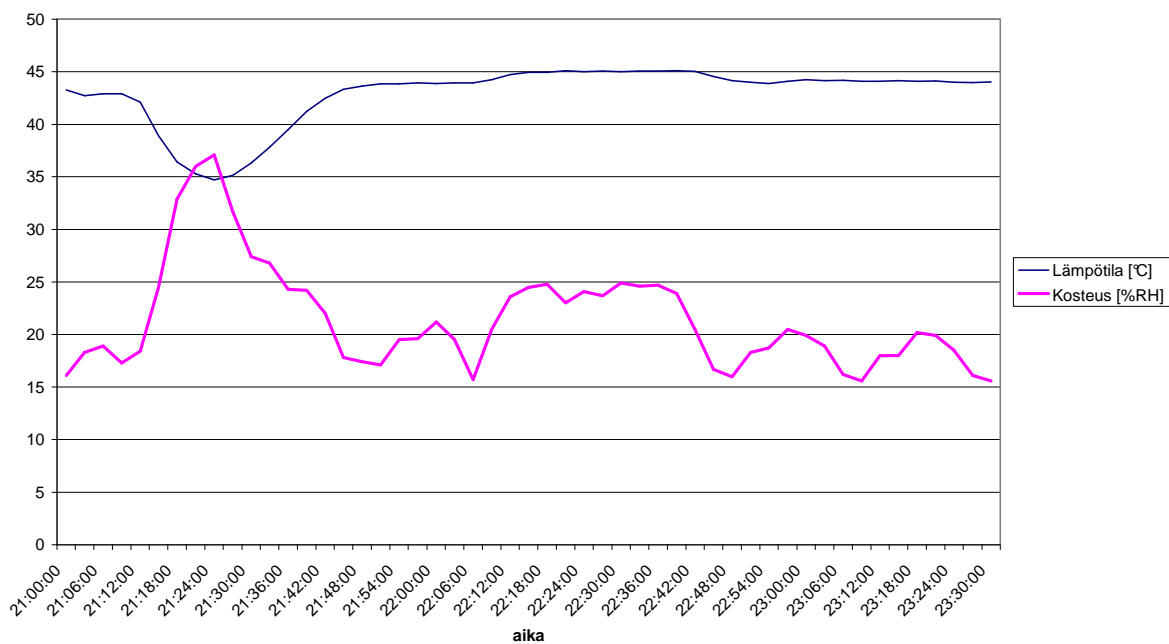
Tuloilman käytön aikainen lämpötila- ja kosteuskäyrä 12.2.2009



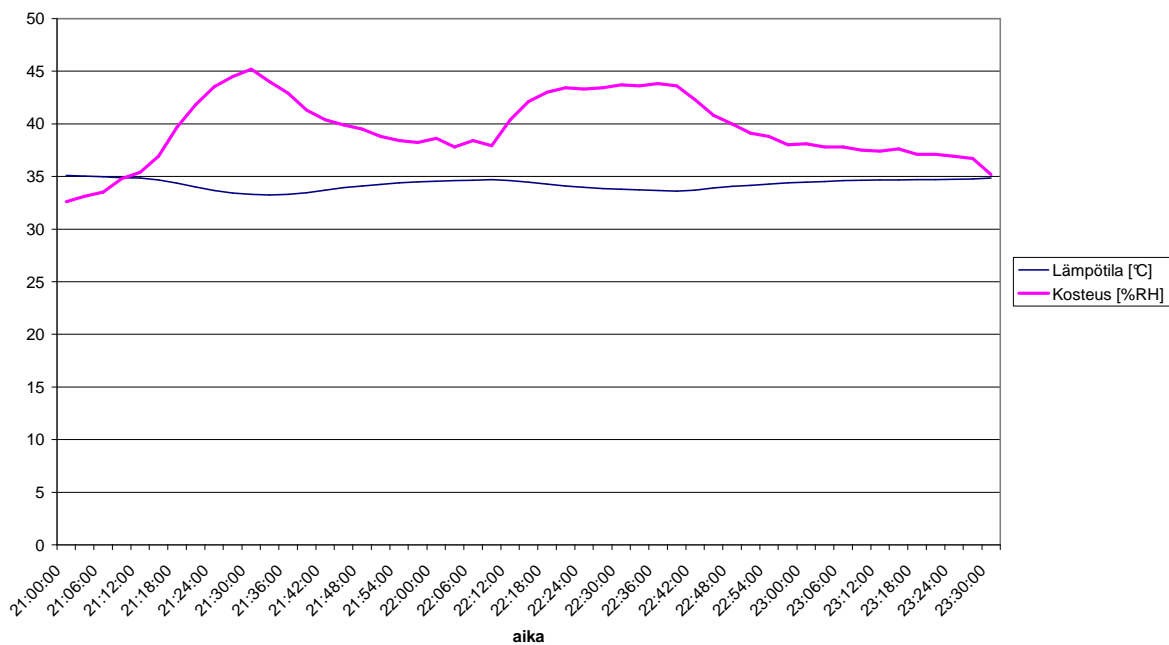
Poistoilman käytön aikainen lämpötila- ja kosteuskäyrä 12.2.2009



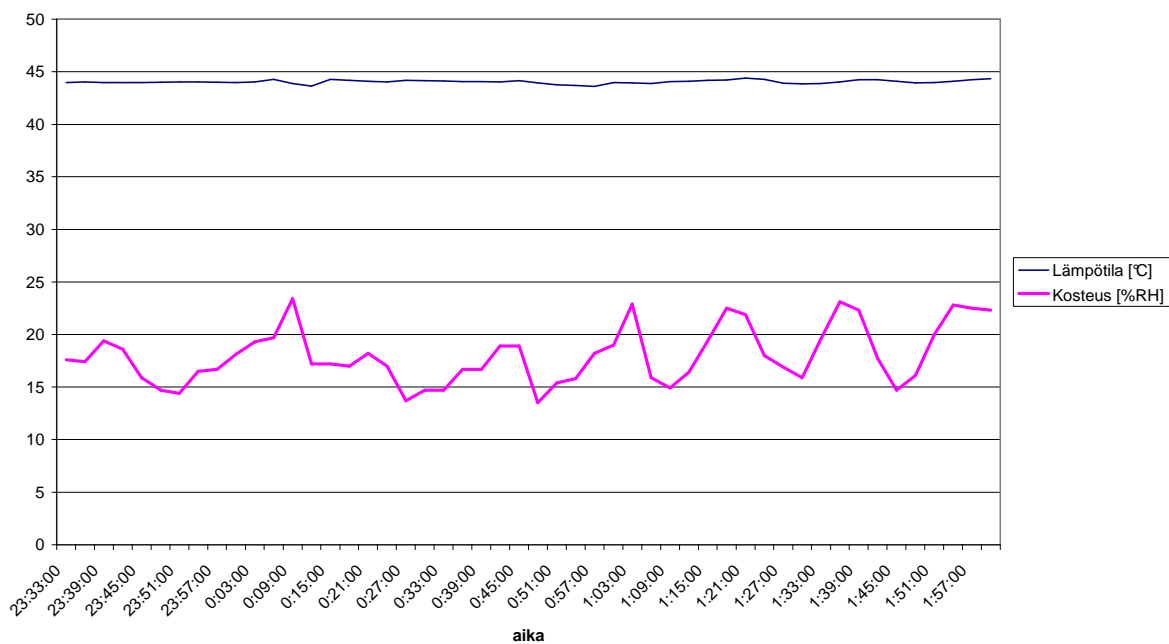
Tuloilman lämpötila- ja kosteuskäyrä 13.2.2009 (ryhma 2)



Poistoilman lämpötila- ja kosteuskäyrä 13.2.2009 (ryhma 2)



Tuloilman lämpötila- ja kosteuskäyrä 14.2.2009 (ryhma 3)



Poistoilman lämpötila- ja kosteuskäyrä 14.2.2009 (ryhma 3)

