

Samuli Uusitalo

SISÄYMPÄRISTÖMITTAUKSET HYGTECH-PROJEKTIN
PILOTTIKOhteissa

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2013

SISÄYMPÄRISTÖMITTAUKSET HYGTECH-PROJEKTIN PILOTTIKOhteissa

Uusitalo, Samuli
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2013
Ohjaaja: Uusitorppa, Mari
Sivumäärä: 48
Liitteitä: 8

Asiasanat: sisäympäristö, sisäilma, olosuhteet, mittaus, hygienia

Sisäympäristön olosuhteiden tutkiminen oli tämän tutkimustyön tavoitteena. Työssä mitattiin sisäilman lämpötilaa, ilman kosteutta, valaistusvoimakkuutta, ilmanvaihdon ilmavirtoja, tilojen painesuhteita, ulkolämpötilaa ja rakennuksen ilmatiiviyttä. Tarkoituksena oli tuottaa taustatietoa HYGTECH-projektin tarpeisiin ja tukemaan projektin aikana suoritettavia muita mittauksia.

Työssä käytettiin Wirepas Oy:n langattoman mittausjärjestelmän mittareita sisälämpötilan, ilman kosteuden ja valaistusvoimakkuuden mittaamiseen. Ilmanvaihdon ilmavirtoja tutkittiin paine-eromittausmenetelmällä. Sekä paine-erojen mittaamisessa että tilojen painesuhteiden mittaamisessa käytettiin paineanturimittaria. Rakennuksen ilmatiiviyttä mitattiin paine-eromenetelmällä ja ulkolämpötilojen tietoja tiedusteltiin kohteiden rakennusautomaatiojärjestelmistä.

Työn mittauksia suoritettiin kahdessa eri kohteessa: Vesi-instituutin tiloissa Raumalla teknologiatalo Sytyttimessä ja päiväkotia Petäjaisessä Kankaanpäässä. Päiväkodissa sisäilman lämpötila, ilman kosteutta ja valaistusvoimakkuutta mitattiin vain kahdesta ryhmästä. Loput mittaukset suoritettiin kaikkiin viiteen ryhmään tai koko päiväkodin toiseen osaan. Raumalla lämpötilaa, ilman kosteutta ja valaistusvoimakkuutta mitattiin vain käytävältä ja wc-tiloista. Muut mittaukset tehtiin kaikkiin tiloihin.

Työn tuloksena saatiin kerättyä mittaustietoja molempien kohteiden sisäilman lämpötilasta, ilman kosteudesta, valaistusvoimakkuudesta, ilmanvaihdon ilmavirroista ja tilojen painesuhteista. Rakennuksen tiivysmittaus onnistuttiin toteuttamaan vain Kankaanpään päiväkotiin ja ulkoilman lämpötila saatiin tulostettua vain Raumalla.

Työn tuloksia voidaan käyttää projektin muiden mittaustulosten tukemiseen sekä tutkimuskohteina olleiden rakennusten ja tilojen sisäympäristön kehittämiseen.

SURVEYING OF INDOOR ENVIRONMENT CONDITIONS IN HYGTECH-PROJECT'S PILOT BUILDINGS

Uusitalo, Samuli

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

May 2013

Supervisor: Uusitorppa, Mari

Number of pages: 48

Appendices: 8

Keywords: indoor environment, indoor air, conditions, measurement, hygiene

The purpose of this thesis was to study conditions of indoor environment. Indoor temperature, air humidity, illuminance, the incoming and outgoing of the buildings air, pressure ratio of indoors, outdoor temperature and air permeability of buildings was measured in this thesis. The aim of this thesis was to produce information for HYGTECHT-project and support other measures during whole project.

Indoor temperatures, air humidity and illuminance was measured by Wirepas PLC:s wireless sensors was measured whit differential pressure gauge. Both pressure differences and pressure ratio was measured by ventilation meter. Air permeability of building was measured by fan pressurization method and outdoors temperatures were inquired from buildings automation systems.

Measurements for this study were performed in two separate buildings: Drinking water institutes technology building Sytytin in city of Rauma and day care center Petäjäinen in city of Kankaanpää. In the day care center indoor temperature, air humidity and illuminance were measured from two groups. Rest of the measurements was performed in all five groups or whole second section of the day care center. In Rauma, temperature, air humidity and illuminance was measured only in lavatories and corridors. Rest of the measurements was performed in whole building.

Result of this study was informatory about both of the buildings indoor temperatures, air humidity, illuminance, the incoming and outgoing of the buildings air and pressure ratios of indoors. Air permeability was successfully measured only in day care center and outdoors temperatures could only be printed in Rauma.

The results of this study can be used in other measurements during project and improving of the day care centers and technology buildings indoor environments.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SISÄYMPÄRISTÖ	7
2.1	Sisäilmastoluokitus 2008	7
2.1.1	Lämpöolosuhteiden tavoitearvot	8
2.1.2	Ilman laadun tavoitearvot	9
2.1.3	Ilman suhteellinen kosteus	10
2.1.4	Valaistusvoimakkuuksien tavoitearvot.....	11
3	SISÄYMPÄRISTÖMITTAUKSET.....	13
3.1	Huonetilan lämpötilan mittaus.....	13
3.2	Ilman kosteuden mittaus	13
3.3	Valaistusvoimakkuuden mittaaminen.....	14
3.4	Ilmavirtojen mittaus	15
3.4.1	Epätarkkuuden arvioiminen.....	15
3.5	Painesuhteiden mittaus.....	16
3.6	Mittausolosuhteet	17
4	RAKENNUKSEN ILMATIIVIYSMITTAUS.....	17
4.1	Rakennusten ilmatiivyyden raja-arvot	19
4.2	Tiivysmittauksen toteutus	19
4.3	Mittausten virhelähteet ja tarkkuus.....	21
5	LANGATON MITTAUSJÄRJESTELMÄ.....	22
5.1	Projektissa käytetty langaton mittausjärjestelmä	23
6	MITTAUSKOHTEET JA -TARPEET	24
6.1	Teknologiatalo Sytytin, Rauma	24
6.2	Päiväkoti Petäjäinen, 2. osa, Kankaanpää.....	25
7	SUORITETUT MITTAUKSET.....	26
7.1	Lämpötilan, ilman kosteuden ja valaistusvoimakkuuden mittaukset	26
7.2	Ilmavirtamittaukset	32
7.3	Ilmatiivysmittaus	33
7.4	Painesuhteiden mittaukset.....	36
8	MITTAUKSIEN TULOKSET	37
8.1	Lämpötilat, valaistusvoimakkuus ja ilmankosteus	37
8.2	Ilmavirrat.....	39
8.2.1	Ilmavirtamittausten virhetarkastelu	41
8.3	Ilmatiivys	41

8.4 Painesuhteet	41
9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	43
LÄHTEET	46
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tavoitteena on selvittää sisäympäristön olosuhteet osana Kiinteistöjen hygieniakonsepti ”HYGTECH” -hanketta. Hanke kokoaa yhteen useita tutkimustahojia sekä alalla toimivia yrityksiä. HYGTECH-hanke on jaettu neljään osakokonaisuuteen; WP1 asennettavat tuotteet ja mikrobiologiset määrittelyt, WP2 jatkuvatoimiset mittaukset, tiedonhankinta ja välittäminen kiinteistön käyttäjille, WP3 käyttäjien huomioiminen ja WP4 hygieniakonseptin luonti ja kaupallistamisen mahdollisuudet. (Kiinteistöjen hygieniakonsepti ”HYGTECH” 2012, 6–8).

Käynnissä olevassa hankevaiheessa WP1 tutkitaan muun muassa miten LVI-suunnittelussa ja rakenneteknisesti voidaan huomioida hygieenisten tuotteiden ja materiaalien käyttö. Pilottikohteina ovat toimisto, vuokrakerrostalo, omakotitalo, päiväkotikoti, koulu ja sairaala. Pilottikohteista kerätään näytteitä vesijärjestelmistä, pinnoilta ja ilmasta. Taustatiedoiksi hankevaiheessa tarvitaan tulo-, sisä- ja ulkoilman tila sekä taloteknisten järjestelmien toiminta, jotta voidaan tarkastella, mikä vaikutus sisäilmastolla on mikrobikasvustoon. (Kiinteistöjen hygieniakonsepti ”HYGTECH” 2012, 2, 6–8). Tämän opinnäytetyön tutkimukset suoritetaan pilottikohteista toimistoon ja päiväkotiin ja ne tukevat osaltaan hankevaiheen WP1 tutkimustyötä. Toimistotilan pilottikohteena toimii Vesi-instituutin tilat teknologiatalo Sytyttimessä Raumalla ja päiväkodin pilottikohteena päiväkotikoti Petäjäinen Kankaanpäässä.

Sisäympäristön olosuhteiden selvittämisessä käytetään langattomia mittausjärjestelmiä, sisäilmastomittauksia, ilmanvaihtokoneen automaatiojärjestelmän keräämää informaatiota ja rakenteiden ilmantiiviysmittausta. Lähteinä tutkimuksessa on käytetty kirjallisuutta, www-sivustoja, RT-, KH ja LVI-ohjekortteja, Suomen rakentamismääräyskokoelmaa ja SFS-standardeja.

2 SISÄYMPÄRISTÖ

Rakennuksen sisäympäristöllä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka vaikuttaa huonetilassa olevien ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen (Sisäilmayhdistyksen www-sivut, 2013). Sisäympäristön tekijöitä ovat muun muassa lämpötila- ja kosteusolosuhteet, veto, valaistus- ja ääniolosuhteet sekä erilaiset epäpuhtaudet ja pölyt. Käsite sisäilmasto eroaa sisäympäristöstä siten, ettei siinä oteta huomioon valaistus- ja ääniolosuhteita. (LVI 05-10417, 2.)

Hyvä sisäympäristö on keskeinen tavoite rakennuksen suunnittelulle, rakentamiselle ja ylläpidolle. Ihmiset oleskelevat sisätiloissa suurimman osan ajastaan, jonka takia altistuminen ilman mahdollisille epäpuhtauksille sisätiloissa on merkittävää. Toimistotyöpaikoissa hyvä sisäympäristö vähentää selvästi sairauksien ja ärsytysoireiden määrää sekä parantaa viihtyvyyttä ja työsuorituksia. Sisäympäristön laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat rakennus, lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, käytetyt materiaalit ja rakennustöiden suorittaminen sekä rakennuksen käyttö ja kunnossapito. (LVI 05-10417, 2.)

2.1 Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmayhdistys ry:n julkaisema Sisäilmastoluokitus 2008 -asiakirjassa määritellään sisäilmaston laatuluokat. Luokituksen tavoitearvot on suunniteltu edistämään eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentämään siten terveyttä ja viihtyvyyttä vaarantavien ongelmien syntymisen riskiä. Sisäilmastoluokitus on kolmiportainen: S1, S2 ja S3. Näistä S1 on paras, mikä tarkoittaa suurempaa tyytyväisten osuutta. S3-luokka vastaa maankäyttö- ja rakennuslain sekä terveydensuojelulain vaatimuksia, jolloin terveelle ihmiselle ei aiheudu sisäilmastosta terveyshaittaa. Alla on esitetty laatuluokat vaatimuksineen. (Sisäilmastoluokitus 2008, 8.)

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

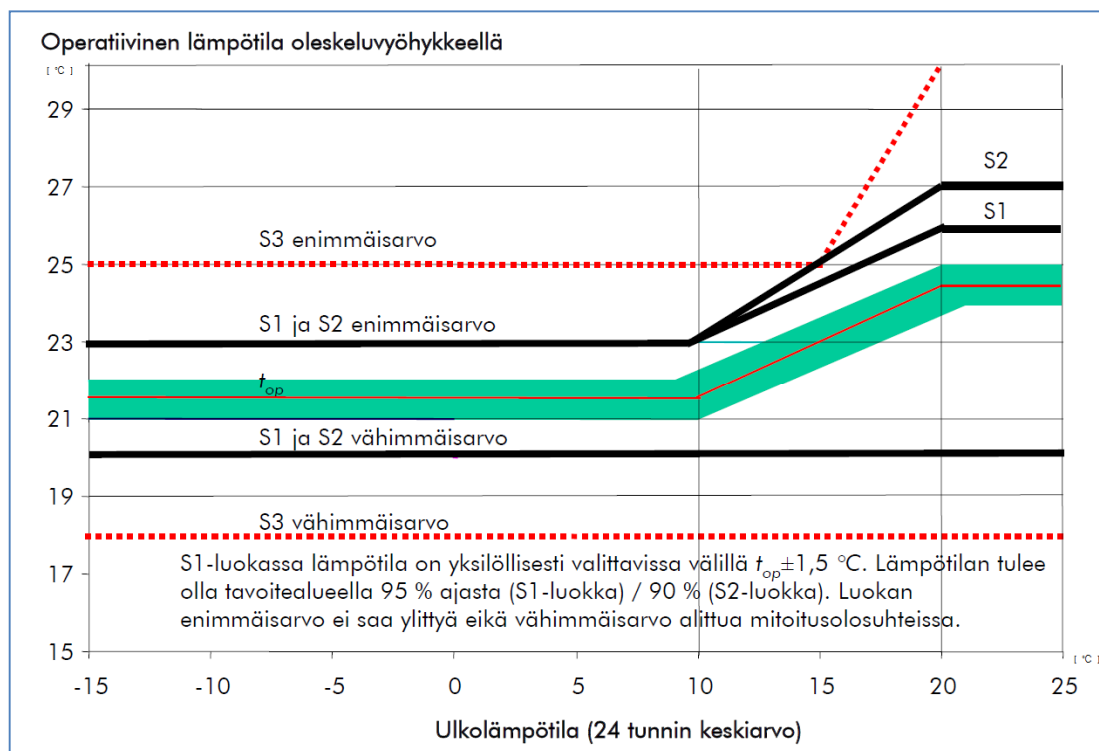
Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilman yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. (Sisäilmaluokitus 2008, 8).

2.1.1 Lämpöolosuhteiden tavoitearvot

Lämpötilan tulee olosuhteiden pysyvyyden edellyttämän ajan pysyä tavoitearvon sallitun poikkeaman alueella. S1-luokassa olosuhteiden pysyvyys toimi- ja opetustiloissa on 95 % käyttöajasta ja asunnoissa 90 %. S2-luokassa vastaavat arvot ovat 90 % ja 80 %. S3-luokassa ei pysyvyydelle ole annettu raja-arvoja. Lämpötilan voidaan antaa laskea tai nousta yli tavoitetason, jos tilan käyttäjä niin toivoo. Kuvassa 1 on esitetty eri sisäilmastoluokille asetetut operatiivisen lämpötilan tavoitearvot ja niiden sallitut poikkeamat ulkolämpötilan 24 tunnin keskiarvon mukaan. (Sisäilmastoluokitus 2008, 9.) Operatiivinen lämpötila muodostuu huoneilman lämpötilan ja ihmistä ympäröivien pintojen säteilylämpötilojen keskiarvosta (Asumisterveysohje 2003, 14). Standardin SFS 5511 "Ilmastointi. rakennuksen sisäilmasto. lämpöolojen kenttämittaukset" mukaisesti oleskeluvyöhykkeeksi tarkoitetaan aluetta, joka alkaa lattiasta ja ulottuu 1,8 metrin korkeuteen sekä 0,6 metrin päähän seinistä (SFS 5511, 1).



Kuva 1. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot. Lämpötilan tavoitealue S1-luokassa on esitetty tummemmalla. Alueen keskellä oleva viiva t_{op} on lämpötilan asetusarvo. (Säteri 2008, 3.)

2.1.2 Ilman laadun tavoitearvot

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny viihtyvyyttä alentavia hajuja eikä kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja siinä määrin, että niistä olisi terveydelle haittaa (RT RakMK-21503 2011, 4). Sisäilmastoluokituksen mukaiset tavoitearvot hiilidioksidi- ja radonpitoisuuksille sisäilmastoluokkien mukaan on esitetty taulukossa 1 (Sisäilmastoluokitus 2008, 11).

Taulukko 1. Ilman laadun tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2008, 11).

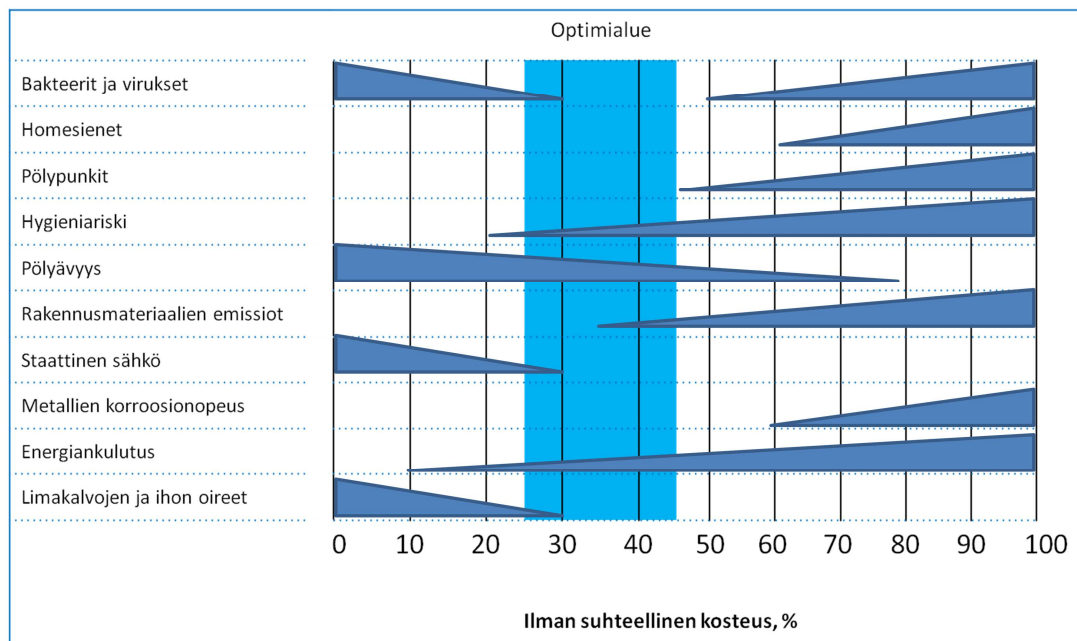
Sisäilmastoluokka	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	<750	<900	<1200
Radonpitoisuus [Bq/m ³]	<100	<100	<200
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
Toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	
Asunnot	90 %	80 %	

2.1.3 Ilman suhteellinen kosteus

Ilman suhteellinen kosteus määritellään todellisen vesihöyrynpaineen ja kyllästyshöyrynpaineen väliseksi suhteeksi tietyssä lämpötilassa. Suhde ilmoitetaan yleensä prosentteina [%] ja se kertoo, kuinka monta prosenttia absoluuttinen kosteus on vallitsevan lämpötilan kyllästyskosteudesta. Absoluuttinen kosteus tarkoittaa vesihöyryn massan suhdetta tämän vesihöyrymäärän sisältämän ilman tilavuuteen, ja sen yksikkönä käytetään [g/m^3]. Kyllästymiskosteus on absoluuttisen kosteuden yläraja ja se ilmaisee, paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa. (Asumisterveysopas 2008, 51.)

Ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla asunnoissa noin 20–60 %. Ihanteellisen ilman kosteuden saavuttaminen ei kuitenkaan läheskään aina ole mahdollista ilmastollisista syistä. Sisäilman kosteus vaikuttaa muun muassa ihmisen hengitykseen ja hikoiluun. Kuiva ilma hidastaa hengitysteiden värekarvojen liikettä ja heikentää liman poistumista. Tällöin limakalvojen vastustuskyky tulehduksia vastaan heikkenee. Liiallinen kosteus lisää muun muassa hygieniariskiä ja pölypunkkien esiintymistä. Lisäksi liiallinen kosteus voi tiivistyä rakenteisiin lisäten mikrobikasvuston riskiä. Tilapäisesti tapahtuva ilman kostuttamisessa käytetyt laitteet eivät saa lisätä ilman epäpuhtauksia. Kostutuksen tulisikin tapahtua vettä kuumentamalla. (Asumisterveysopas 2008, 46.)

Suhteellisella kosteudella on vaikutusta erilaisten mikrobien kasvuun ja leviämiseen. Huonepölypunkit vaativat viihtyäkseen ja lisääntyäkseen tilassa yli 45 % suhteellisen kosteuden. Homesienillä ja bakteereilla lisääntymisraja vaihtelee lajista riippuen ol- len yleensä 60–70 %. On kuitenkin huomattava, että homekasvusto saattaa itää ja levitä myös huomattavasti kuivemmassa ilmassa. Homekasvuston riski on erittäin suuri, jos rakenneosat ovat päässeet kostumaan. Ilman ja rakenteiden jatkuva korkea kosteus aiheuttaa lähes aina terveysriskejä ja rakennusvaurioita. Kuvassa 2 on esitetty huoneilman kosteuden vaikutuksia. Suhteellisen kosteuden optimalueeksi on määriteltä 25–45 %. Pölyävyys laskee ilman suhteellisen kosteuden kasvaessa, koska tällöin ilmassa leijuvat hiukkaset muodostavat suurempia partikkeleita, jotka laskeutu- vat ilmasta pinnoille. (Seppänen & Seppänen 1996, 23–25.)



Kuva 2. Huoneilman kosteuden vaikutuksia. Kolmion paksuus on verrannollinen tekijän suuruuteen (Seppänen & Seppänen 1996, 24).

Sisäilmastoluokitus 2008 -asiakirjassa suositellaan, että toimi- ja opetustilojen ym. työtilojen ilman suhteellisen kosteuden tulisi talvella olla S1-luokassa suurempi kuin 25 %, mutta kuitenkin korkeintaan 60 %. Pakkashuippujen aikana arvo voi lyhytaikaisesti laskea alle tavoitearvon. Luokille S2 ja S3 ei ole asetettu minimivaatimuksia. (Sisäilmastoluokitus 2008, 24.)

2.1.4 Valaistusvoimakkuuksien tavoitearvot

Sisätilojen työkohteiden valaistus suunnitellaan standardin SFS-EN 12464-1 ”Valo ja valaistus. Työkohteen valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.” - mukaisesti. Tiloille valitaan muun muassa valaistusvoimakkuuden vähimmäisarvot standardin luvun 5 taulukoista tilojen käyttötarkoituksen mukaan. Taulukossa 2 on esitetty eräiden tilojen valaistusvoimakkuuden vähimmäisarvoja. (SFS-EN 12464-1, 3.)

Taulukko 2. Eräiden tilojen keskimääräisesti ylläpidettävien valaistusvoimakkuuksien vähimmäisarvoja standardin SFS-EN 12464 luvun 5 mukaisesti. (SFS-EN 12464-1, 42–72.)

Tila	Valaistusvoimakkuus [lx]
Opetustilat – Lastentarhat, esikoulut	
Leikkihuone ja lastenhuone	300
Yleiset tilat rakennuksen sisällä – Lepohuoneet, saniteetitilat ja ensiapuhuoneet	
Lepohuoneet	100
Vaatehuoneet, pesutilat, kylpyhuoneet, WC	200
Yleiset tilat rakennuksen sisällä – Varastointi ja hyllystöalueet	
Käytävä, joissa henkilöliikennettä	150
Toimistot	
Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500

Standardissa on esitetty vain vähimmäisvaatimustaso, joten yleisvalaistuksen suunnittelu tehdään sisäilmastoluokituksen luokissa S1 ja S2 samoilla peruskriteereillä.

Standardin lisäksi asuintiloille on esitetty lisävaatimuksia Sisäilmastoluokitus 2008 -asiakirjassa: S1-luokassa työpisteen valaistuksen tulee olla käyttäjän säädettävissä ja asuintiloissa tulee olla himmentimellä ohjattu valaisinpistorasia ja ikkunoissa säädettävä auringonsuojaus, kuten säleverhot tai markiisi. Asuintilojen keittiöiden ja kylpyhuoneiden työalueiden valaistusvoimakkuuden tulisi olla vähintään 300 luksia. (Sisäilmastoluokitus 2008, 13.)

Pintojen valaistusvoimakkuuksille on asetettu omat arvot kaikissa suljetuissa tiloissa: seinillä >50lx ja katossa >30 lx. Toimistoissa, opetustiloissa ja yleisissä sisäänkäynti-, käytävä- ja porrastiloissa pintojen tulee olla paremmin valaistuja: seinät >75 lx ja katot >50 lx. (SFS-EN 12464-1, 20.)

3 SISÄYMPÄRISTÖMITTAUKSET

Sisäympäristömittaukset tehdään pääsääntöisesti oleskeluvyöhykkeeltä. Mittaukset tehdään yleensä pistokokein valiten satunnaisotoksella osa rakennuksen huonetiloista tai huoneistoista. Tilat valitaan siten, että niiden perusteella voidaan saada käsitys koko rakennuksen toimivuudesta ja suunnitelmanmukaisuudesta. Jos rakennuksella on useita eri käyttötarkoituksia, tulee mittauskohteet valita siten, että kaikki tilatyypit ovat edustettuina. (SFS 5511, 4.)

3.1 Huonetilan lämpötilan mittaus

Lämpötila mitataan esimerkiksi nestepätsäslämpömittarilla tai sähköisellä anturilla oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin korkeudelta (Sisäilmastoluokitus 2008, 9; SFS 5511, 2). Operatiivisen lämpötilan sijasta voidaan usein tarkastella huonelämpötilaa (Sisäilmastoluokitus 2008, 9). Sisäilmastoluokka S1 vastaa standardin SFS 5511 tasoa C, luokka S2 tasoa B ja luokka S3 tasoa A (Sisäilmastoluokitus 2008, 24).

Mittauksen epätarkkuudeksi sallitaan enintään ± 1 °C, joka sisältää sekä mittarivirheet että mittausepävarmuuden. B- ja C-laatuluokissa saa mittauksen epätarkkuus olla enintään $\pm 0,5$ °C. Mittarin lukemaväli saa yleensä olla enintään 0,2 °C. (SFS 5511, 6.)

3.2 Ilman kosteuden mittaus

Kosteusmittaukset voidaan tehdä suuressakin huonetilassa yhdestä pisteestä, koska ilman absoluuttinen kosteus on yleensä jokseenkin vakio koko huonetilan oleskeluvyöhykkeellä (SFS 5511, 9). Suhteellinen kosteus ilmoitetaan prosenttisuhteena, jossa verrataan ilman absoluuttista kosteuspitoisuutta tarkastelulämpötilassa verrattuna ilman maksimikosteuspitoisuuteen. (Sisäilmayhdistyksen www-sivut, 2013).

Sisäilman suhteellinen kosteus voi vaihdella huomattavasti muutaman tunnin aikavälilläkin, johtuen kosteuslähteiden ja ilmanvaihdon muutoksista. Tämän takia sisäilman kosteutta ei voida mitata hetkellisellä mittauksella vaan jatkuvana seurantamittauksena kohteesta riippuen 1–7 päivää. (Sisäilmayhdistyksen www-sivut, 2013).

Ilman suhteellinen kosteus mitataan esimerkiksi psykrometrillä tai sähköisellä mitta-laitteella, kuten kapasitiivisella anturilla. Mittarin käyttöohjeissa tulee olla tarpeelli-set tuloksen laskentaohjeet. (SFS 5511, 9–10.)

3.3 Valaistusvoimakkuuden mittaaminen

Valaistusvoimakkuusvaatimusten täyttymistä mitattaessa mittauspisteiden tulee vas-tata käytettyjä suunnittelupisteitä tai ruudukkoa. Mittaukset on tehtävä asianomaisilla pinnoilla ja määrättyjen tehtävien valaistusta tarkasteltaessa tulee mittaus suorittaa asianomaisen tehtävän työtasolta. (SFS-EN 12464-1, 74.)

KH-ohjekortti "Valaistusvoimakkuuden mittaaminen" määrittää työtasojen korkeu-deksi lattiasta mitattuna istumatyössä 0,75 m ja seisomatyössä 0,85 m. Työtasoja mi-tattaessa tulee mittari olla vaakasuorassa asennossa. Mittaus suoritetaan valaistus-voimakkuusmittarilla, jonka yksikkö on luks. (KH 31-00099, 2.)

Valaistusvoimakkuustulosten epätarkkuus johtuu lähinnä valokennosta. Valoherk-kyysvirhe johtuu siitä, ettei valokennon spektrinen herkkyys vastaa tarkasti silmän ominaisuuksia. Virhe voidaan korjata värikorjaussuotimella. Jos valon värikoostu-musta ei huomioida, voi mittavirhe olla yli 10 %. Tulokulmavirhe aiheutuu siitä, että valon tulosuunnan muuttuessa ei mittaustulos yleensä muutu vastaavasti, koska osa valokennon pintaa saapuvasta valosta heijastuu pois kennon pinnasta. Valon heijas-tumisen osuus on sitä suurempi, mitä vinommassa kulmassa valo tulee kennon pin-taan. Tulokulmavirhe voi olla jopa 25–50 %, jos valo saapuu kennoon vain hyvin suurissa tulokulmissa. (KH 31-00099, 2.)

3.4 Ilmavirtojen mittaus

Ilmavirtamittauksen avulla selvitetään ilmanvaihtojärjestelmän kautta kulkevan ilmavirran suuruus. Rakennuksen sisään tulevien ilmavirtojen on oltava poistettavaa ilmavirtaa hieman pienempi, jotta rakennus olisi painesuhteeltaan hieman alipaineinen. (Asumisterveysopas 2008, 60–61.)

Huone- tai pääte-elinkohtaiset ilmavirrat mitataan ensisijaisesti käyttäen kiinteitä mittauselimiä tai kalibroitua anturia. Mittauslaitteiden tulee olla tyyppihyväksytyjä tai kalibroitu standardin SFS 5511 vaatimusten mukaisesti. Lisäksi mittauslaitteen omat käyttöohjeet ja niiden asettamat rajoitukset on huomioitava. Mittaustulosten sallitut poikkeamat ovat huonekohtaisissa mittauksissa ± 20 %. Poikkeama muodostuu mittaustuloksen poikkeamasta ja menetelmän epätarkkuudesta. (SFS 5512, 4–5.)

3.4.1 Epätarkkuuden arvioiminen

Standardin 5512 mukaisesti luetettava virhearvio edellyttää, että mittaustulokseen vaikuttavat suurehkot systemaattiset virheet on mittauslaitteen ja mittausmenetelmän oikealla käytöllä sekä mittarin kalibroinnilla eliminoitu. Mittausten kokonaisvirhe (m) lasketaan yhtälön (1) mukaisesti. (SFS 5511, 11.)

$$m = \pm\sqrt{a_1 \cdot m_1^2 + a_2 \cdot m_2^2 + a_3 \cdot m_3^2 + \dots + a_n \cdot m_n^2} \quad (1)$$

jossa

m	mittausten suhteellinen epätarkkuus %
m_1	mittausvälineen epätarkkuus (laitevirhe) %
m_2	mittausmenetelmän epätarkkuus (menetelmävirhe) %
m_3	mittarin lukemaepätarkkuus (havaitsemisvirhe) %
m_n	Muut mahdolliset epätarkkuudet %
$a_{1...n}$	kertoimet, joilla otetaan huomioon erilaisten epätarkkuuksien vaikutus lopputulokseen. Yleisimmin kerroin $a_{1...n} = 1$, josta voi olla huomattavia laitekohtaisia poikkeamia. Näiden arvot on esitetty laitteen kalibrointitiedoissa.

Kaava huomioi satunnaisvirheiden ja pienten vaikutussuunnaltaan tuntemattomien, systemaattisten virheiden vaikutuksen (SFS 5511, 11).

3.5 Painesuhteiden mittaus

Rakennukset suunnitellaan painesuhteiltaan ulkoilmaan nähden hieman alipaineisiksi, jotta vältyttäisiin sisäilman kosteuden kulkeutumiselta ja tiivistymiseltä rakenteisiin. Alipaineen tulisi olla kuitenkin alle 20 Pa, jotta ovien ja ikkunoiden avaaminen ei vaikeutuisi. Liiallisen alipaineen haittana on lisäksi radonin, siitepölyn ja muiden ulkoilman epäpuhtauksien kulkeutuminen rakennukseen rakenteiden epätiiviyden kohtien kautta. (Seppänen & Seppänen 1996, 165–166.)

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon tavoitteellinen paine-ero koko järjestelmässä tulisi olla Asumisterveysoppaan mukaan 0–2 Pa alipainetta ulkoilmaan nähden (Asumisterveysohje 2003, 64). Ilman tulee virrata rakennuksen sisällä paine-erojen avulla puhtaista tiloista likaisempiin tiloihin. (Seppänen & Seppänen 1996, 166.)

Painesuhteet ja -eroja on syytä mitata, jos ilmanvaihtojärjestelmällä ei pystytä rakennuksen painesuhteita hallitsemaan eri olosuhteissa tai jos tilojen käyttötarkoitus tai

epäpuhtaustuotto asettaa erityisiä vaatimuksia painesuhteille, esimerkiksi sairaaloissa tai teollisuudessa (SFS 5511, 4). Epätasapainossa oleva ilmanvaihtojärjestelmä voi aiheuttaa terveydelle haitallisten epäpuhtauksien kulkeutumisen asuntoihin rakennuksen muista tiloista (Asumisterveysohje 2003, 25). Lisäksi Paloniitty painottaa kirjassaan ”Rakennusten tiiviysmittaus”, että vallitsevan paine-eron mittaus on yksi tärkeimmistä mittauksista sisäilman laadun ja rakenteiden toiminnan tutkimisessa (Paloniitty 2012, 8).

Painesuhteiden mittaus tehdään joko mekaanisella tai sähköisellä manometrillä. Lisäksi tarvitaan mittausletkua sekä mahdollinen ohut läpivientiputki. (SFS 5512, 12.) Yleensä painesuhteet mitataan ulkoilmaan nähden vetämällä letku oven, ikkunan tai tuuletusluukun karmin ja puitteen välistä ulos ja liittämällä letku sisällä olevaan manometriin. (Asumisterveysohje 2003, 64–65.)

3.6 Mittausolosuhteet

Sekä ilmavirta- että painesuhdemittaukset tulee tehdä asunnon normaalia käyttöä vastaavissa sää- ja käyttöolosuhteissa. Mittauksia poikkeuksellisen kylmällä (ulkoilman lämpötila alle -20 °C), kuumalla (ulkolämpötila yli $+20\text{ °C}$) tai tuulisella (tuulen nopeus yli 10 m/s) säällä tulisi välttää. Mittaukset tehdään ikkunat suljettuina. (Asumisterveysohje 2003, 61–64.)

4 RAKENNUKSEN ILMATIIVIYSMITTAUS

Rakennusten ilmatiiviyttä tarkastellaan, jotta saadaan selville rakennuksen ilmanvuotoluku. Ilmanvuotolukua tarvitaan lähtötietona rakennuksen lämmöntarpeen laskennassa muun muassa lämpöhäviöiden tasauslaskennassa rakennuslupavaiheessa. Lisäksi tiiviysmittauksen avulla voidaan helposti paikantaa rakennuksen vaipan ilmanvuodot. Näiden tuloksien avulla voidaan käytössä olevien rakennusten osalta ar-

vioida epäpuhtauksien ja kosteuden kulkeutumista ja paikantaa ilmavuotoreittejä korjausten tai tiivistystoimenpiteiden toteuttamiseksi. (Paloniitty 2012, 16.)

Ilmatiiviydellä voidaan tarkoittaa rakenteen vesi-, ilma- ja vesihöyrytiiviyttä asiayhteydestä riippuen. ”Rakenteen tiiviyys” -käsite sekoitetaan usein rakenteen ilmatiiviyteen eli sen hengittävyys tai epähengittävyys. Rakenteen tiiviydellä ei tarkoiteta kuitenkaan rakenteen ilmatiiviyttä, vaan vesihöyryn diffuusiota eli vesihöyryn kulkeutumista molekyylitasolla rakenteen läpi. (Paloniitty 2012, 12.)

Ilmatiiveys kuvaa rakenteen kykyä vastustaa ilman liikettä rakenteen läpi ja ilmatiiviyttä mitattaessa ei suoranaisesti tutkita vaipan tiiviyttä, vaan rakennuksen vaipan läpäisevää ilmavirtausta. Vaipalla tarkoitetaan tässä karkeasti niitä rakennusosia, jotka erottavat lämpimät osat kylmistä ja ulkoilmasta. Ilma voi virrata vaipan rakenteiden läpi tai vaipan rakojen ja reikien kautta, kuten ikkunoiden ja ovien liitoskohdista tai erilaisten hormien ja vaipan liitoksista. Lämpimän sisäilman kosteus voi kulkeutuessaan ulos rakenteiden läpi kondensoitua rakenteiden kylmiin osiin ja aiheuttaa tiivistyessään kosteus- ja homevaurioita. Tämän estämiseksi rakennuksessa tulisikin vallita normaaleissa käyttöolosuhteissa noin 0–10 Pa:n alipaine. (Paloniitty 2012, 12–16.)

Rakennuksen ilmatiiviyttä todennetaan paine-eromenetelmällä. Siinä tutkittavaan tilaan luodaan puhaltimella paine-ero ulkoilmaan nähden. Paine-eron ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä mitataan. Kun 50 Pa:n paine-eron ylläpitämiseksi tunnin aikana tarvittava ilmamäärä jaetaan tutkittavan tilan vaipan alalla, saadaan tulokseksi nykyisin käytettävä ilmantiiviyden yksikkö, ilmanvuotoluku q_{50} . Ilmanvuotoluku q_{50} esitetään yksikössä [$\text{m}^3 / (\text{h m}^2)$]. Vaipan alaan lasketaan rakennuksen ulkoseinät tai tilaa rajaavat seinät aukotuksineen sekä ala- ja yläpohja sisämittojen mukaan laskettuna. Käytössä on ollut myös ilmanvuotoyksikkö n_{50} , joka määritellään jakamalla paine-eron ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä tutkittavan tilan ilmatilavuudella. Sen yksikkö on [1/h]. (Paloniitty 2012, 14.)

4.1 Rakennusten ilmatiiviyden raja-arvot

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D3 2012 määrittää ilmanpitävyydelle raja-arvoja. Raja-arvoilla ohjataan rakennusten energiatehokkuutta ja estetään rakenteiden läpi tapahtuvien ilmavirtauksien aiheuttamasta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjälle ja itse rakenteille. Ilmanvuotoluvulle q_{50} asetettuja raja-arvoja on koottu taulukkoon 3. (RT RakMK-21504 2011, 5.)

Taulukko 3. Ilmanvuotoluvun q_{50} raja-arvoja. Taulukossa on lueteltu Suomen rakentamiskokoelman osan D3 vaatimuksia ilmanvuotoluvulle q_{50} , sekä niiden selityksiä. Lisäksi taulukkoon on kerätty kohdat, josta arvot ja selitykset löytyvät RakMK D3:sta. (RT RakMK-21504 2011, 5–6.)

Ilmanvuotoluku q_{50}	Selite	RakMK D3 kohta
> 4	Poikkeukselliset rakenteelliset ratkaisut	2.3.2
≤ 4	Vähimmäisvaatimus kaikille uudisrakennuksille	2.3.2
2	Laskennassa käytettävä vertailuarvo = määräysten mukainen rakennus	2.3.2, Selostus
≤ 1	Määräysten suositusarvo	2.5.8

4.2 Tiiviysmittauksen toteutus

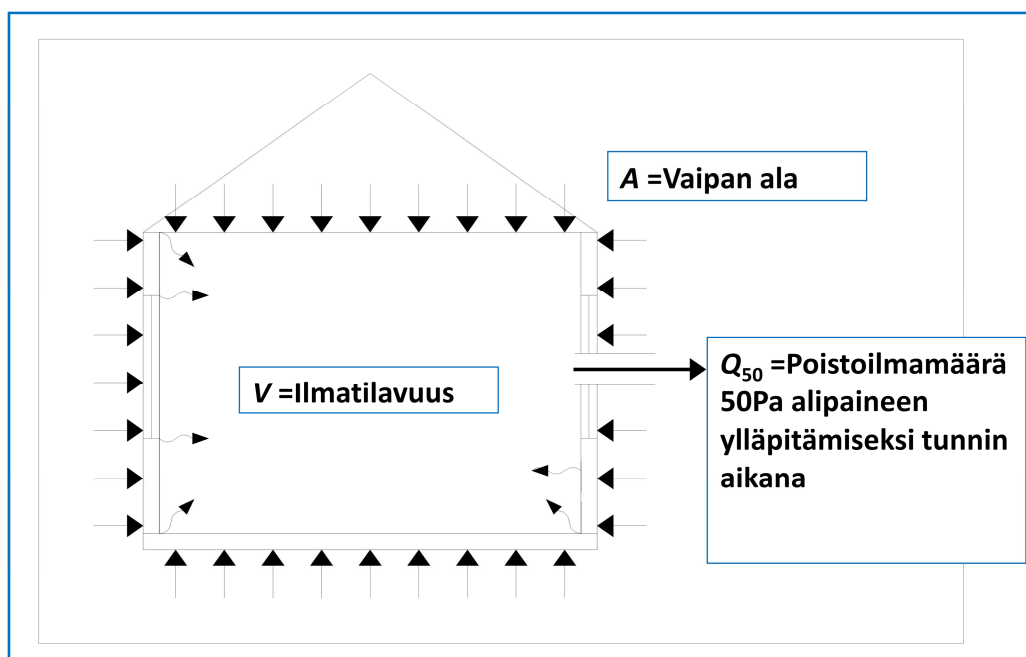
Rakennuksen tai sen osien ilmatiiviyttä mitataan paine-eromenetelmällä, jossa tutkittavaan tilaan aiheutetaan paine-ero ulkoilmaan nähden standardin SFS-EN 13829 ”Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified)” mukaisesti. Paine-ero luodaan puhaltimella, joka yleisimmin asennetaan ulko-oven paikalle. Puhaltimena voi toimia myös rakennuksen oma ilmanvaihtolaitteisto. Mittaus tehdään yleensä vähintään viidellä eri paine-erolla ja paine-eron ylläpitämiseksi tarvittavat ilmamäärät mitataan. Mittaustuloksista lasketaan vuotoilmakäyrä, jonka avulla lasketaan 50 Pa:n paine-eroa vastaava ilmamäärä. Nykyisin käytössä oleva ilmanvuotoluku q_{50} , yksikkö [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$], lasketaan kaavan (2) mukaisesti jakamalla 50 Pa:n paine-eron ylläpitämiseksi tunnin ajan tarvittava ilmamäärä (Q_{50}) tutkittavan tilan vaipan alalla (A). Kuvassa 3 on havainnollistettu nuolilla alipainekokeen aikana rakenteisiin kohdistu-

vaa painetta ja ilmavirtojen suuntia. Kun ilmamäärä (Q_{50}) jaetaan tilan ilmatilavuudella (V) saadaan ilmavuotoluku n_{50} , yksikkö [1/h], jota käytettiin ennen vuonna 2012 voimaan tullutta Suomen rakentamismääräysten osaa D3. (Paloniitty 2012, 29.)

$$q_{50} = \frac{Q_{50}}{A} \quad (2)$$

jossa

q_{50}	ilmavuotoluku 50 Pa:n paine-erolla
Q_{50}	ilmamäärä, joka tarvitaan 50 Pa:n paine-eron ylläpitämiseksi tunnin ajan
A	rakennusvaipan pinta-ala kokonaissämittojen mukaan laskettuna



Kuva 3. Vaipan tiiviysmittauksen periaate. Nuolet kuvaavat alipainekoneen aikana vallitsevan paineen ja ilmavirtojen suuntia. Suurin nuoli rakennuksen aukossa kuvaa puhallinta. (Paloniitty 2012, 29.)

Standardin SFS-EN 13829 mittausmenetelmän B (rakennuksen vaipan testaus) mukaisesti rakennuksen tarkoituksellisesti ilmanvaihtoa varten tehdyt aukot (ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistokanavat, korvausilmaventtiilit), tulisijat ja hormit suljetaan tiiviisti (SFS-EN 13829 2000, 11–13). Lisäksi kaivoissa ja viemäreissä tulee olla vet-

tä. Lopullisen tiiviysmittaustuloksen tulee olla mitattu valmiista rakennuksesta. (Paloniitty 2012, 30–39.)

Mittauksen valmisteluihin kuuluu säätietojen keräys, asuinpinta-alan ja tilavuuden määrittäminen, rakennuksen kaikkien tarkoituksenmukaisten aukkojen sulkeminen ja tiivistäminen esimerkiksi teipillä tai palloilla, viemäreiden vesimäärän tarkistaminen, väliovien avaus sekä puhaltimen ja mittalaitteiston asennus. Säätiedoista kirjataan ulko- ja sisälämpötila, ulkoilman ilmanpaine ja tuuliolosuhteet. (Paloniitty 2012, 44–45.)

Jotta tiiviysmittaus olisi luotettava, täytyy paine-ero-olosuhteet olla riittävän vakaat. (Paloniitty 2012, 37). Standardi SFS-EN 13829 kehottaa olla suorittamatta mittausta, jos tuulen nopeus on yli 6 m/s tai 3 Beaufortin asteikolla (SFS-EN 13829 2000, 11). Tällöin mittauksista ei saada täysin luotettavaa tulosta (Paloniitty 2012, 37). Lisäksi standardi suosittaa tekemästä mittausta, jos sisä- ja ulkolämpötilojen erotus kerrottuna rakennuksen korkeudella ylittää arvon 500 m°C, koska tällöin savupiippuilmio vaikuttaa liikaa mittaustuloksiin. (SFS-EN 13829 2000, 11.)

Savupiippuilmioilla tarkoitetaan ilmiötä, jossa lämmennyt, tiheydeltään pienentynyt huoneilma nousee ylöspäin ja aiheuttaa huoneen yläosaan ylipainetta. Olettamalla rakennuksen ilmanvuotokohtien jakautuneen tasaisesti rakennuksen korkeussuunnassa, saadaan maksimipaine-ero ulkoilmaan nähden rakennuksen keskellä jakamalla rakennuksen yläosan maksimipaine-ero kahdella. Jos keskimääräinen paine-ero ulkoilmaan nähden on yli 5 Pa, ei rakennuksen ilmantiiviysmittaus anna luotettavaa tulosta. Savupiippuilmio korostuu erityisesti korkeissa rakennuksissa, jos ulko- ja sisäpuolen väliset lämpötilaerot ovat suuria. (Paloniitty 2012, 9, 51.)

4.3 Mittausten virhelähteet ja tarkkuus

Rakennuksen ilmatiiviyden mittausrvirhe muodostuu ilmamäärän mittausrvirheestä sekä rakennuksen suureiden mittausrvirheestä. Ilmamäärän mittausrvirhe on melko pieni ja sen laskee käytetty mittausrhjelmlisto perustuen mittausrjarjan tulosten keskihajontaan. Rakennusten suureiden mittaamisesta muodostuu todellista virhettä. Tau-

lukossa 4 on koottu Paloniityn teoksessaan mainitsemat virheprosentit vaipan alan ja ilmatilavuuden mittaamisen osalta. (Paloniitty 2012, 57.)

Taulukko 3. Suureiden mittaustoimenpiteiden vaikutus rakennuksen vaipan alan ja ilmatilavuuden mittausrvirheeseen (Paloniitty 2012, 57).

Virheprosentti, %	Suureiden mittaustoimenpiteet
1	mitattu vähintään kolmeen kertaan eri henkilön toimesta
3	mitattu vähintään kahteen kertaan eri henkilön toimesta
5	mitattu vähintään kahteen kertaan saman henkilön toimesta
5	mitataan sekä piirustuksista että kohteessa
7	mitattu vain kohteessa
10	mitattu vain piirustuksista

Mittaajan tulee arvioida lopullinen virhe ottaen huomioon muun muassa ulko-olosuhteet, suureiden mittausrvirhe, ilmamäärän mittausrvirhe ja tiivistämisestä tulleet virheet. Lopullinen virheprosentti erillisellä tiiveysmittauslaitteistolla on tyypillisesti 3–10 prosenttia ja rakennuksen omalla ilmanvaihtojärjestelmällä mitattaessa 10–20 prosenttia. Ilmatiiviysmittaajan on huolehdittava laitteiston kalibroinnista valmistajan ohjeen mukaisesti. (Paloniitty 2012, 57.)

5 LANGATON MITTAUSJÄRJESTELMÄ

Langattoman mittausrjärjestelmän parhaita puolia ovat sen asennuksen vaivattomuus, itsenäinen toiminta ja huoltovapaus. Käytännössä itsenäinen toiminta tarkoittaa, että verkko muodostuu, korjaantuu ja sopeutuu muutoksiin, kuten mittalaitteiden lisäämiseen tai poistamiseen, ilman toiminnan häiriintymistä ja erillistä hallintaa. Lisäksi järjestelmässä on mittausrtulosten etälukumahdollisuus ja antureiden mittausrasetusten etäsäätö. Järjestelmän täydellinen langattomuus saavutetaan käyttämällä paristoilla toimivia mitta-antureita. (Tampereen teknillisen yliopiston www-sivut 2013.)

5.1 Projektissa käytetty langaton mittausjärjestelmä

Projektissa käytetty langaton mittausjärjestelmä on Wirepas Oy:n toimittama. Järjestelmä on hankittu HYGTECH-projektin tarpeet huomioonottaen. Wirepas Oy:n järjestelmä tukee ethernet-liitännän lisäksi 3G/GPRS-yhteyttä, käyttää mittalaitteiden kytkeytymiseen mesh-topologiaa, on täysin langaton, helposti laajennettavissa ja helppokäyttöinen. (Kukka 2013, 8, 44–46.)

Wirepas Oy:n järjestelmän käyttämä teknologia on kehitetty Tampereen Teknillisessä Yliopistossa vuosina 2002–2010 ja se on kansainvälisesti patentoitu. Mittausjärjestelmä sisältää tilaajan määrittelemät mittalaitteet ja kerätyn mittausdatan palvelimelle reitittävän gateway-laitteen. (Wirepas Oy:n www-sivut 2013.)

Mittalaitteet muodostavat keskenään mittausverkon kytkeytymällä toisiinsa langattomasti mesh-topologiaa käyttäen. Tällöin yksittäinen mittalaite kommunikoi vain sitä lähinnä olevien laitteiden kanssa. Vikaherkkyys on pieni, sillä yksittäisen anturin vikaantuminen ei aiheuta suurta ongelmaa, koska viestien kulku voidaan reitittää uudelleen muiden antureiden kautta. Lisäksi yhteyden katketessa jokainen mittalaite tallentaa keräämänsä mittausdatan flash-muistiinsa ja lähettää sen eteenpäin heti, kun yhteys verkkoon on palautunut. Järjestelmä valitsee automaattisesti anturin, johon on lyhyin ja vahvin linkkiväli. Jokainen anturi toimii näin toisilleen tukiasemina välittämällä mittausdatansa kokoavalle ja lähettävälle gateway-laitteelle. (Wirepas Mittaus-salkku 2011.)

Wirepas Oy:ltä löytyy kattava valikoima eri mittaustarkoituksiin suunnattuja antureita. Erilaisia mitta-antureita voidaan mitata muun muassa ilmankosteutta, lämpötilaa, CO₂-pitoisuutta, virtaa, jännitettä, paine-eroa ja ilmavirtausta (Wirepas-anturit). Kaksi viimeisintä tarvitsevat muista poiketen toimiakseen verkkovirtaa. Yrityksen mittalaitteet voivat sisältää jopa seitsemän erilaista mitta-anturia. Mittalaitteiden kantama on olosuhteista riippuen 10–50 metriä. (Wirepas Oy Älykästä länsäoloa 2011.)

Mittauksissa käytetyistä mittalaitteista löytyvät lämpötilaa, ilmankosteutta ja valon voimakkuutta mittaavat mitta-anturit. Mittalaitteet toimivat paristoilla ja yhteensä niitä on yhdessä salkussa 16 kappaletta. Lisäksi salkku sisältää yhden 3G Ethernet

GW gateway-laitteen. Taulukossa 4 on koottu mittalaitteiden sisältämien antureiden mitta-alueet, tarkkuus ja mallinimi. (Wirepas anturit.)

Taulukko 4. Käytettyjen Wirepas-mittalaitteiden sisältämät anturit. Taulukossa on esitetty anturien mitta-alueet, tarkkuudet ja mallit. (Wirepas-anturit.)

Anturi	Mitta-alue	Tarkkuus	Malli
Lämpötila	-40 °C - +125 °C	± 0,5 °C	TMP102
Ilmankosteus	0–100 %	± 2 %	SHT15
Valovoimakkuus	5–10 000 lx	± 30 %	ADPS-9002

6 MITTAUSKOHTEET JA -TARPEET

6.1 Teknologiaatalo Sytytin, Rauma

HYGTECH-projektin yksi pilottikohde on Raumalle vuonna 2011 valmistunut teknologiaatalo Sytytin. Toimistotalona toimivassa rakennuksessa on yhteensä kerrosalaa 6000 neliometriä, joista vuokrattavia tiloja on 5300 neliometriä. Talo tarjoaa yrityksille keskitetyn toimintaympäristön hautomo-, kehitys- ja kokouspalveluineen. Rakennus sijaitsee osoitteessa Sinkokatu 11, 26100 Rauma. Muiden yritysten kanssa talossa toimii Prizztech Oy:n kehittämis- ja tutkimusyksikkö Vesi-instituutti WANDER. (Rauman kaupungin www-sivut 2013.)

Vesi-instituutin tilojen yhteispinta-ala on 249,5 neliometriä. Tilat ovat yhdessä tasossa ja sijaitsevat 1. kerroksen C-osassa. Tilat koostuvat 7 toimistohuoneesta, laboratorion, kahvihuoneesta, varastosta, siivouskomerosta, kahdesta vessasta ja kaikkia edellä mainittuja tiloja palvelevasta käytävästä. Toimistotiloissa, laboratoriossa ja kahvihuoneessa tuloilmasta, ilmastoinnista ja lämmityksestä vastaavat YIT:n Lux-cool 2400 -tuloilmapalkit. Siivouskomerossa, varastossa ja vessoissa lämmitys hoidetaan kiertovesipattereilla.

Vesi-instituutin tiloihin on asennettu projektissa hygienia tuotteita, kuten eri materiaaleista valmistettuja ovien-, valokytinten ja wc-istuinten avaus- ja painokytimiä. Osa tiloista toimii referenssinä tiloille, joihin on asennettu hygienia tuotteita, jotta voidaan arvioida eri laitteiden ja materiaalien vaikutusta. Lisäksi Vesi-instituutti tutkii rakennuksessa käytettävää talousvettä ja veden kanssa kosketuksissa olevia materiaaleja. (Kiinteistöjen hygienia konsepti HYGTECH 2012, 2-3.) Hygienia tuotteiden esittely ja tarkempi sijoittelu kohteessa rajattiin pois tästä opinnäytetyöstä.

Pilottikohteesta on tavoitteena selvittää ja seurata kiinteistön sisäympäristön olosuhteita osana HYGTECH-hanketta. Mittaustarpeet olivat tästä kohteesta mitata jatkuvasti lämpötilaa, kosteutta ja valaistusvoimakkuutta sekä pistemittauksina ilmanvaihdon ilmavirtoja, tilojen paine-eroja ja rakenteiden tiiviyyttä.

6.2 Päiväkoti Petäjäinen, 2. osa, Kankaanpää

Toinen tässä opinnäytetyössä tarkasteltavista HYGTECH-projektin pilottikohteista on Kankaanpäässä sijaitseva päiväkoti Petäjäisen laajennus- eli 2. osa. Päiväkodin osoite on Kangasmoisionkatu 3, 38700 Kankaanpää. Laajennusosan hyötyala on 856 neliömetriä ja se on otettu käyttöön syyskuussa 2012. (Kankaanpään kaupungin www-sivut, 2013.)

Päiväkodissa toimii 5 lasten hoitoryhmää, joista yksi on vuorohoitoryhmä. Yhdessä ryhmässä on suunniteltu olevan kerrallaan enintään 21 lasta ja tarvittava henkilökunta. Ryhmät ovat tiloiltaan toistensa kanssa lähes samanlaiset ja sopivat siksi erinomaisesti hankkeessa vertailtaviksi keskenään. Ryhmien tiloista 1, 2, 3 ja 4 ovat pinta-alaltaan ja huoneiltaan identtisiä toistensa kanssa, lukuun ottamatta 1. ryhmän märkäeteisen wc-koppia. Ryhmien pinta-ala on 125 m² ja niissä on lepo huone, ryhmähuone, pienryhmähuone, märkäeteinen, eteinen, wc, varasto ja tekninen tila. Viidennessä, vuororyhmässä, on 123,2 m² ja edellisten huoneiden lisäksi henkilökunnan vessa ja ensimmäisen ryhmän tavoin wc-istuin ja -koppi märkäeteisessä. Hygienia tuotteita on asennettu ryhmiin 2 ja 3. Tuotteet ovat muun muassa eri materiaaleista valmistettuja ovien avauspainikkeita ja kosketusvapaita hanoja. Ryhmät 1, 4 ja 5 toimivat näiden ryhmien referenssitiloina.

Ryhmissä on jokaisessa oma tulo- ja poistoilmanvaihtokoneensa. Jokaisen ryhmän lepo- ja ryhmähuoneissa on hiilidioksidianturit, jotka ohjaavat ilmavirtojen suuruutta näissä tiloissa. Lämmitysmuotona tiloissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Päiväkodin ulkoseinät on tehty puurungolla elementeistä. Rakennuksen alapohja on tuuletettava.

Tavoitteena on selvittää ja seurata kiinteistön sisäympäristön olosuhteita osana HYGTECH-hanketta. Tämän kohteen osalta mittaustarpeet olivat mitata jatkuvasti lämpötilaa, kosteutta ja valaistusvoimakkuutta sekä pistemittauksina ilmanvaihdon ilmavirtoja, tilojen paine-eroja ja koko päiväkodin laajennusosan rakenteiden ilmatii- viyttä.

7 SUORITETUT MITTAUKSET

7.1 Lämpötilan, ilman kosteuden ja valaistusvoimakkuuden mittaukset

Huonetilan lämpötilan, ilman kosteuden ja valaistusvoimakkuuden jatkuva seuranta- mittausta toteutettiin Wirepas Oy:n langattomalla mittausjärjestelmällä. Mittarit asennettiin huonetilan lämpötilamittausten mukaisesti 1,1 metrin korkeuteen lattiasta. Mittareita ei asennettu keskelle mitattavaa tilaa mittauksen pitkän keston takia. Ne pyrittiin sijoittamaan paikkaan, jossa ne eivät haittaa päivittäistä toimintaa, mutta antavat silti mahdollisimman luotettavan tuloksen. Mittalaitteiden asennus haluttiin tehdä rakenteita rikkomatta, joten ne päädyttiin kiinnittämään rakenteen pintaan vah- valla kaksipuolisella teipillä. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty mittareita asennettuna Kan- kaanpään päiväkotia Petäjäsessä ja kuvissa 5 ja 6 Vesi-instituutin tiloissa Raumalla. Mittaukset käynnistettiin ja valvottiin Wirepas Control Panel -ohjelman kautta. Mit- tauksien aikaväliksi määritettiin 10 minuuttia ja mittausten kulkua seurattiin säännöl- lisesti.



Kuva 3 Ryhmän 2 märkäeteiseen asennettu langaton Wirepas-mittari.



Kuva 4 Ryhmän 2 ryhmähuoneen seinään asennettu langaton Wirepas-mittari.

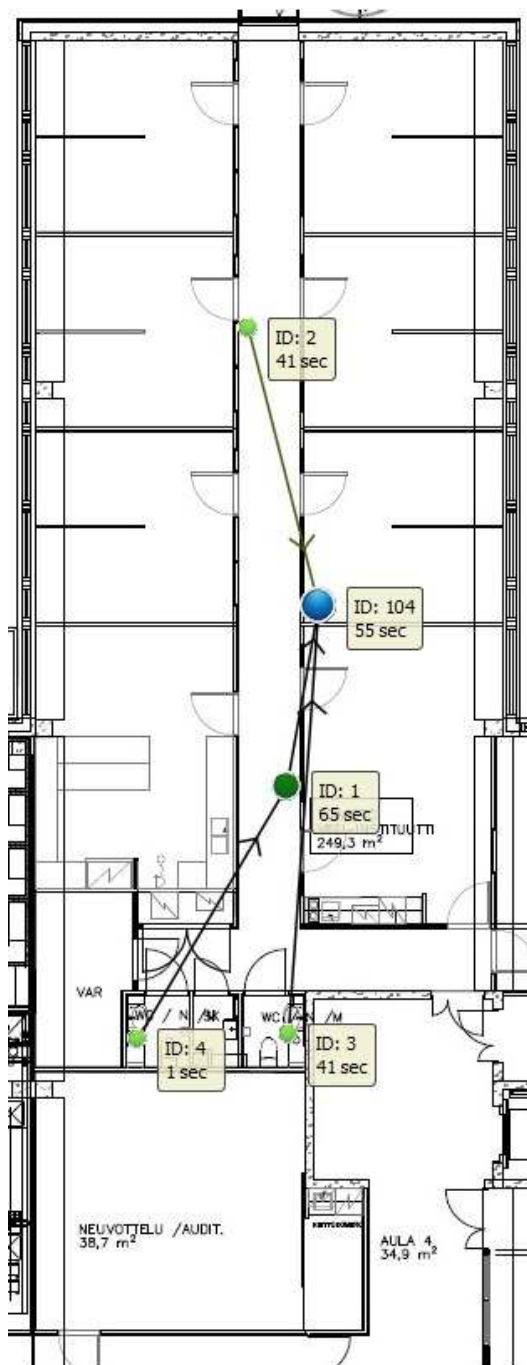


Kuva 5 Vesi-instituutin käytävän loppupäähän asennettu Wirepas-mittari.



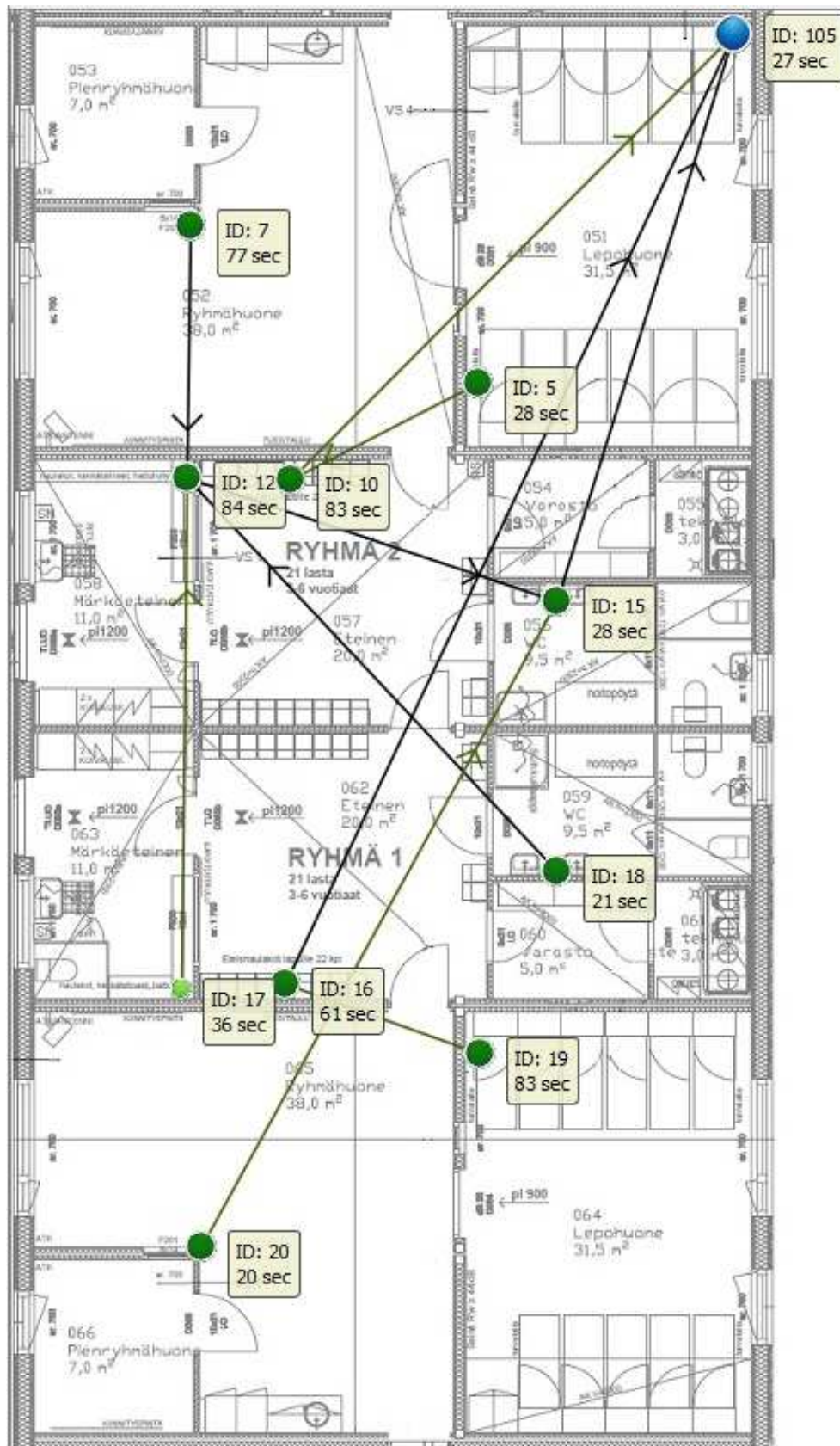
Kuva 6 Vesi-instituutin oikeanpuoleinen wc-tila.

Vesi-instituutin tiloihin mittareita asennettiin yhteensä 4 kappaletta: kaksi käytävätilaan ja kaksi kahteen eri vessaan. Käytävätilan mittarit asennettiin sen alku- ja loppupäähän. Wc-tiloista toiseen on asennettu kosketusvapaa hana ja eri materiaalista valmistettuja painikkeita. Toinen wc-tila toimii tämän referenssinä. Kuvassa 7 on esitetty mittareiden paikat. Kuvassa vihreät pallot kuvaavat mittareita.



Kuva 7 Vesi-instituutin tiloihin Raumalla asennetut langattomat Wirepas-mittarit. Mittarit näkyvät kuvassa vihreinä palloina (4 kpl). Sininen pallo kuvaa tiedot palvelimelle siirtävää gateway-laitetta.

Mittareita päiväkotia Petäjässä asennettiin yhteensä 10 kappaletta. Mittarit asennettiin kahteen ryhmään: ryhmään numero 2, johon on asennettu hygieniatuotteita, kuten kosketusvapaita hanoja ryhmän 3 tavoin, ja ryhmään numero 1, joka toimii referenssinä yhdessä ryhmien 4 ja 5 kanssa. Kuvassa 8 on esitetty asennettujen mittareiden paikat. Mittarit asennettiin kummissakin ryhmässä 5 huonetilaan: märkäeteiseen, eteiseen, wc-tilaan, ryhmähuoneeseen ja lepohuoneeseen.



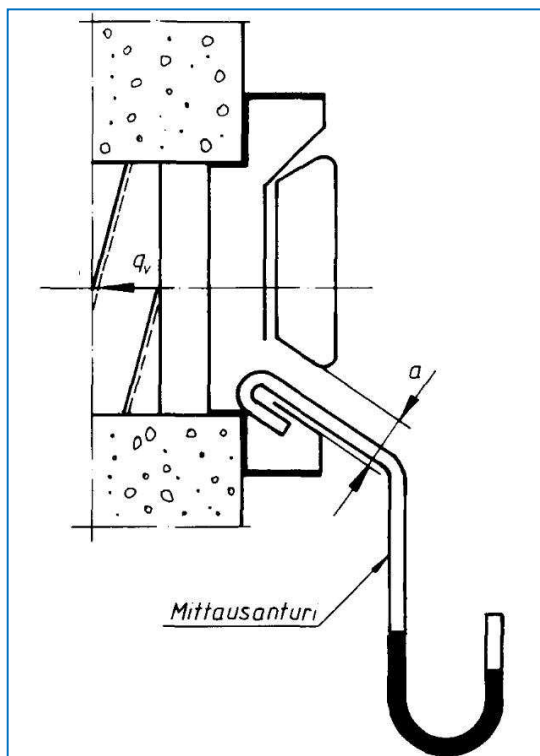
Kuva 8 Päiväkoti Petäjäksi tiloihin asennetut langattomat Wirepas-mittarit. Mittareita on asennettu 10 kappaletta ja ne näkyvät kuvassa vihreinä palloina. Sininen pallo kuvaa tiedot palvelimelle siirtävää gateway-laitetta. Mittarit asennettiin kuvan mukaisesti kumpaankin ryhmään samoihin huonetiloihin.

Ulkoilman lämpötila-arvot saatiin Raumalla teknologiatalo Sytyttimen automaatiojärjestelmästä. Järjestelmän tallentamien arvojen mittausväli on 3 tuntia. Tiedot haettiin suoraan rakennuksen ilmastointikonehuoneessa sijaitsevasta automaatiota palvelevalta tietokoneelta.

7.2 Ilmavirtamittaukset

Ilmavirtamittaukset tehtiin kohteissa sekä tulo- että poistoilmapäätelaitteista ja ne tehtiin hetkellisinä pistemittauksina. Mittaukset tehtiin paine-eroon perustuvalla mittausmenetelmällä. Paine-eromenetelmän epätarkkuus on noin 5 %, mikäli mittausolosuhteet ja päätelaitteen arvot ovat tiedossa, muuten 10–15 % (SFS 5512, 9). Mittarina käytettiin VelociCalc Plus 9565 -mittaria ja mittavälineenä tilanteesta riippuen mittasondia ja kumiletkia tai pääte-elimen mittayhteitä. Niitä käytettiin tuloilmapäätelaitteissa, joissa mittayhteet olivat valmiina. Ne yhdistettiin mittariin, josta luettiin paine-ero. Tuloilmapäätelaitteista kirjattiin lisäksi ylös päätelaitteen säätöarvo käyttäen apuna laitevalmistajan julkaisemia taulukoita.

Mittasondia käytettiin sekä poisto- että tuloilman lautasventtiileissä. Sondi asetettiin venttiiliin kuvan 9 mukaisesti ja siihen liitetyltä mittarilta luettiin paine-ero. Venttiilin koko ja asennot mitattiin ja kirjattiin ylös. Asentoa vastaavat k-kertoimet luettiin valmistajien julkaisemista mittaus- ja säätöoppaista.



Kuva 9 Pääte-elimien paine-eron mittaus mittasondilla. Kuvassa sondista on käytetty sanaa mittausanturi. (SFS 5512, 9.)

Ilmavirrat lasketaan saatujen paine-erojen ja valmistajan ilmoittamien päätelaitteiden säätöarvojen eli k-kertoimien avulla seuraavan kaavan (2) mukaisesti:

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p_m} \quad (2)$$

jossa

q_v	ilmavirta, l/s
Δp_m	mittauspaine-ero, Pa
k	säätöarvo kerroin

(Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas. Maaliskuu 2010, 2.)

7.3 Ilmatiiviysmittaus

Kankaanpäässä rakennuksen ilmatiiviysmittaus toteutettiin päiväkotia Petäjälän vuonna 2012 valmistuneeseen laajennukseen eli 2. osaan. Sen tilavuus on 3158,6 m³, vaipanala 2791 m² ja kerrosala 1053 m². Alat laskettiin etukäteen mittaamalla piirus-

tuksista ja tarkistettiin paikanpäällä käyttäen apuna laseretäisyysmittaria. Rakennuksen alapohja on tuulettuva, ulkoseinät ja yläpohja puurunkoisia ja rakennus on elementeistä koottu. Rakennusosassa on yhteensä 8 ilmanvaihtokonetta.

Mittaus suoritettiin ryhmän 5 ulko-oveen kuvan 10 mukaisesti asennetun Blower-Door -ovikehyksen ja -muovin, Retrotec 1000 -puhaltimen ja sen ohjausyksikön avulla. Lisäksi käytettiin mittausohjelmana Retrotecin FanTestic -ohjelmaa. Ilmanvaihto tukittiin ilmanvaihtokoneilta teippaamalla (kuva 11) ja käyttämällä koneiden omia sulkupeltejä (kuva 12). Rakennusosassa avattiin kaikki väliovet. Lisäksi varmistettiin, että ikkunat olivat kiinni ja vesilukoissa vettä. Sisä- ja ulkolämpötila, tuulen nopeus ja -suunta sekä ulkona vallitseva ilmanpaine kirjattiin mittauspöytäkirjaan (Liite 6).

Ennen mittausta tilaan tuotiin 50 pascalin alipaine, jotta voitiin käydä havainnoimassa mahdollisia unohtuneita ja ei rakenteissa johtuvia vuotoja, kuten huonosti suljettuja ikkunoita, ja varmistua valittujen kuristusten riittävydestä mittaukseen. Mittauksen alussa ja lopussa puhallin peitetään ja mittausohjelmisto mittaa vallitsevan paineeron ulkoilman ja sisätilan välillä. Mittaus suoritettiin 20–60 pascalin paine-erolla 10 pascalin välein ensin alipaineessa ja sen jälkeen ylipaineessa.



Kuva 10 Ilmatiiviysmittauksessa käytetyt tarvikkeet. Kuvassa BlowerDoor -ovikehys ja -muovi, Retrotec 1000 -puhallin ja sen ohjausyksikkö. Kannettavalla tietokoneella käytettiin Retrotecin FanTectic -ohjelmaa.



Kuva 11 Ilmanvaihtokone tukittu teippaamalla.



Kuva 12 Ilmanvaihtokone tukittu laitteen omalla sulkupellillä.

7.4 Painesuhteiden mittaukset

Kankaanpäässä päiväkotia Petäjäsessä painesuhteita selvitettiin mittaamalla paine-erot jokaisen ryhmän osalta huonekohtaisesti ulkoilmanpaineeseen nähden. Lisäksi mitattiin paine-ero ryhmien viereisistä tiloista ulkoilmanpaineeseen nähden. Mittaus toteutettiin toukokuun alussa käyttämällä VelociCalc Plus 9565 -mittaria ja pitkiä kumiletkuja, jotka vietiin tiloihin ja ulos ovien ali tai karmien raoista. Luotettavan tuloksen saamiseksi kirjattiin ylös monta tulosta samasta tilasta. Peräkkäiset paineeron arvot vaihtelivat hieman ulkona vallinneen puuskittaisen tuulen takia.

Vesi-instituutin tiloissa Raumalla huonetilojen painesuhteita toisiinsa nähden mitattiin erityisjärjestelyin. Mittauksessa päädyttiin vertailemaan huoneiden painetta käytävällä vallinneeseen paineeseen. Mittaus suoritettiin VelociCalc Plus -mittarilla ja kumiletkulla, joka vietiin huoneisiin ovien alta ja karmien väleistä. Järjestelyyn päädyttiin, koska ilmanvaihto oli suljettuna vessojen poistoja lukuun ottamatta. Paineeromittaus ulkoilmaan nähden ei onnistunut edes toisella käynnillä, kun ulkona vallinnut tuuli oli liian puuskittaista, jotta mittaustulokset olisivat olleet luotettavia.

8 MITTAUKSIEN TULOKSET

8.1 Lämpötilat, valaistusvoimakkuus ja ilmankosteus

Päiväkoti Petäjäisen sisälämpötilaa, valaistusvoimakkuutta ja ilmankosteutta tarkasteltiin tammikuun puolesta välistä huhtikuun loppuun sijoittuneella aikavälillä. Mittausten tulokset ovat nähtävillä huonekohtaisesti 1. ryhmän osalta liitteessä 1 ja 2. ryhmän osalta liitteessä 2. Yleisesti tuloksista voidaan havaita mitattujen arvojen olevat kautta linjan samansuuruisia referenssitiloissa.

Mittaustulokset osoittavat ilmankosteuden vaihdelleen koko seurantamittauksen aikana välillä 3–38 %, keskiarvon ollen noin 17 %. Keskiarvoon tarkastellen ilmankosteus on hieman liian alhainen suosituksen ollessa vähintään 20 %. Mittausajankohdan vuodenaika oli talvi, jolloin ulkoilman ilmankosteus on hyvin alhainen ja alentaa tuloilman mukana myös sisäilman ilmankosteutta. Tarkasteluvälin viimeisellä viidenneksellä ovat ilmankosteuden arvot nousseet ulkoilman lämmitessä ja mahdollistaen kosteuden sitoutumisen myös ulkoilmaan.

Valaistusvoimakkuuden mittaustuloksista nähdään valaistusvoimakkuuden olevan käytön aikana keskimäärin eteisissä noin 230 luksia, lepohuoneissa noin 300 luksia, ryhmähuoneissa noin 220 luksia, märkäeteisissä noin 180 luksia ja vessoissa noin 230 luksia. Tuloksista standardin SFS-EN 12464 asettamat keskimääräisesti ylläpidettävät vähimmäisarvot täyttävät lepohuoneet, wc-tilat, eteiset ja märkäeteiset. Ryhmähuoneen osalta vaadittu vähimmäisarvo on 300 luksia. Tulokset osoittavat myös tilojen käytön osuvan päivisin kello 7 ja 18 välille. Huippuarvot maaliskuusta lähtien lepohuoneiden osalta selittyvät auringon nousemisella, jolloin aurinko paistaa tiloihin.

Sisätilan lämpötila tulokset olivat molempien wc-tilojen osalta keskimäärin noin 23,5 °C, eteisten noin 21,5 °C, lepohuoneiden noin 20,5 °C, märkäeteisten noin 22 °C ja ryhmähuoneiden osalta noin 21,5 °C. Suurimmat hetkellisten lämpötilojen vaihtelut mitatuissa arvoissa oli ryhmän 2 märkäeteisessä, jossa lämpötila-arvojen vaihtelu oli 7 astetta seurantajakson aikana. Vaihtelu selittyy vuodenajalla, joka oli talvi, ja kui-

vauskaappien käytöstä. Lämpötilamittausten tulokset täyttävät yleisesti Sisäilmasto-
luokituksen asettaman S1-luokan vaatimukset ollen 20–23 °C välissä. Märkäeteisten
kohdalla luokan S1 tavoitearvot ylittyivät näillä mittausjärjestelyillä.

Raumalla Vesi-instituutin sisälämpötilaa, valaistusvoimakkuutta ja ilmankosteutta
tarkasteltiin tammikuun alusta huhtikuun loppuun sijoittuneella aikavälillä. Mittauk-
sien tulokset ovat nähtävillä mittarikohtaisesti liitteessä 3.

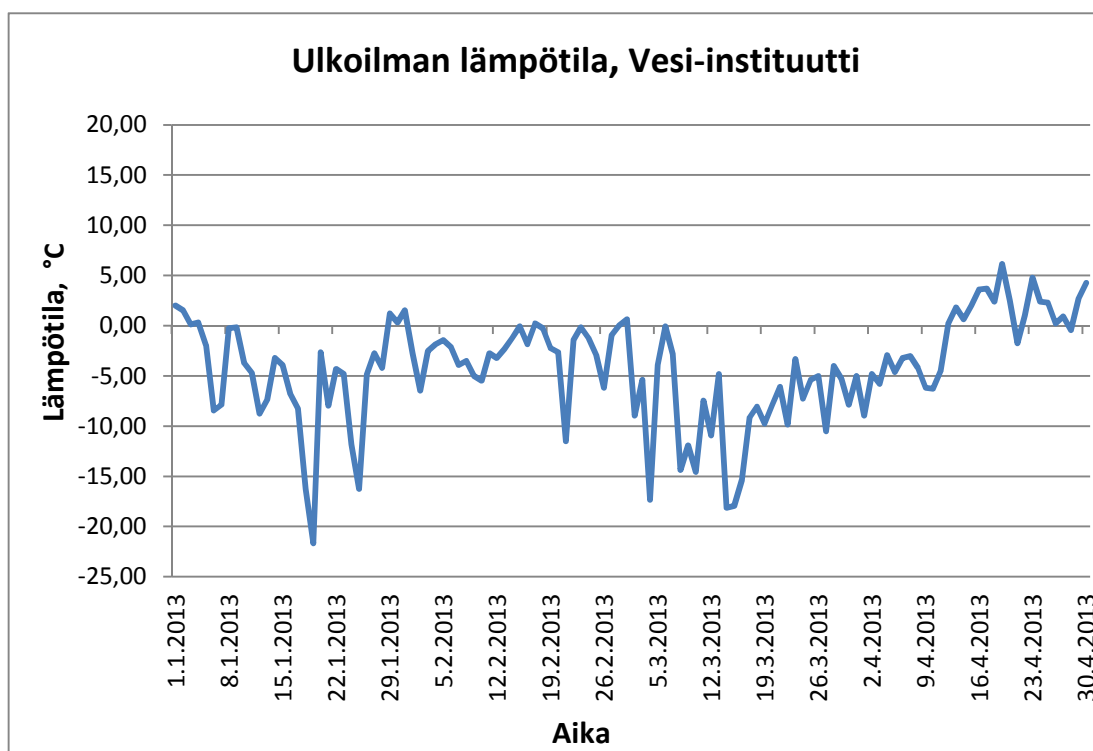
Sisätilojen ilmankosteus vaihteli mittauksen aikana keskimäärin välillä 10–40 %.
Mittausten keskiarvo oli noin 24 %. Keskiarvon tulos on Asumisterveysoppaan suo-
situsten mukainen ollen yli 20 %. Sisäilmaluokituksen S1-luokan arvoon suurempi
kuin 25 %, keskiarvo ei aivan yllä. Keskiarvon jääminen niukasti alle S1-luokan vä-
himmäisarvon johtunee mittausajankohdan vuodenaikasta talvi, ja sen suhteellisen ki-
reistä pakkasjaksoista. Myös Vesi-instituutin tulosten osalta voidaan huomata ilman-
kosteuden keskiarvon kohoaminen kevään edetessä, säiden lämmitessä ja ulkoilman
kosteuden lisääntyessä.

Valaistusvoimakkuusmittausten tuloksista nähdään wc-tilojen valaistusvoimakkuu-
den olevan käytön aikana keskimäärin noin 50 luksia ja koko käytävällä noin 250
luksia. Käytävän loppupäähän sijoitetun mittarin arvoja nostaa paljon sen sijaitsemi-
nen lähempänä ikkunallista ulko-ovea ja luonnonvaloa. Verrattaessa tuloksia stan-
dardin SFS-EN 12464 asettamiin keskimääräisesti ylläpidettäviin vähimmäisarvoi-
hin, eivät tämän tutkimuksen tulokset täytä vaatimuksia wc-tilojen osalta. Käytäväti-
la taas täyttää vaatimuksen hyvin. Tulokset osoittavat tilojen käytön osuvan päivisin
kello 7 ja 17 välille.

Mittaustulokset sisätilan lämpötilamittauksen osalta osoittavat käytävän keskimääräi-
sen lämpötilan olevan käytävän alkupäässä noin 21,3 °C ja loppupäässä noin 20,8
°C. Wc-tiloissa lämpötilat olivat keskimäärin noin 22,8 °C. Mittaustulokset ovat ko-
ko käytävän osalta Sisäilmastoluokituksen luokan S1 mukaiset. Wc-tilojen osalta
mittaustulokset olivat todella lähellä S1-luokan arvoja, ollen aivan rajoilla enim-
mäisarvon suhteen. Näillä mittausjärjestelyillä wc-tilat olisivat hyväksyttäviä S1-
luokkaan.

Ulkolämpötilan arvot Raumalta aikavälillä tammikuu–huhtikuu ovat esitetty kaaviossa 1. Arvot ovat saatu rakennusautomaation tekemästä mittauksesta. Automaatiojärjestelmän tallentaman mittauksen mittausväli on 3 tuntia. Ulkolämpötilan arvot ovat mittausajankodalle ja paikkakunnalle ominaiset.

Rauman teknologiatalo Sytyttimen automaatiojärjestelmästä saatujen arvojen luotettavuutta voidaan pitää hyvänä. Mittaustulosten aikaväli on melko pitkä, mutta palvelee tutkimusta hyvin. Mittarin epävarmuus ei ole tiedossa.



Kaavio 1 Ulkolämpötilan arvot Raumalla. Mittauksen mittausväli on 3 tuntia.

8.2 Ilmavirrat

Kankaanpään päiväkodissa mitatuista ilmavirroista suurin osa, niin tulo- kuin poistopuolenkaan osalta, eivät olleet mittauksissa suunnitteluarvoihin verrattaessa sallitun poikkeaman alueella. Mittauspöytäkirja ja sen pohjalta tehdyt kaaviot on esitetty liitteessä 4. Viidessä ensimmäisessä kaaviossa on esitetty mittaamalla saadut ilmavirrat ja suunnitteluilmavirrat samassa kaaviossa ryhmäkohtaisesti. Liitteen kuudennessa kaaviossa on merkitty tilakohtaisesti mittaamalla ja laskemalla saadut poikkeamien arvot ja verrattu sitä sallitun poikkeaman raja-arvoon. Kaavion ja mittauspöytäkirjan

poikkeamatarkasteluiden tuloksista voidaan havaita paljon pieniä, mutta myös suuria ylityksiä sallitun poikkeaman rajasta. Liitteen viimeisessä kaaviossa on esitetty kaikkien ryhmien mitatut arvot ja suunnitteluarvot samassa kaaviossa. Kaaviosta voidaan havaita, että kaikkien ryhmien ilmavirrat noudattavat tilakohtaisesti samaa trendiä. Tulos vahvistaa ryhmien olevan huone- ja tilajärjestelyiltään sekä ilmanvaihdon osalta identtisiä keskenään.

Kaikissa ryhmissä pienryhmähuoneen poistoilmavirta oli keskimäärin 45 prosenttia suunnitteluarvoa pienempi. Varastojen sallittu poikkeama niin tulo- kuin poistoilmavirtojen osalta ylittyivät kaikissa ryhmissä keskimäärin noin 40 prosenttia. Lisäksi teisen tuloilmavirta ylittyi kaikissa ryhmissä keskimäärin 108 prosenttia. Myös teknisen tilan poikkeamat erityisesti poistoilmavirran osalta olivat jopa kolminkertaisia suunnitteluarvoon nähden. Osassa tiloista, joissa pääte-elimet sijaitsevat, on asennettu anturit, jotka mittaavat ja välittävät tietoa muuttuvailmavirtaisen ilmanvaihdon automatiikan käyttöön. Suuret vaihtelut ilmavirroissa suunnitteluarvoihin verrattuna johtuvat automatiikan tekemistä muutoksista tuloilmaan, ilmanvaihdon mahdollisista tehdasasetuksista ja säädön puutteesta.

Raumalla tehdyt Vesi-instituutin tulo- ja poistoilmaelinten ilmavirtojen mittaustulokset on esitetty mittauspöytäkirjassa liitteessä 5. Liitteestä 5 löytyy myös mittauspöytäkirjan tuloksien pohjalta tehdyt kaaviot ilmavirtojen tuloksista ja lasketuista poikkeamista tilakohtaisesti. Mittauspöytäkirjan tuloksista ja kaavioista voidaan havaita sallittujen poikkeamien ylityksiä tiloissa olevien tuloilmapalkkien osalta, jotka toimivat samalla ilmastointi- ja lämmityslaitteina. Suurimmat sallitun poikkeaman ylitykset olivat laboratorion vetokaapin ja varaston poistoilmaelimillä. Kyseiset elimien koneellisen poiston puhaltimet eivät olleet lainkaan päällä. Wc-tilojen ja siivouskomeron yhteenlasketun poistoilmavirran ero suunnitteluarvosta oli myös huomattava. Kyseinen arvo oli noin 27 litraa sekunnissa liian pieni.

8.2.1 Ilmavirtamittausten virhetarkastelu

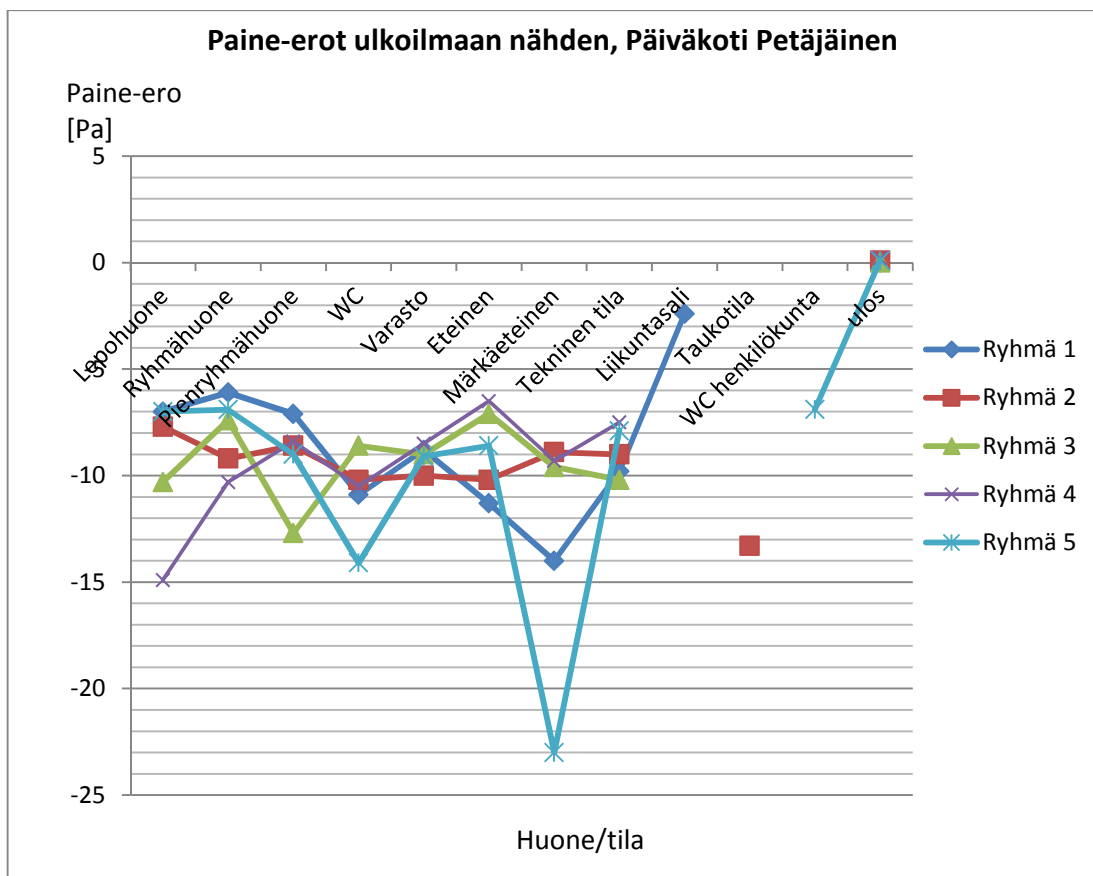
Paine-eromittauksissa käytetty VelociCalc Plus 9565 -mittarin epätarkkuus on valmistajan mukaan ± 1 %. Mittauksien aikana olosuhteet pysyivät standardin asettamien rajojen välissä. Ulkolämpötilat olivat $+5$ °C ja $+3$ °C, tuulen nopeudet 4 m/s ja 8 m/s ja sisälämpötilat molemmissa mittauksissa $+22$ °C. Mittauksen menetelmävirhe on tällöin paine-eromittauksissa standardin 5512 mukaisesti 5 % (SFS 5512, 9). Mittarin havaitsemisvirhettä ei huomioida, koska kyseessä on digitaalinen mittari. Kerroimen a_1 arvo on 0,5 ja kertoimen a_2 on 1 (Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas. Maa-liskuu 2010, 8). Kaavasta (1) saadaan kokonaisvirheen tulokseksi ± 5 %.

8.3 Ilmatiiviyys

Päiväkoti Petäjäisen 2. osan q_{50} ilmanvuotoluvuksi saatiin 2,5 [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]. Tulos täyttää q_{50} -luvun osalta tiiveysluokan E vaatimukset sijoittuen välille 2,1–3,0. Liitteessä 6 on esitetty tiiviysmittausraportti. Ilmantiiviysmittauksen tulosta voidaan pitää luotettavana, sillä sääolot olivat mittaukselle asetetuissa rajoissa ja rakennuksen alat ja tilavuus laskettiin sekä etukäteen piirustuksista että paikanpäällä mittatuilla arvoilla.

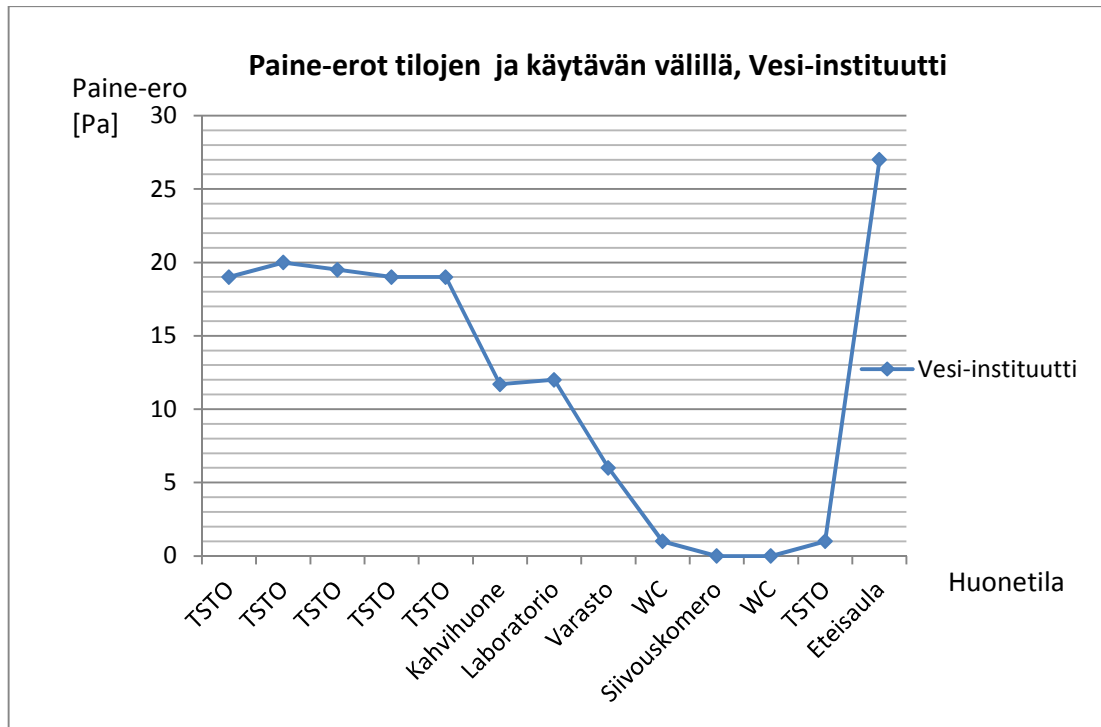
8.4 Painesuhteet

Kankaanpään päiväkodissa tehtyjen painesuhde mittausten tulokset osoittivat huoneiden välisten paine-erojen olevan tyydyttävät. Mittaukset tehtiin kaikkiin viiteen ryhmään ja mittauksessa saadut arvot ovat liitteenä 7 olevassa mittauspöytäkirjassa. Kaaviosta 2 on nähtävissä kaikkien ryhmien arvot samassa taulukossa huonekohtaisesti. Wc-tilojen suurempi paine-ero kertoo wc-poistoilmavirtojen olevan kaikissa ryhmissä kunnossa. Hajontaa ryhmien välillä mittaustuloksiin aiheuttaa tiloissa olevat lämpötilan ja hiilidioksiditason mukaan säätyvät ilmanvaihtolaitteet.



Kaavio 2. Paine-erot ulkoilmaan nähden Kankaanpään päiväkodissa.

Raumalla Vesi-instituutin tiloissa tehdyt painesuhteiden mittaukset huoneiden välillä osoittivat tilojen toimivan sisäpuolisten rakenteiden osalta halutulla tavalla. Kaaviossa 3 on esitetty tilakohtaisesti paine-erot käytävään nähden. Toimistohuoneet ovat yhtä lukuun ottamatta hyvin tiiviitä ja ne on tarkoitettu omiksi sisäympäristökseen hyvin tiivistetyillä ovilla ja omilla tulo- ja poistoilmapäätelaitteillaan. Vessoissa ja siivouskomerossa vallitsi sama paine kuin käytävällä, joka mahdollistaa ilman kulkemisen kyseisten tilojen poistoilmapäätelaitteisiin. Eteisaulaan johtava ovi todettiin mittauksissa hyvin tiiviiksi. Mittauksessa saadut arvot ovat liitteenä 8 olevassa mittauspöytäkirjassa.



Kaavio 3. Paine-erot tilojen ja käytävän välillä Rauman Vesi-instituutin tiloissa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Projektin aikana tehdyt sisäympäristön tutkimukset ja mittaukset luovat hyvän teoriapohjan opinnäytetyön kohteena olleista tiloista ja rakennuksista. Työssä onnistuttiin raportoimaan sisäympäristön tilasta suhteellisen hyvin. Osa suunnitelluista mittauksista jäi suorittamatta tai niitä ei voitu suorittaa yhteneväisesti molemmissa kohteissa aikataulullisista ja työteknisistä syistä johtuen. Työn pohjalta on hyvä lähteä joko tekemään tästä työstä puuttumaan jääneitä ja täydentäviä lisäselvityksiä ja -tutkimuksia tai käyttämään aineistoa jatkotutkimukseen.

Keskeiset tutkimustulokset olivat Kankaanpään päiväkoti Petäjäisen 2. osan osalta pääosin positiivisia: tiloissa on hyvät lämpötila- ja valaistusolot, painesuhteet kunnossa ja rakennuksen ilmantiiviys oli tyydyttävällä tasolla. Hieman heikompia tuloksia päiväkodista todettiin ja mitattiin ilman kosteuden osalta, joka oli tutkimusaikana hieman liian matala, ja ilmanvaihdon ilmavirtojen osalta, joissa oli mittauksissa suuriakin eroja suunnitteluarvoista.

Raumalla teknologiatalo Sytyttimen 1. kerroksessa sijaitsevan Vesi-instituutin tulokset olivat toteutuneiden mittauksien osalta hyvät: ilmankosteuden, sisälämpötilan, painesuhteiden ja osittain valaistusvoimakkuuksien mittaustulokset olivat positiivisia. Heikompia tuloksia todettiin ilmavirtojen ja wc-tilojen valaistusvoimakkuuksien osalta: wc-tilojen valaistusvoimakkuuden arvot jäivät standardin SFS-EN 12464 määrittelemistä vähimmäisarvoista noin puoleen ja mitatuissa ilmavirroissa oli sallitun poikkeaman ylitystä tulopuolella tuloilmapalkkien arvoissa ja poistopuolella vetokaapissa, varastossa sekä siivouskomero ja wc-tilojen yhteenlasketussa ilmavirran arvossa. Toimenpiteinä varaston ja vetokaapin poistoilmapuhaltimet tulisi saattaa käyntiin sekä siivouskomeron ja wc-tilojen ilmaelimissä suorittaa säätö.

Projektin aikana ilmeni muutamia ongelmia, jotka vaikuttivat tutkimustuloksien tuloksiin ja toteutukseen. Lämpötilan, ilman kosteuden ja valaistusvoimakkuuden jatkuvaan seurantamittaukseen käytetty langaton mittaussysteemi kadotti mittausdataa muutamia kertoja jopa päivien osalta. Ongelman syyksi selvisi mittareiden yhteysongelmat tiedot tallentavaan serveriin ja mittareiden puskurimuistin täytyminen.

Ongelmia ilmeni myös Vesi-instituutin tiiviysmittausta suorittaessa. Kokeen aikana tulisi ilmanvaihdon olla pois päältä ja tukittu. Wc-tilojen ja siivouskomeron erillispoisto oli kuitenkin jäänyt päälle. Lisäksi ongelmia tuotti tuloilmapalkkien tai niiden tulokanavien tukkiminen. Suunnitelmissa merkityt kanavien puhdistusluukut eivät olleet odotusten mukaisesti valmiina tai helppokäyttöisiä, joten niistä ei päästy tukkiin kanavia. Myös tuloilmapalkkien omat sulkupellit eivät olleet riittävän tiiviitä luotettavaan mittaamiseen.

Raumalla jouduttiin toteuttamaan painesuhteiden mittaus vertaamalla tilojen painetta käytävän alipaineeseen. Syy järjestelyihin oli mittaushetkellä sammutettuna ollut ilmanvaihto. Painesuhteita yritettiin mitata Raumalla vielä toistamiseen, mutta liian puuskittainen tuuli teki mittaamisen mahdottomaksi. Mittausta miettiessä olisikin hyvissä ajoin suunnitella ajankohdaksi mahdollisimman tuuleton aika päivästä.

Langattomien mittareiden toiminta luotettavuuden lisäksi arvioitavaksi jää valaistusvoimakkuuden tulosten paikkansapitävyys. KH-ohjekortti ”Valaistusvoimakkuuden

mittaaminen” mukaisesti mittaus tulisi suorittaa 0,75 m tai 0,85 m korkeudesta ja mittarin tulisi olla vaakasuorassa asennossa (KH 31-00099, 2). Mittarit oli asennettu tässä projektissa seinään ja 1,1 m korkeudelle. Mittaustuloksien luotettavuutta tulisi tutkia verrokkimittauksilla ohjekortin mukaisesti, jotta saataisiin tietoon mittauksien mahdolliset erot tuloksissa. Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia vaikuttiko asennuspaikka Vesi-instituutin wc-tilojen valaistusvoimakkuusarvojen suuruuteen. Mittarit olivat samalla seinällä peilin kanssa, jolloin mittari ei ehkä saanut luotettavaa tulosta mahdollisesti peilin yläpuolelle asennetun valaisimen valaistusvoimakkuudesta.

Ongelmaksi muodostui projektin loppupuolella kiinteistöautomaatiikan ulkolämpötilatietojen tulostaminen etähallinnan kautta. Raumalla toimenpide onnistui manuaalisesti konehuoneen automaatiojärjestelmään liitetystä tietokoneesta. Kankaanpäässä hallinta tapahtui vain etäyhteyden kautta. Luotettavan datan saaminen ulos hallintajärjestelmästä osoittautui hankalaksi. Tulevaisuudessa samanlaisia mittausjärjestelyitä varten olisi hyvä käyttää omaa langatonta mittaria myös ulkolämpötilan mittaamiseen.

Luotettavuuden lisäämiseksi tulisi ilmavirtamittaus suorittaa mahdollisuuksien mukaan jatkuvana seurantamittauksena esimerkiksi viikon ajalta. Näin välttyttäisiin tulosten vääristymiseltä mahdollisten hetkellisten tehopiikkien ja muuttuvailmavirtaisten ilmanvaihtojärjestelmien muutosten takia sekä pystyttäisiin seuraamaan ja saamaan tietoa ilmanvaihtokoneen toiminnasta.

Päiväkoti Petäjäisessä olisi ilmavirtamittauksien tulosten perusteella hyvä suorittaa mahdollisia jatkotoimenpiteitä. Osissa päätelaitteista mitattiin jopa kolminkertaisia ilmavirran arvoja suunnitteluarvoon nähden. Tiloissa tulisi suorittaa joko jatkotutkimus seurantamittauksena tai ilmanvaihdon säätö.

Työskentely projektin parissa oli omalta osaltani erittäin antoisaa ja opettavaista. Tutustuin moneen sisäympäristön mittausmenetelmään, joiden toteuttamisen sain suunnitella ja järjestää. Sain apua ja neuvoja projektin aikana opettajilta, laboratorioinsinööreiltä, muilta projektityöntekijöiltä ja perheeltäni.

LÄHTEET

- Asumisterveysohje. Asunnon ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.
- Asumisterveysopas. Ympäristö ja Terveys-lehti. 2008. 2. korjattu painos. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas.
- Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas. Maaliskuu 2010. Turku: Fläkt Woods Oy. Viitattu 4.5.2013. <http://www.oie.fi/userfiles/image/flaktwoods-2010.pdf>
- Kankaanpään kaupungin www-sivut. Viitattu 6.5.2013. www.kankaanpaa.fi
- KH 31-00099. Valaistusvoimakkuuden mittaaminen. 1987. Helsinki: Rakennuspaino. Viitattu 4.5.2013. <https://www.rakennustieto.fi/kortitstot/>
- Kiinteistöjen hygieniakonsepti ”HYGTECH”. 2012. Projektisuunnitelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
- Kukka, K. 2013. Langattomat anturiverkot kiinteistön olosuhteiden seurannassa. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 29.4.2013. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201301111341>
- LVI 05-10417. Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet. 2007. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 1.5.2013. <https://www.rakennustieto.fi/kortitstot/>
- Paloniitty, S. 2012. Rakennusten tiiviysmittaus. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- Rauman kaupungin www-sivut. Viitattu 6.5.2013. www.rauma.fi
- RT RakMk-21503. Suomen RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Viitattu 2.5.2013. <https://www.rakennustieto.fi/kortitstot/>
- RT RakMK-21504. Suomen RakMK D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.
- Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 4. painos. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy
- SFS 5511. Ilmastointi. Rakennuksen sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset. 1989. Suomen Standarditoimisto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 27.4.2013. www.sfs.fi

SFS 5512. Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaaminen ilmastointilaitoksissa. 1989. Suomen Standarditoimisto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 27.4.2013. www.sfs.fi

SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2011. 2. p. Suomen Standarditoimisto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 3.5.2013. www.sfs.fi

SFS-EN 13829. Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified). 2000. Suomen Standarditoimisto SFS. Helsinki: SFS Viitattu 5.5.2013 www.sfs.fi

Sisäilmayhdistyksen www-sivut. Viitattu 1.5.2013. www.sisailmayhdistys.fi

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Sisäilmaluokitus 2008: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Espoo: Sisäilmayhdistys ry.

Säteri, J. 2008. Sisäilmaluokitus 2008. Sisäympäristön uudet tavoitearvot. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 2.5.2013.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/kehityshankkeet/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>

Tampereen teknillisen yliopiston www-sivut. Viitattu 7.5.2013. www.tut.fi

Wirepas anturit. Pdf-dokumentti. Wirepas Oy.

Wirepas www-sivut. Viitattu 7.5.2013. www.wirepas.com

Wirepas Mittaussalkku. 2011. Pdf-dokumentti. Wirepas Oy.

Wirepas Oy Älykästä läsnäoloa. 2011. Pdf-dokumentti. Wirepas Oy.

LIITTEET

LIITE 1: Lämpötila, valaistusvoimakkuus ja ilmankosteuden mittaustulokset, 1. ryhmä, päiväkotiki Petäjäinen, Kankaanpää, 2. osa, kaavioita 5 kpl

LIITE 2: Lämpötila, valaistusvoimakkuus ja ilmankosteuden mittaustulokset, 2. ryhmä, päiväkotiki Petäjäinen, Kankaanpää, 2. osa, kaavioita 5 kpl

LIITE 3: Lämpötila, valaistusvoimakkuus ja ilmankosteuden mittaustulokset, teknologiatalo Sytytin, Vesi-instituutin tilat, Rauma, kaavioita 4 kpl

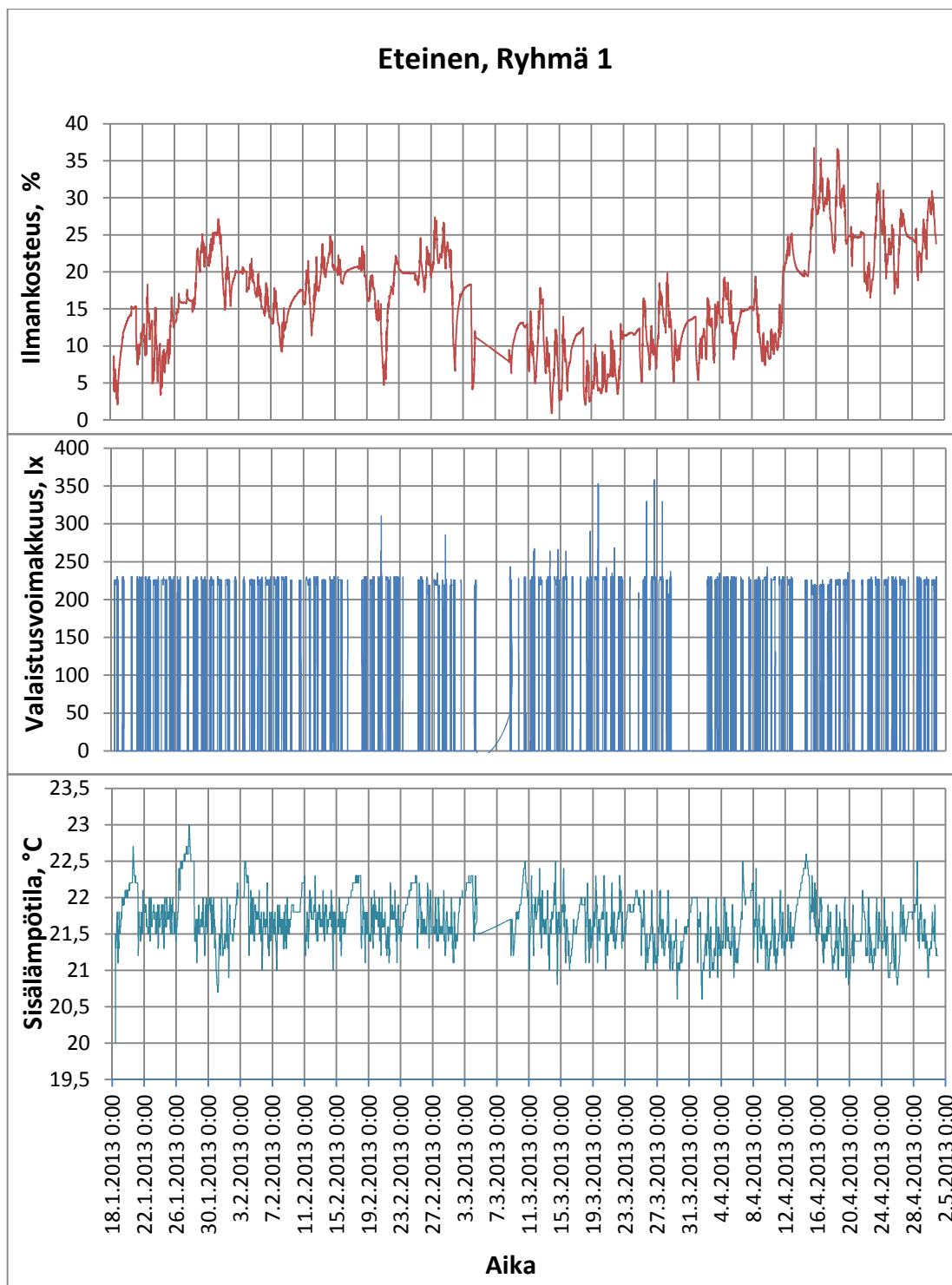
LIITE 4: Ilmavirtojen mittauspöytäkirja ja kaaviot (7 kpl), päiväkotiki Petäjäinen, Kankaanpää, 2. osa

LIITE 5: Ilmavirtojen mittauspöytäkirja ja kaaviot (2 kpl), teknologiatalo Sytytin, Vesi-instituutin tilat, Rauma

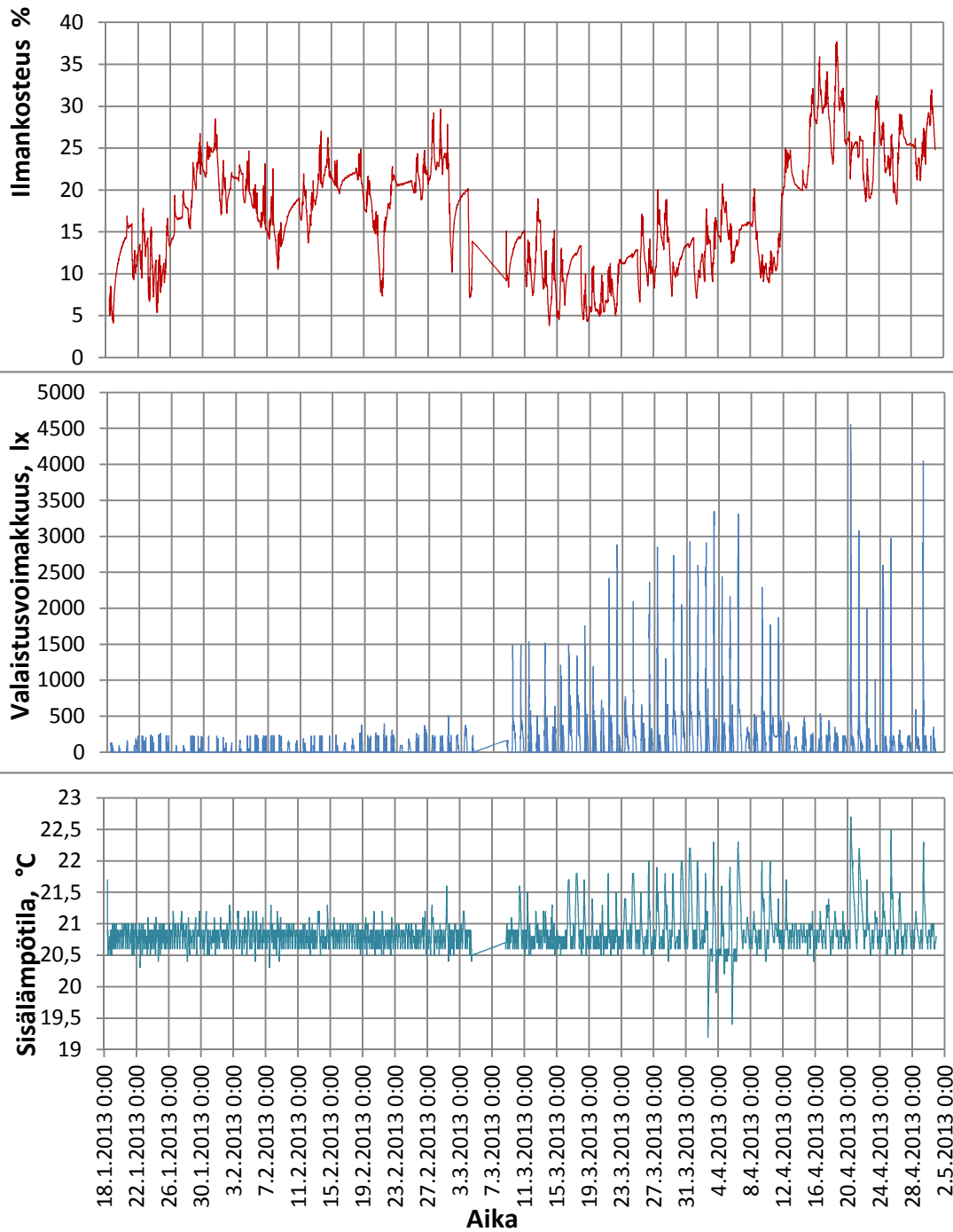
LIITE 6: Tiiviysmittausraportti, päiväkotiki Petäjäinen, Kankaanpää, 2. osa

LIITE 7: Mittauspöytäkirja, paine-erot huoneiden välillä, päiväkotiki Petäjäinen, Kankaanpää, 2. osa

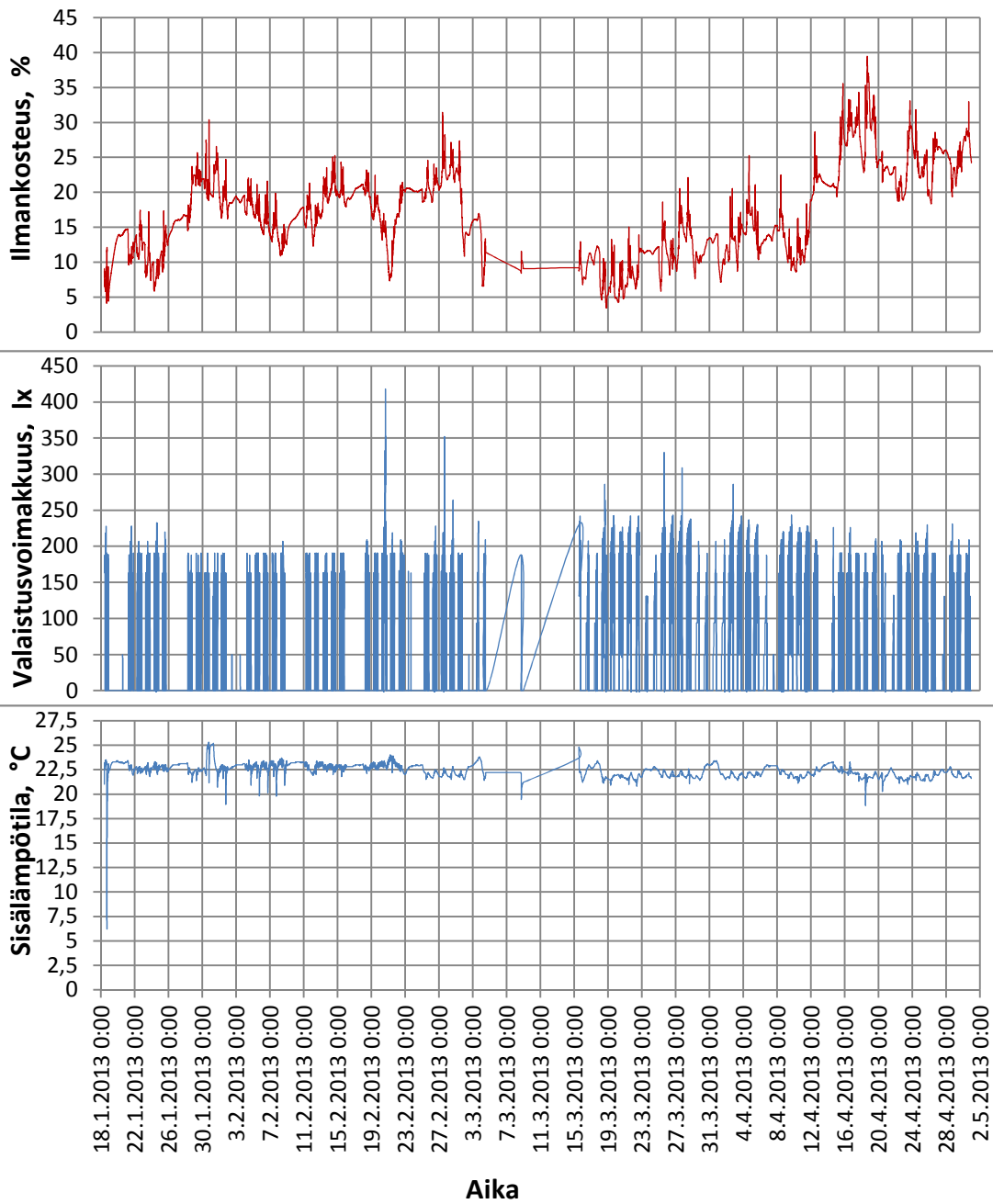
LIITE 8: Mittauspöytäkirja, paine-erot huoneiden välillä, teknologiatalo Sytytin, Vesi-instituutin tilat, Rauma



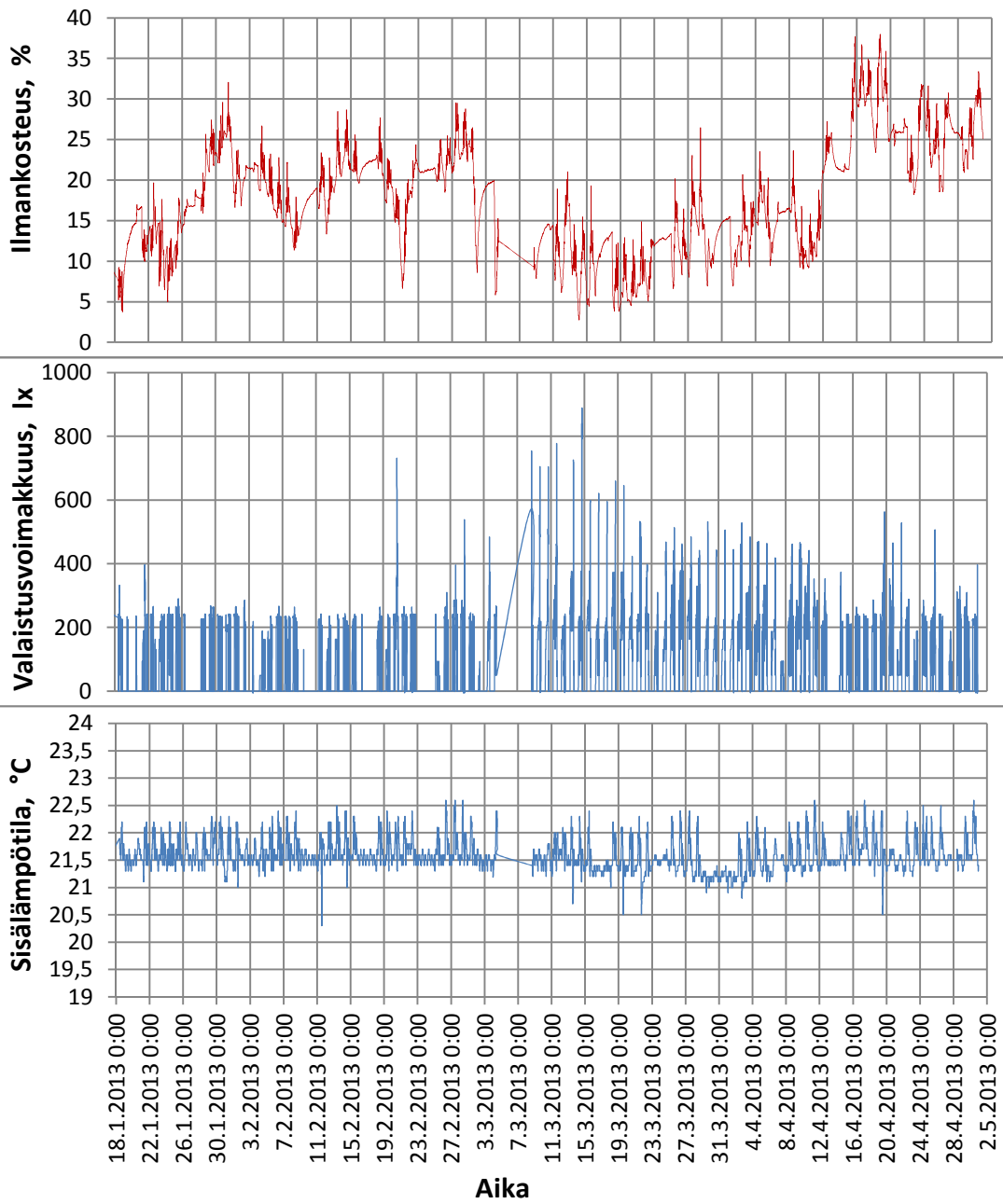
Lepohuone, Ryhmä 1



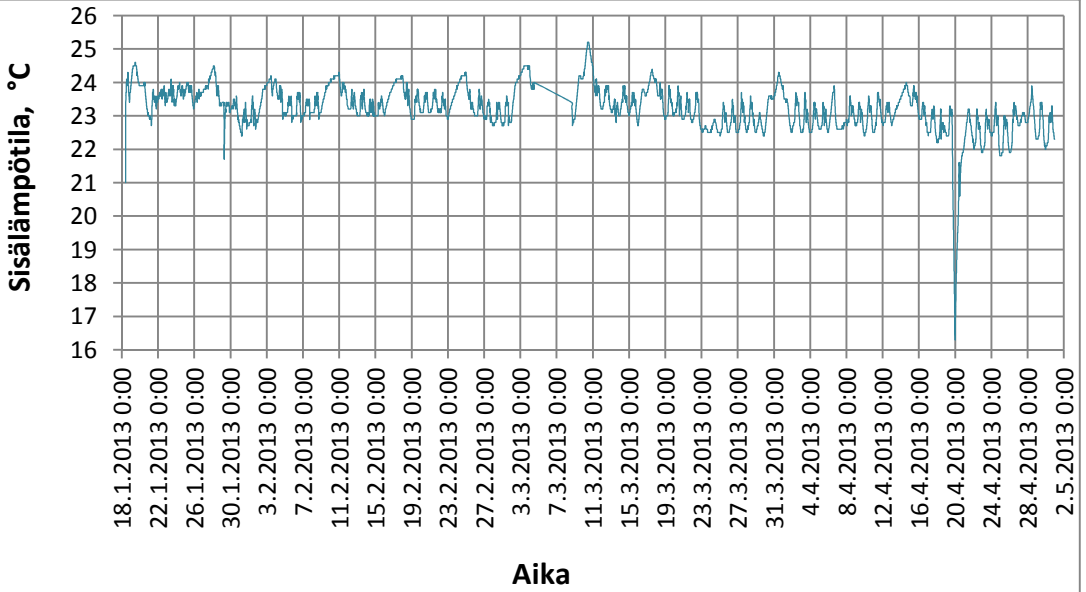
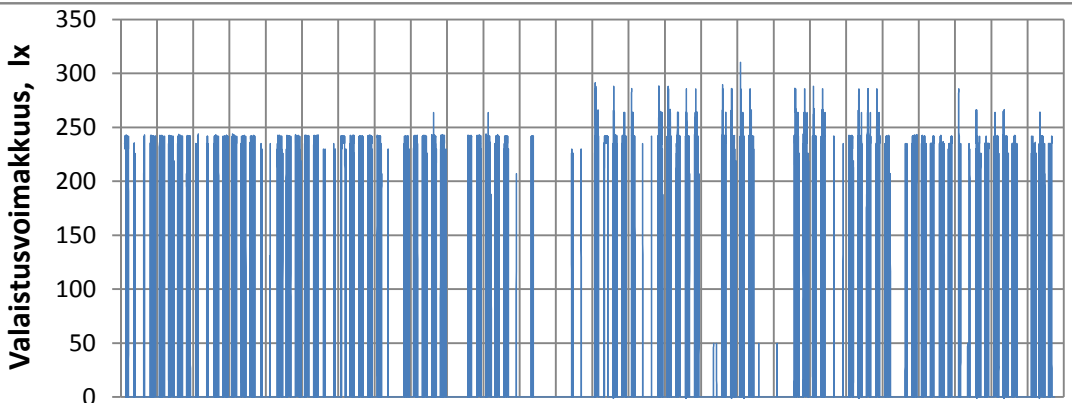
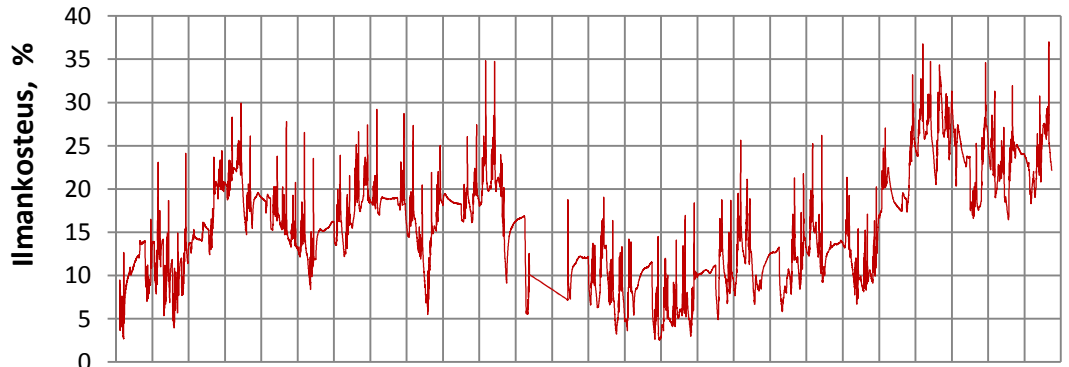
Märkäeteinen, Ryhmä 1

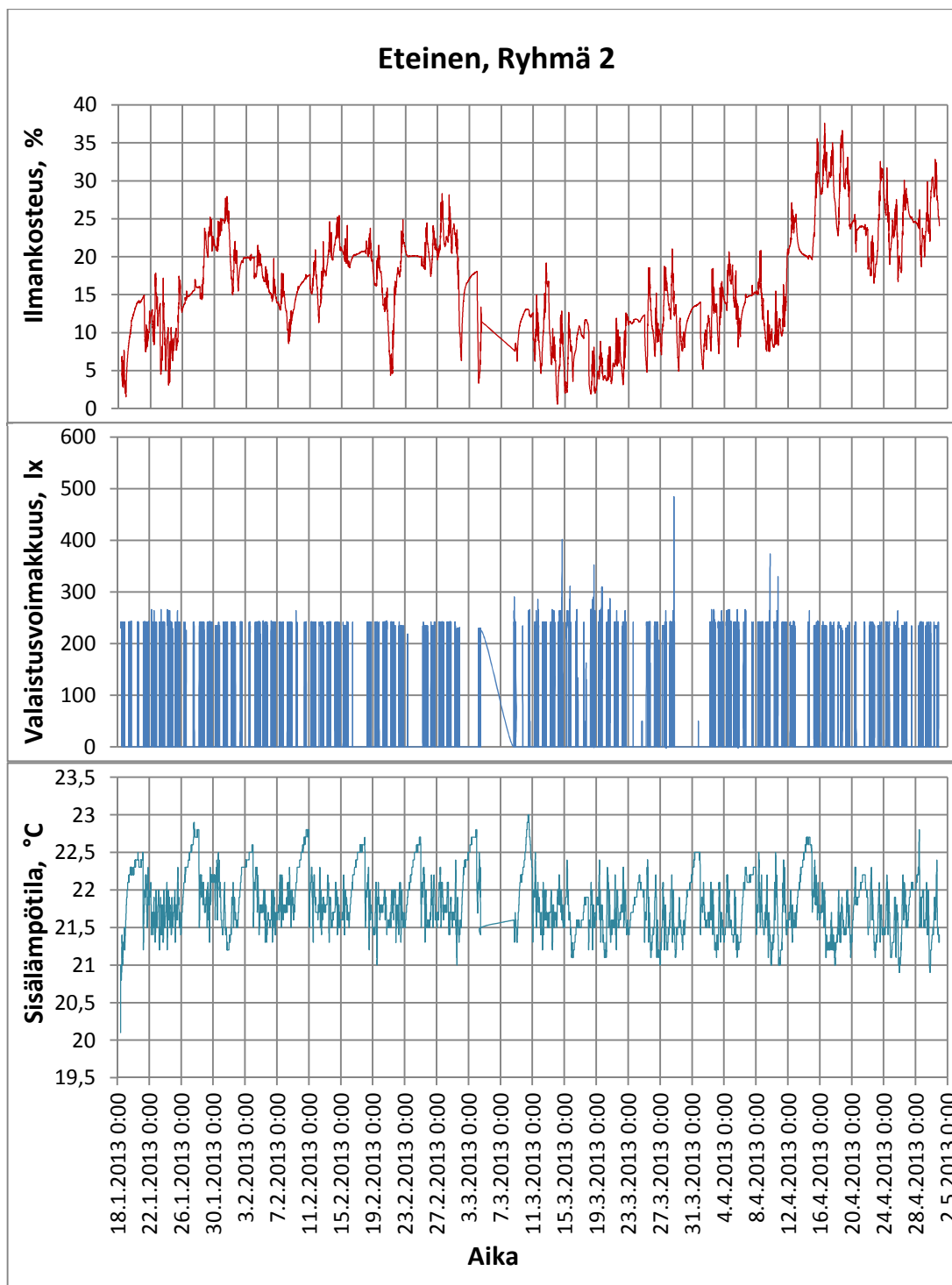


Lepohuone, Ryhmä 1

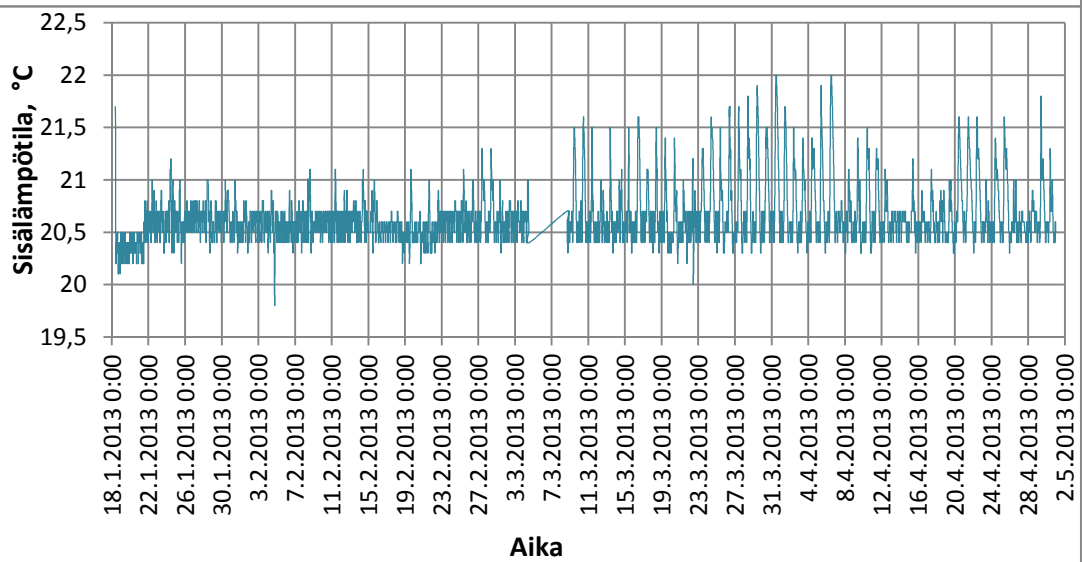
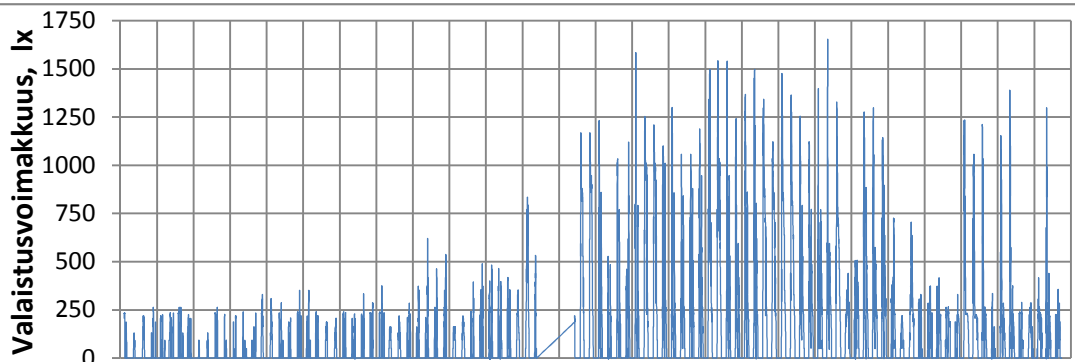
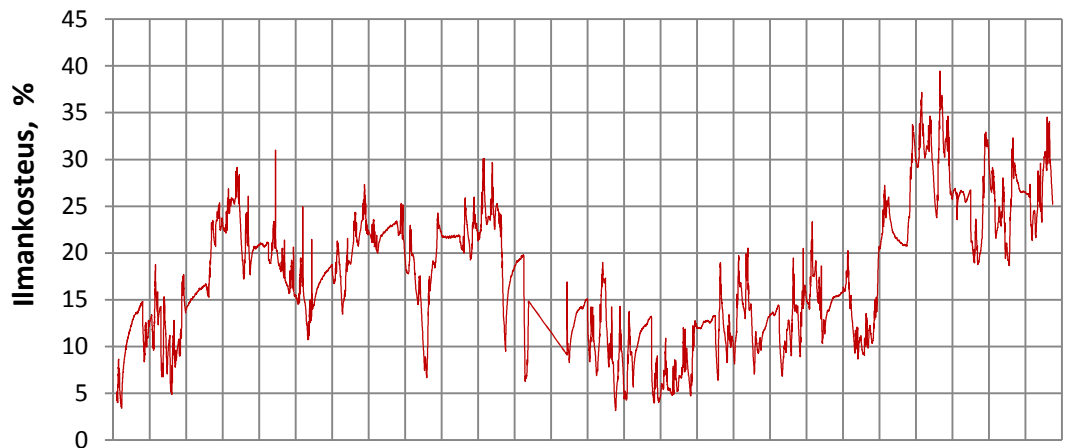


WC, Ryhmä 1

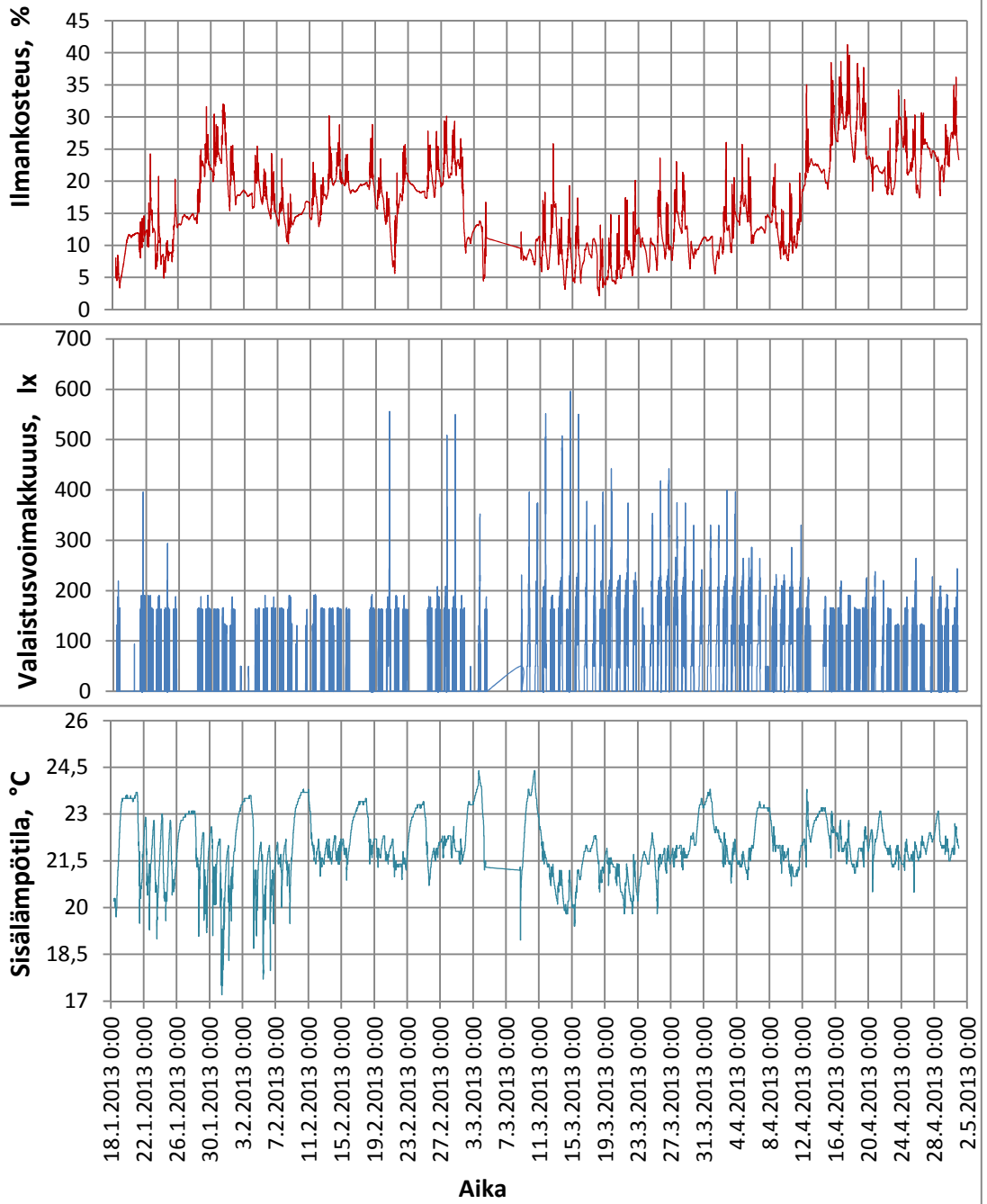




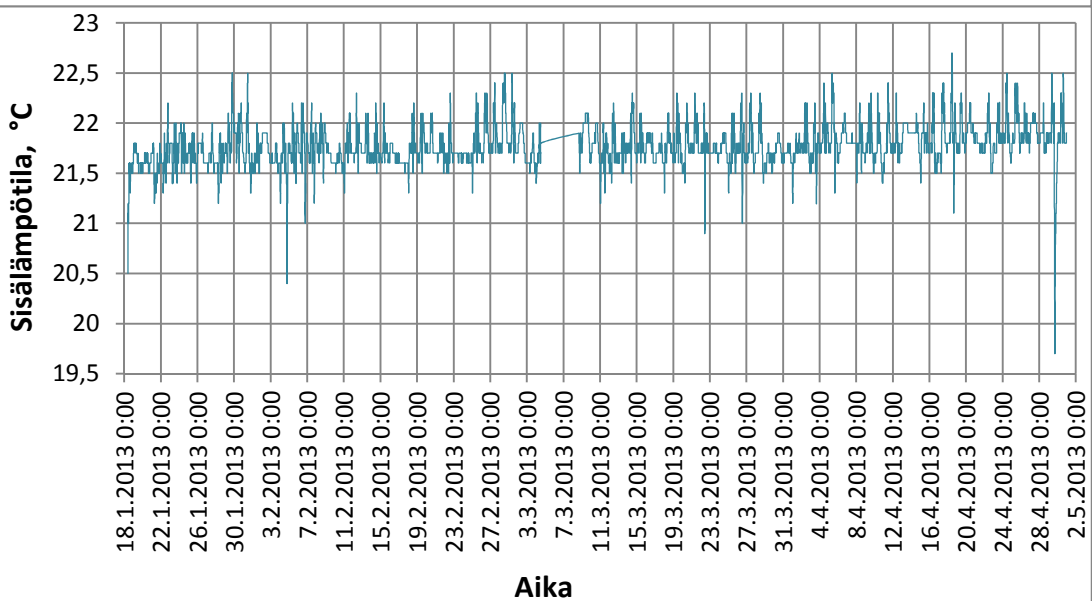
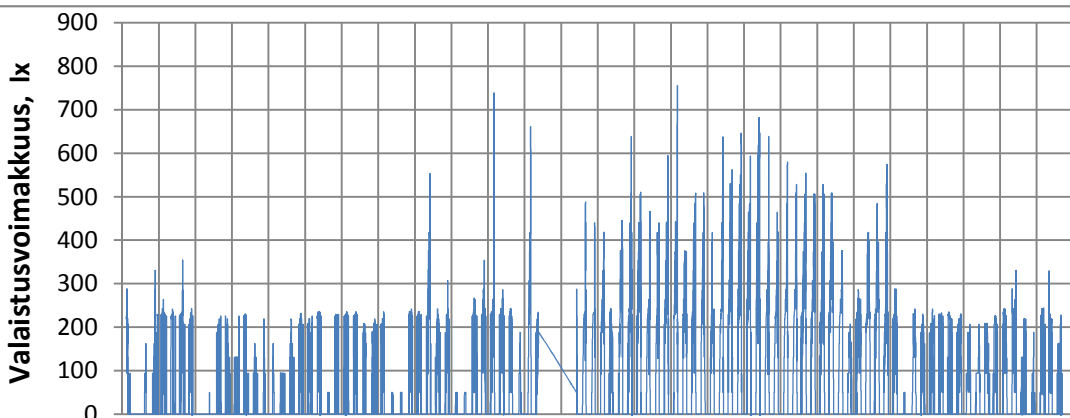
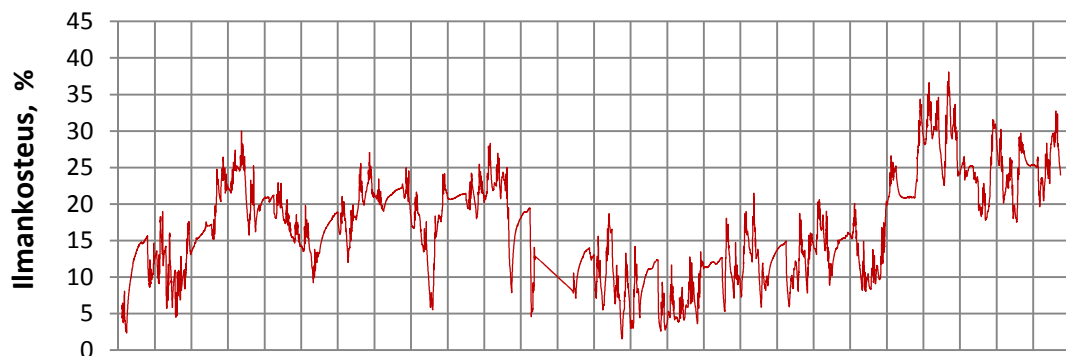
Lepohuone, Ryhmä 2



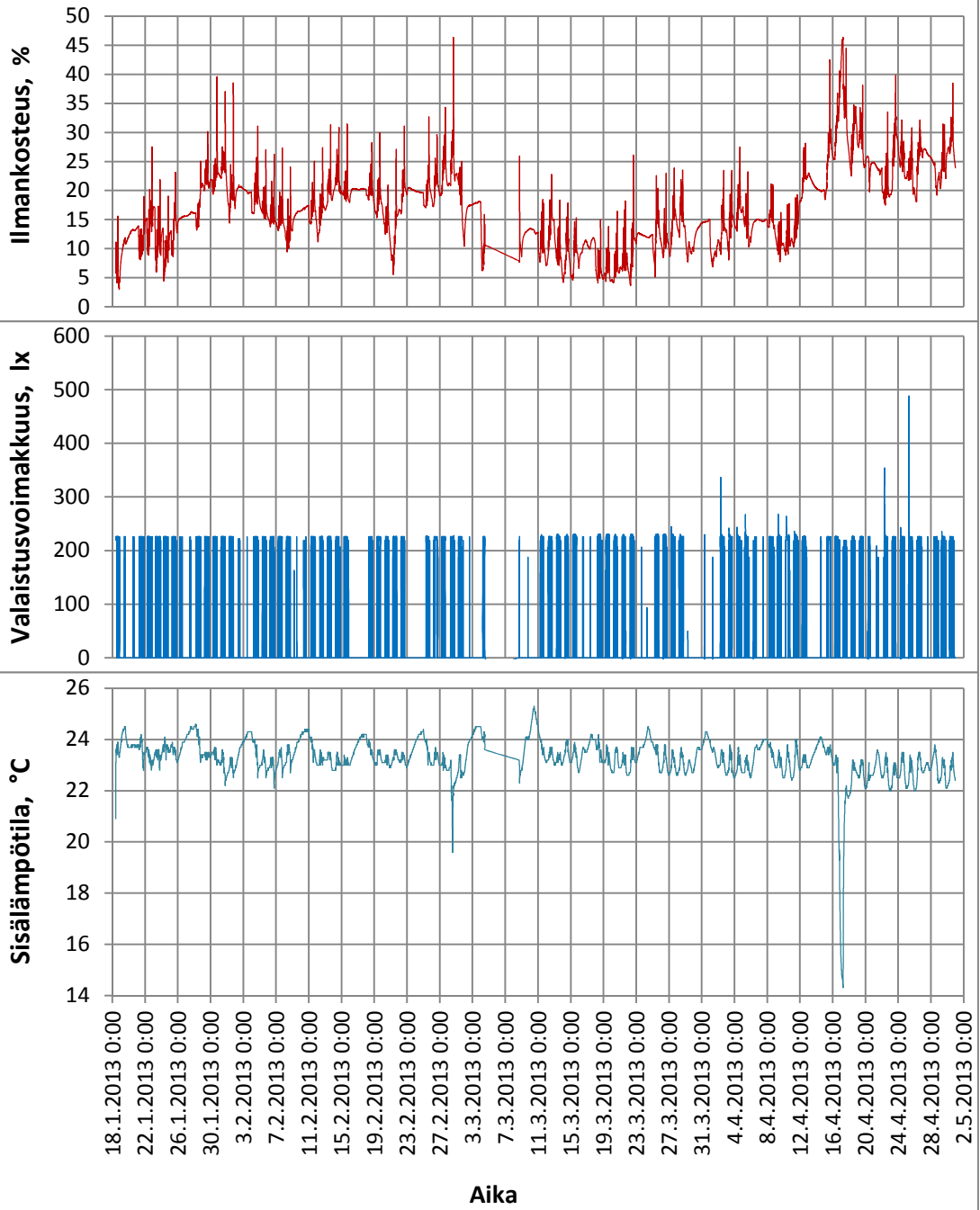
Märkäeteinen, Ryhmä 2

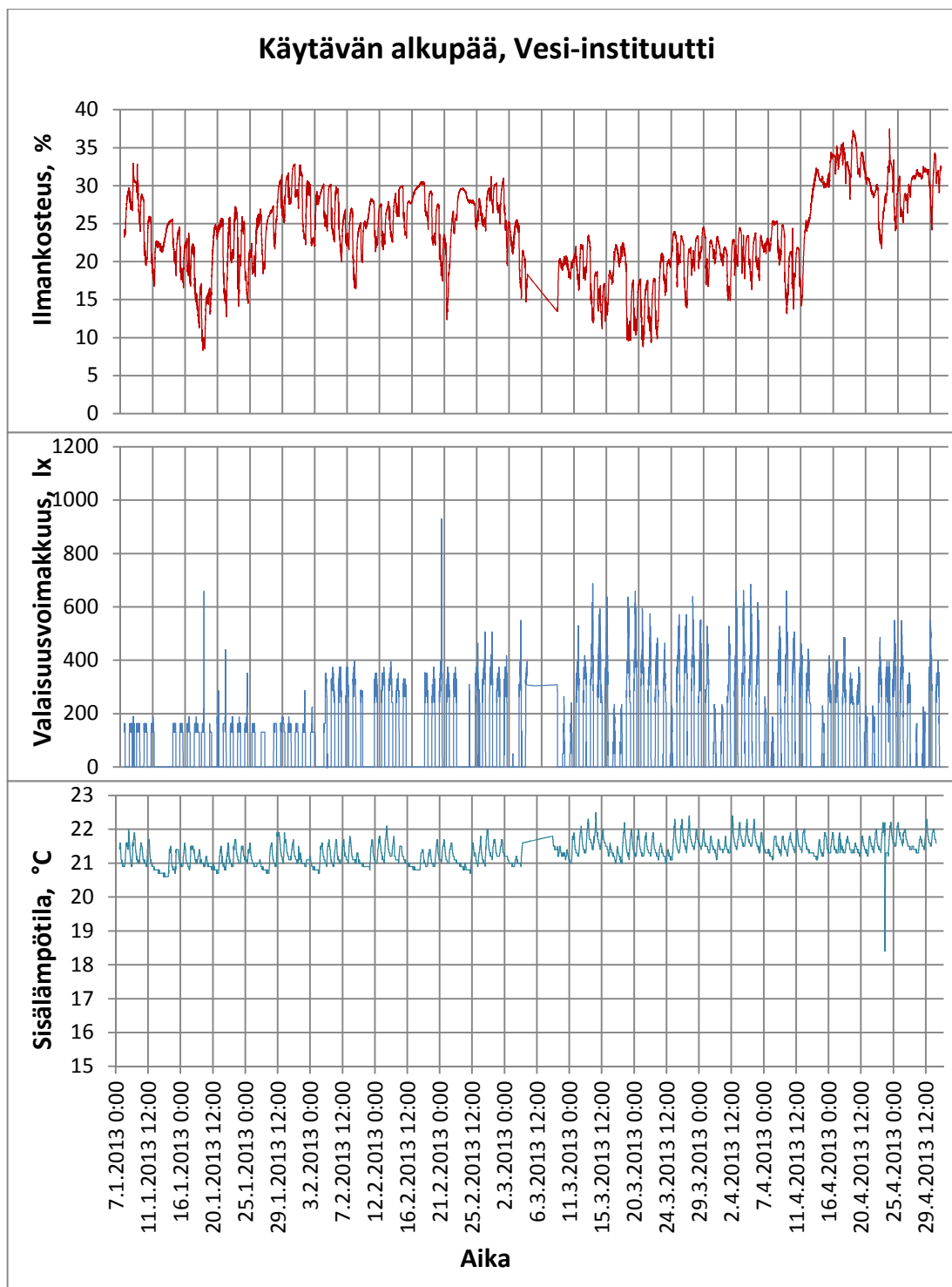


Ryhmähuone, Ryhmä 2

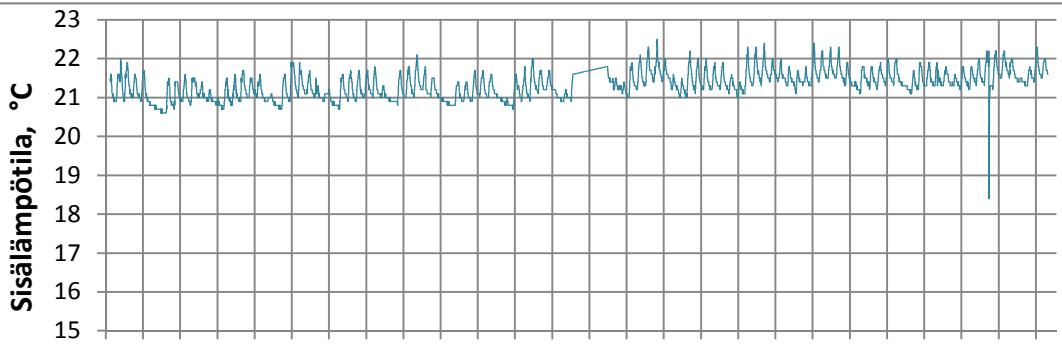
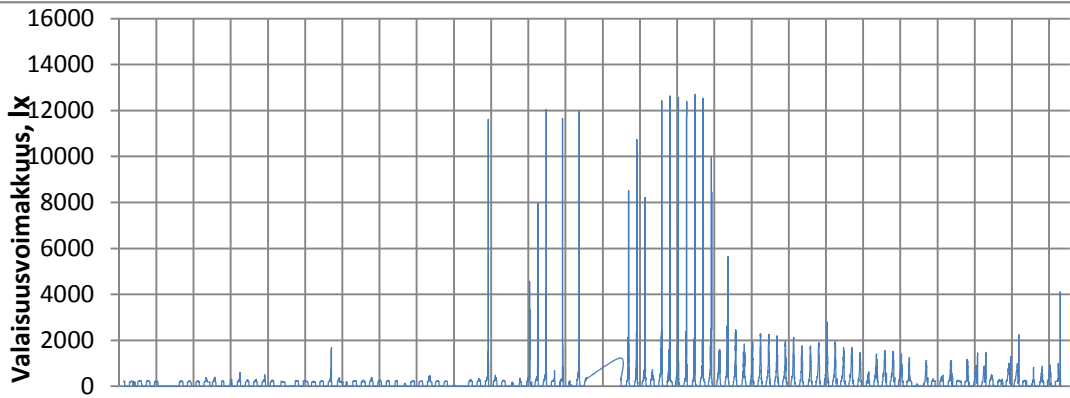
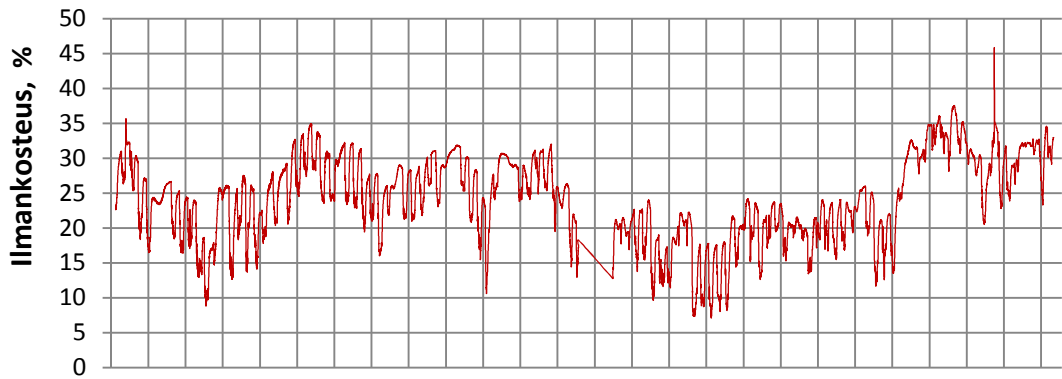


WC, Ryhmä 2



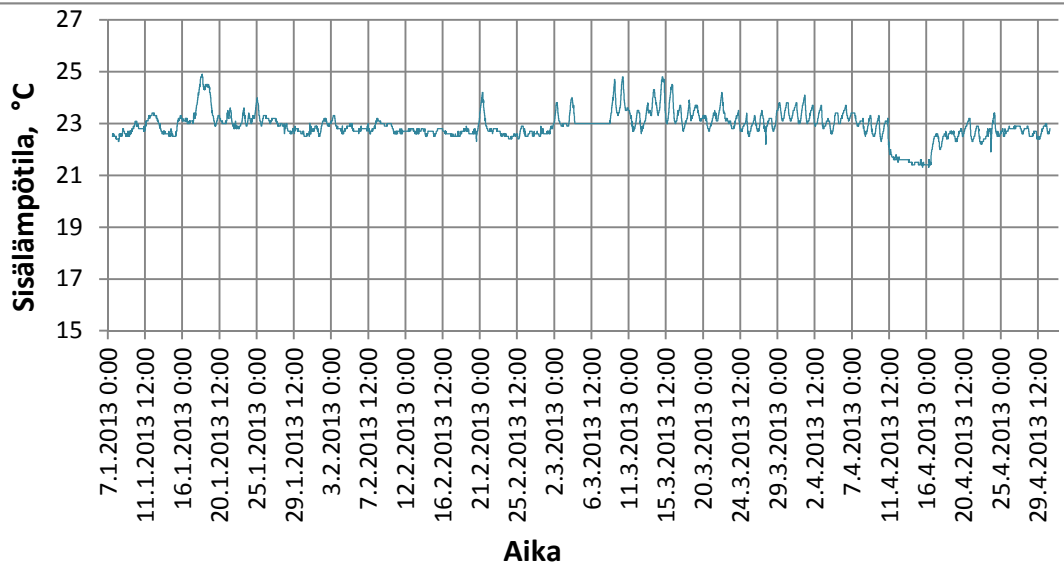
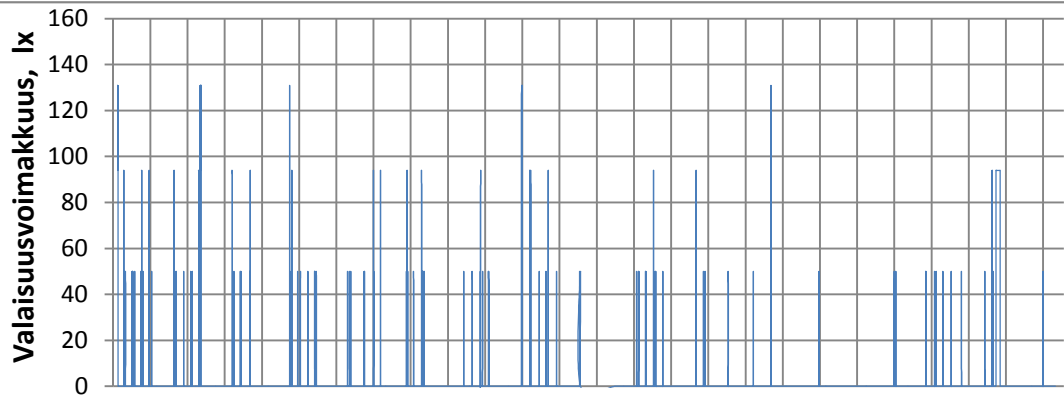
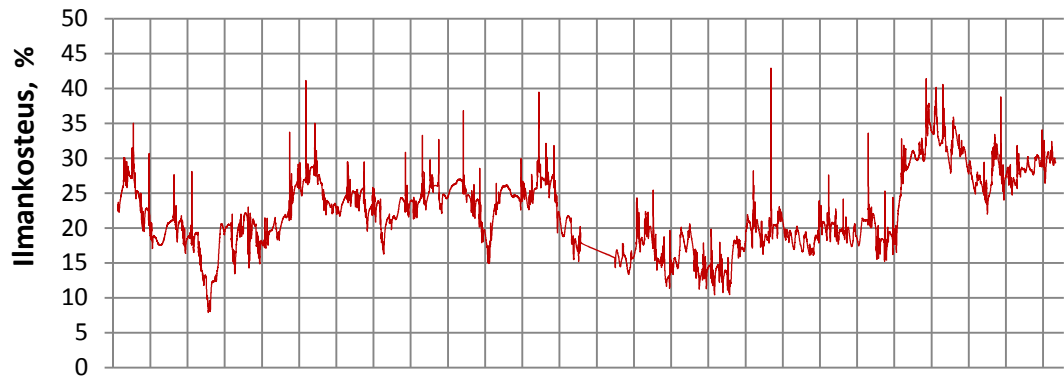


Käytävän loppupää, Vesi-instituutti

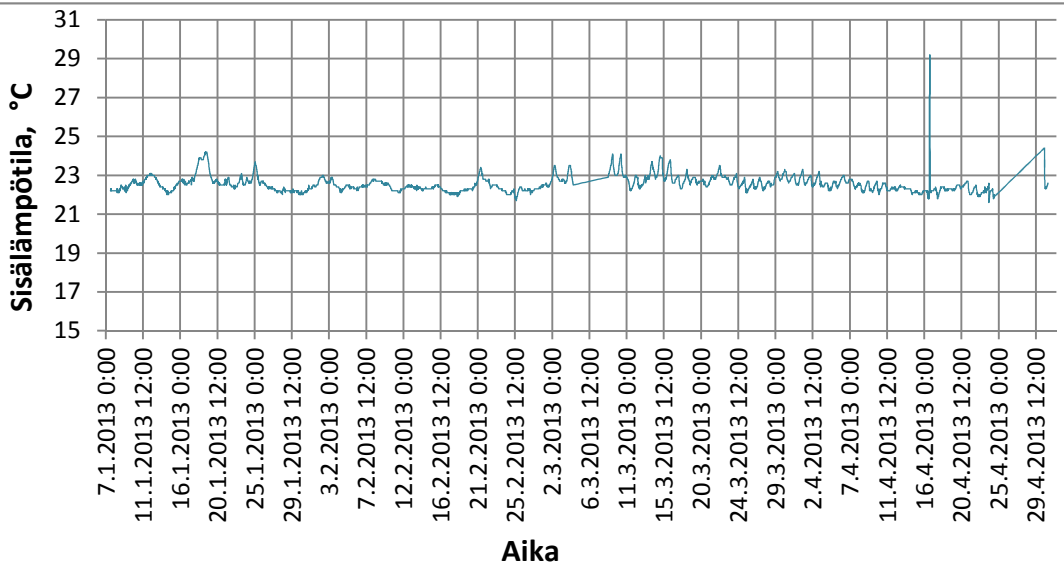
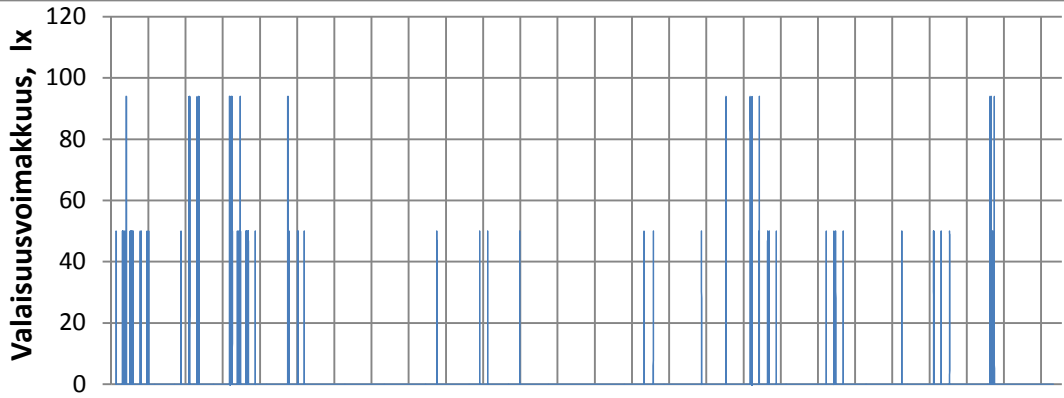
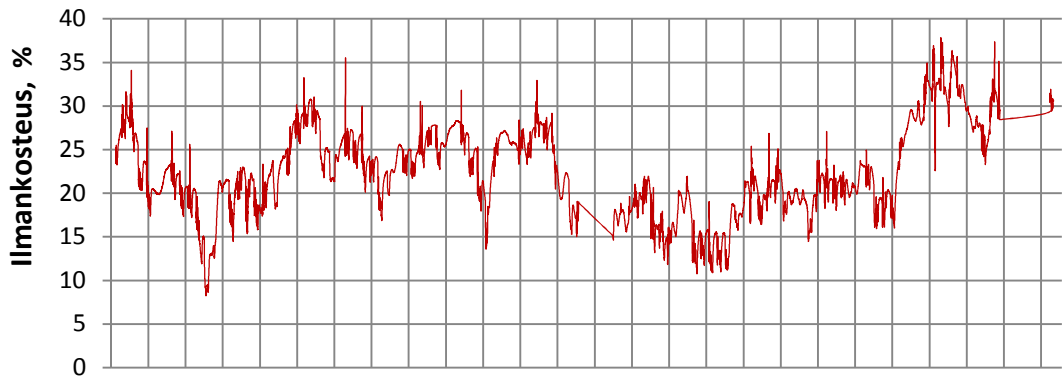


Aika

WC oikea, Vesi-instituutti



WC vasen, Vesi-instituutti



ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde: Päiväkoti Petäjäinen, Kankaanpää
 Mittaajat: Samuli Uusitalo
 Mittarit: VelociCalc Plus 9565
 Tiedosto:

Päivä: 28.4.2013
 Lämpötila, ulko [°C]: +5
 Lämpötila, sisä [°C]: +22
 Tuuli [m/s], suunta: 4, pohjoinen

Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmaelin (T/P)			Mittausarvot			Ilmavirta			Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	K-arvo	Mittaus-tulos [Pa]	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s		Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Ryhmä 1													
Lepuhuone 064	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	4,5	103,5						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	3,6	75,7						
						YHT.	179,2	31,0 ... 144		24,5	7,5	25,0	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	9,7	23,4						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	11,7	25,7						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	11,9	25,9						
						YHT.	74,9	31,0 ... 144		0	7,5	5,3	± 20
Ryhmähuone 065	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	2,3	74,0						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	2,4	61,8						
						YHT.	135,8	55 ... 144		-5,7	7,5	7,8	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	8,3	21,6						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,2	20,1						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,4	20,4						
						YHT.	62,1	31 ... 144		0	7,5	5,3	± 20
Pienryhmähuone 066	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	5,7	12,7	24,0		-47,3	7,5	47,6	± 20
WC 059	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	44	21,9	20		9,4	7,5	10,8	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	39,3	20,7	20		3,4	7,5	6,3	± 20
Varasto 060	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	6	2,3	39,9	14,5	10		45,3	7,5	45,6	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	126,3	15,7	10		57,3	7,5	57,6	± 20
Eteinen 062	T	FLÄKTWOOD	RHKB-200-3-6 (595x595)-200		27,9	17,8	117,7	82		43,5	7,5	43,9	± 20
Märkäeteinen 063	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	27,3	27,7						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	27,1	27,6						
						YHT.	55,3	55		0,5	7,5	5,3	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	31,1	22,3	20		11,5	7,5	12,7	± 20
Tekninen tila 061	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	66,3	8,1	6		35,7	7,5	36,1	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	137,5	16,4	6		173,6	7,5	173,7	± 20

TULO YHT. 455,4
 POISTO YHT. 302,0

Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmaelin (T/P)			Mittausarvot			Ilmavirta			Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	K-arvo	Mittaus-tulos [Pa]	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s	Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %	
Ryhmä 2													
Lepuhuone 051	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	4,2	100,0						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	3,5	74,6						
						YHT.	174,7	31 ... 144	21,3	7,5	21,9	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	11,4	25,3						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	9,9	23,6						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	8,8	22,2						
						YHT.	71,2	31 ... 144	0	7,5	5,3	± 20	
Ryhmähuone 052	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	4,6	104,7						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	4,3	82,7						
						YHT.	187,4	55 ... 144	30,1	7,5	30,6	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,5	20,5						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,0	19,8						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	8,4	21,7						
						YHT.	62,1	31 ... 144	0	7,5	5,3	± 20	
Pienryhmähuone 053	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	5,6	12,5	24	-47,7	7,5	48,0	± 20	
WC 056	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	35,3	19,6	20	-2,0	7,5	5,7	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	39,0	20,6	20	3,0	7,5	6,1	± 20	
Varasto 054	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	54,5	7,4	10	-26,2	7,5	26,7	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	108,1	14,6	10	45,6	7,5	45,9	± 20	
Eteinen 057	T	FLÄKTWOOD	RHKB-200-3-6 (595x595)-200		27,9	56,8	210,3	79	166,2	7,5	166,2	± 20	
Märkäeteinen 058	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	7	4,8	34,7	28,3						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	35,5	31,6						
						YHT.	59,9	55	8,8	7,5	10,3	± 20	
Tekninen tila 055	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	85,5	9,2	6	54,1	7,5	54,4	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	142,8	16,7	6	178,8	7,5	178,9	± 20	

TULO YHT. 589,0
POISTO YHT. 277,2

Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmaelin (T/P)			Mittausarvot			Ilmavirta			Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	K-arvo	Mittaus- tulos [Pa]	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s		Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Ryhmä 3													
Lepuhuone 024	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	3,4	90,0						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	3,2	71,4						
						YHT.	161,4	31 ... 144		12,1	7,5	13,2	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	8,7	22,1						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	8,9	22,4						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,6	20,7						
						YHT.	65,2	31 ... 144		0	7,5	5,3	± 20
Ryhmähuone 025	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	5,9	118,5						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	5,9	96,9						
						YHT.	215,5	55 ... 144		49,6	7,5	49,9	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	5,1	16,9						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	5,2	17,1						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	5,5	17,6						
						YHT.	51,6	31 ... 144		0	7,5	5,3	± 20
Pienryhmähuone 026	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	6,6	13,6	24		-43,3	7,5	43,6	± 20
WC 019	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	38,0	20,3	20		1,7	7,5	5,6	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	35,0	19,5	20		-2,4	7,5	5,8	± 20
Varasto 020	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	52,8	7,3	10		-27,3	7,5	27,8	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	87,0	13,1	10		30,6	7,5	31,0	± 20
Eteinen 022	T	FLÄKTWOOD	RHKB-200-3-6 (595x595)-200		27,9	27,5	146,3	79		85,2	7,5	85,4	± 20
Märkäeteinen 023	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	31,9	29,9						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	31,4	29,7						
						YHT.	59,6	55		8,4	7,5	10,0	± 20
Tekninen tila 021	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	45,1	6,7	6		11,9	7,5	13,1	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	128,9	15,9	6		164,9	7,5	165,0	± 20

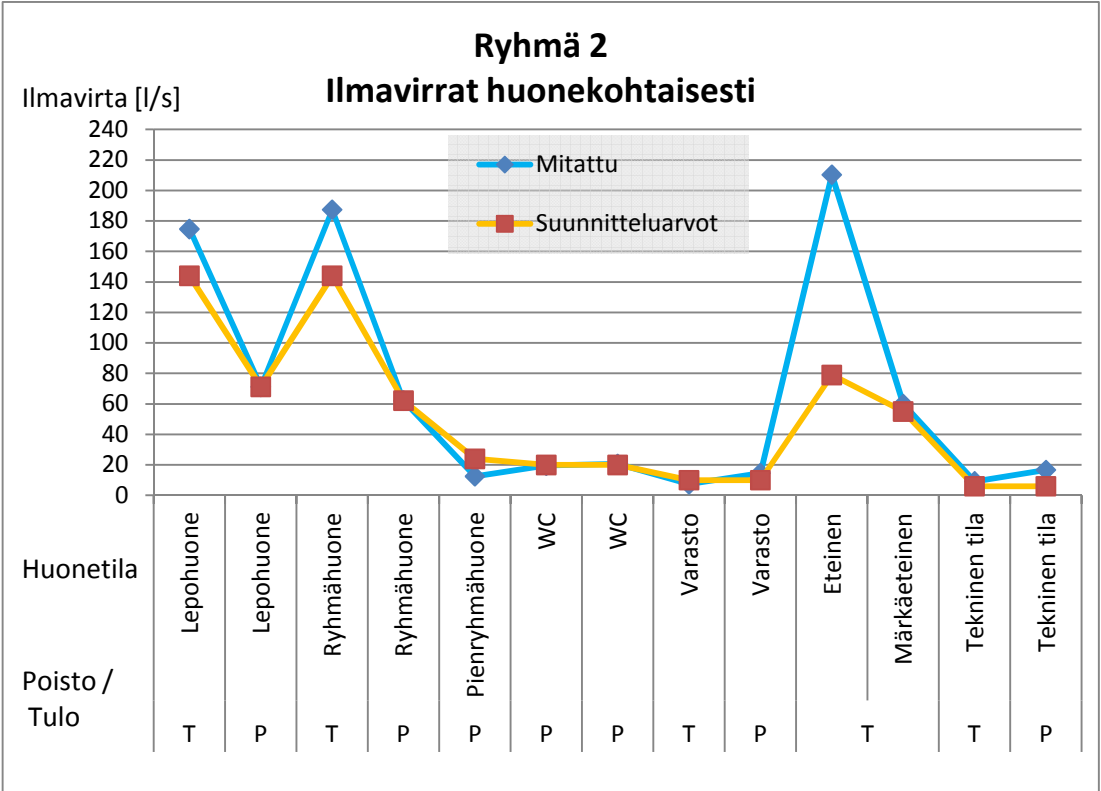
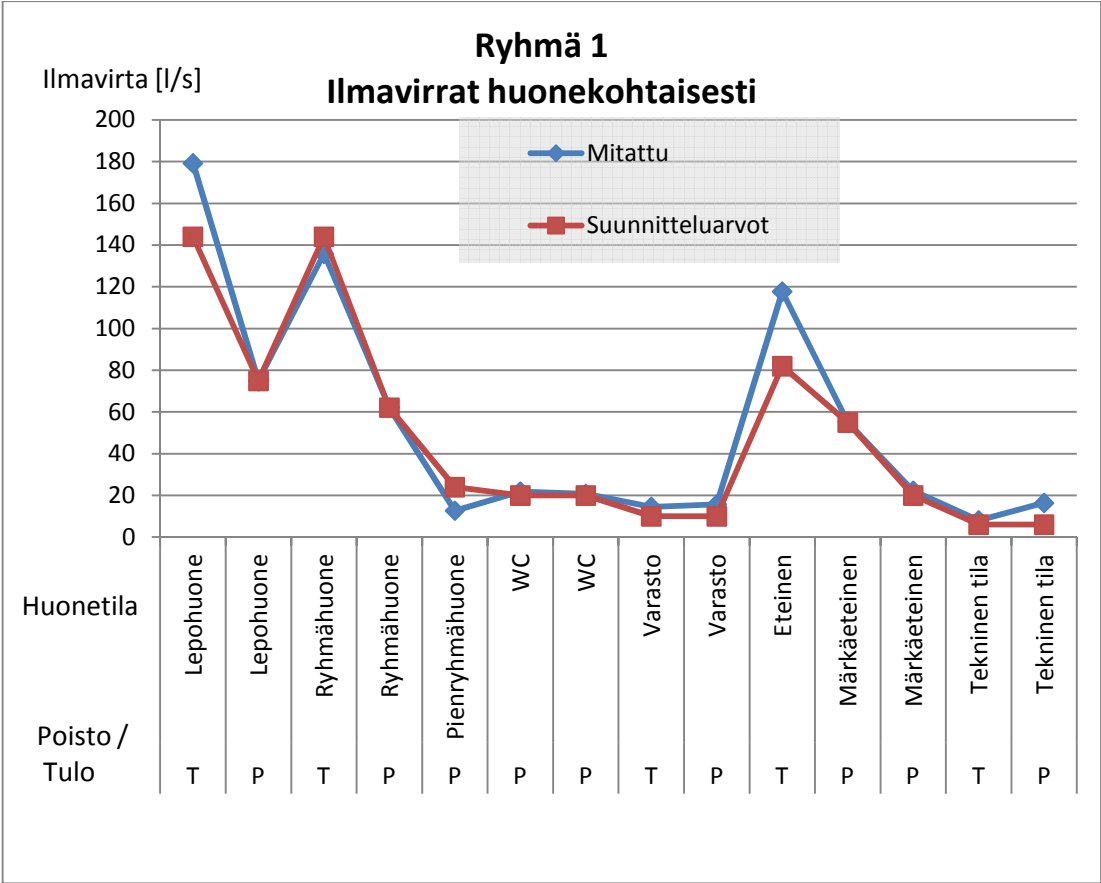
TULO YHT. 537,1
POISTO YHT. 258,9

Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmaelin (T/P)			Mittausarvot			Ilmavirta			Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	K-arvo	Mittaus-tulos [Pa]	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s		Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Ryhmä 4													
Lepuhuone 011	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	3,3	88,6						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	2,4	61,8						
						YHT.	150,5	31 ... 144	4,5	7,5	6,9	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	12,9	26,9						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	15,3	29,3						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	15,2	29,2						
						YHT.	85,5	31 ... 144	0	7,5	5,3	± 20	
Ryhmähuone 012	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	4,1	98,8						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	4,4	83,7						
						YHT.	182,5	55 ... 144	26,7	7,5	27,3	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,9	21,1						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	6,9	19,7						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	6,7	19,4						
						YHT.	60,2	31 ... 144	0	7,5	5,3	± 20	
Pienryhmähuone 013	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	4,4	11,1	24	-53,7	7,5	53,9	± 20	
WC 016	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	39,9	20,8	20	4,2	7,5	6,8	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	44,2	21,9	20	9,7	7,5	11,1	± 20	
Varasto 014	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	47,5	6,9	10	-31,1	7,5	31,5	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	89,0	13,2	10	32,1	7,5	32,5	± 20	
Eteinen 017	T	FLÄKTWOOD	RHKB-200-3-6 (595x595)-200		27,9	61,2	218,3	79	176,3	7,5	176,4	± 20	
Märkäeteinen 018	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	40,3	33,6						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	34,0	30,9						
						YHT.	64,5	55	17,4	7,5	18,2	± 20	
Tekninen tila 015	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	70,4	8,4	6	39,8	7,5	40,2	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	129,7	15,9	6	165,7	7,5	165,8	± 20	

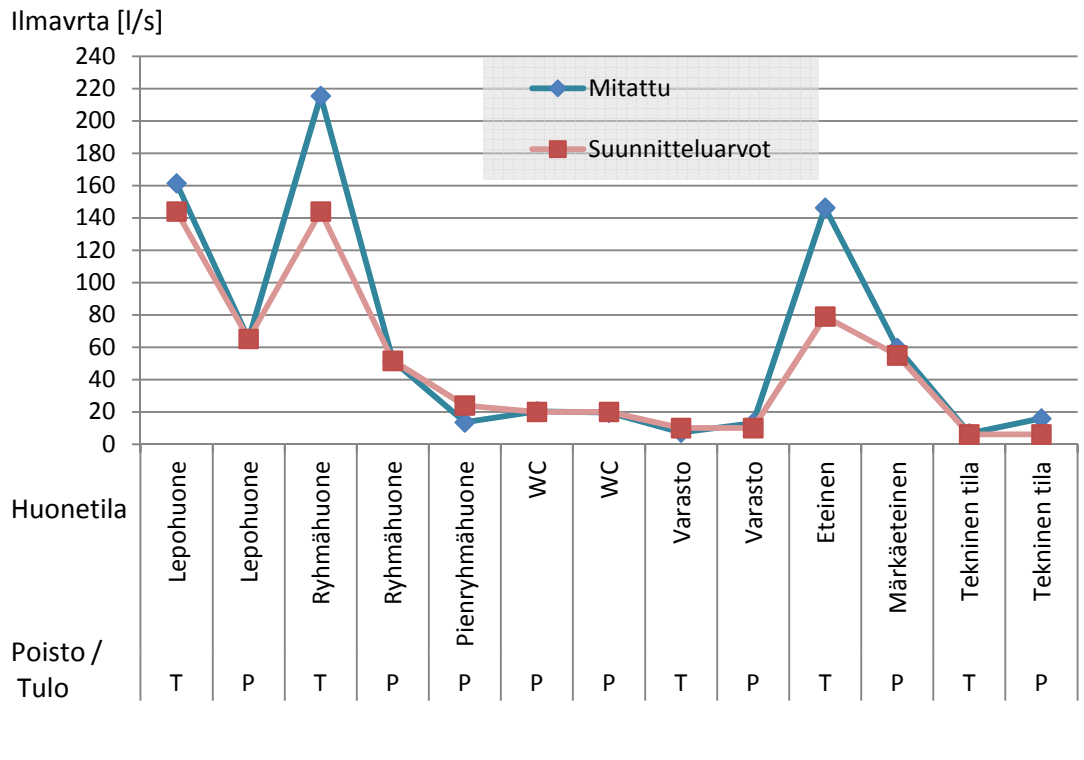
TULO YHT. 566,5
POISTO YHT. 293,3

Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmaelin (T/P)			Mittausarvot			Ilmavirta			Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	K-arvo	Mittaus- tulos [Pa]	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s	Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %	
Ryhmä 5													
Lepohuone 001	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	5,7	116,5						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	6	97,7						
						YHT.	214,2	31,0 ... 144	48,8	7,5	49,1	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	9,5	23,1						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	10,7	24,5						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	11,5	25,4						
						YHT.	73,1	31,0 ... 144	0	7,5	5,3	± 20	
Ryhmähuone 002	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		48,8	4,8	106,9						
	T	FLÄKTWOOD	TG-600-100-Aa-250		39,9	4,3	82,7						
						YHT.	189,7	55 ... 144	31,7	7,5	32,1	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	8,8	22,2						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,8	20,9						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-200	20	7,5	7,1	20,0						
						YHT.	63,2	31 ... 144	0	7,5	5,3	± 20	
Pienryhmähuone 003	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	9,7	16,5	24,0	-31,2	7,5	31,7	± 20	
WC 007	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	55,1	24,5	20	22,5	7,5	23,1	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	61,5	25,9	20	29,4	7,5	29,9	± 20	
Varasto 005	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	2,3	38,7	14,3	10	43,1	7,5	43,4	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	137,5	16,4	10	64,2	7,5	64,4	± 20	
Eteinen 008	T	FLÄKTWOOD	RHKB-200-3-6 (595x595)-200		27,9	24,6	138,4	82	68,8	7,5	69,0	± 20	
	T	FLÄKTWOOD	KTS-125	10	3,6	16,2	14,5	20	-27,6	7,5	28,1	± 20	
Märkäeteinen 010	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	30,1	29,1						
	P	FLÄKTWOOD	KSO-160	10	5,3	30,6	29,3						
						YHT.	58,4	55	6,2	7,5	8,1	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	35,6	23,9	20	19,3	7,5	20,0	± 20	
Tekninen tila 006	T	FLÄKTWOOD	KTS-100	2	1,0	75,5	8,7	6	44,8	7,5	45,1	± 20	
	P	FLÄKTWOOD	KSO-100	-5	1,4	168,3	18,2	6	202,7	7,5	202,8	± 20	
WC henkilökunta 002	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	57,1	24,9	20	24,7	7,5	25,2	± 20	

TULO YHT. 579,8
POISTO YHT. 344,9

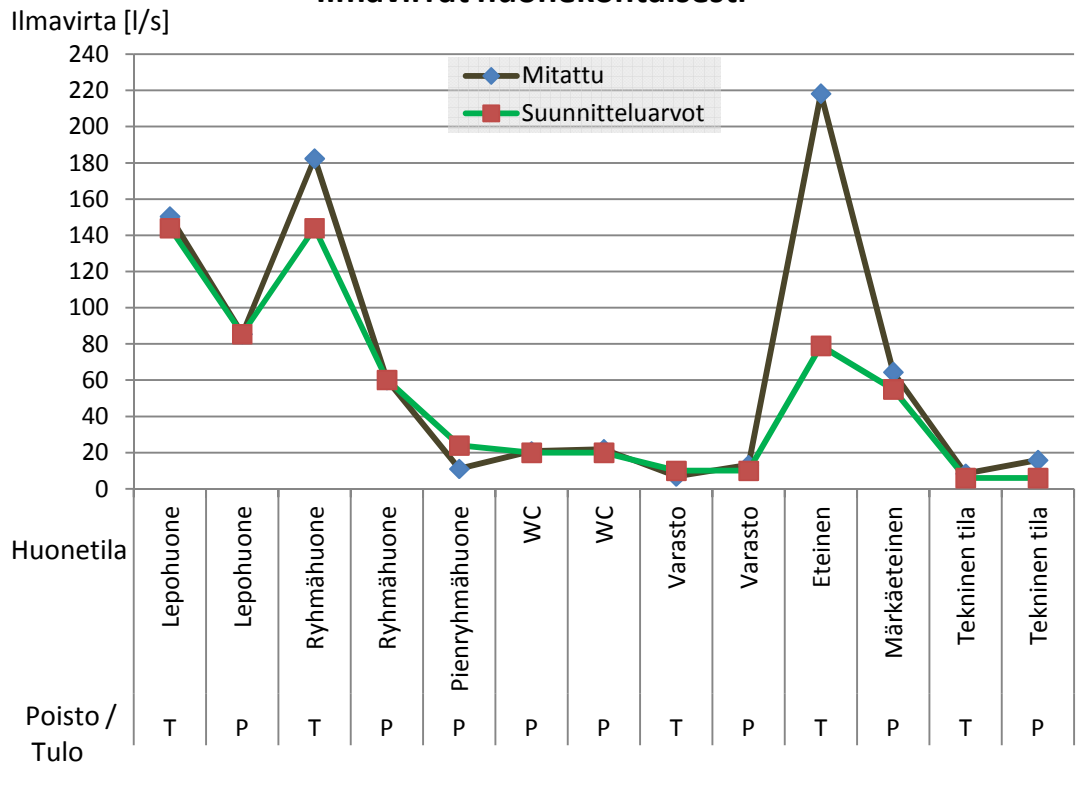


Ryhmä 3



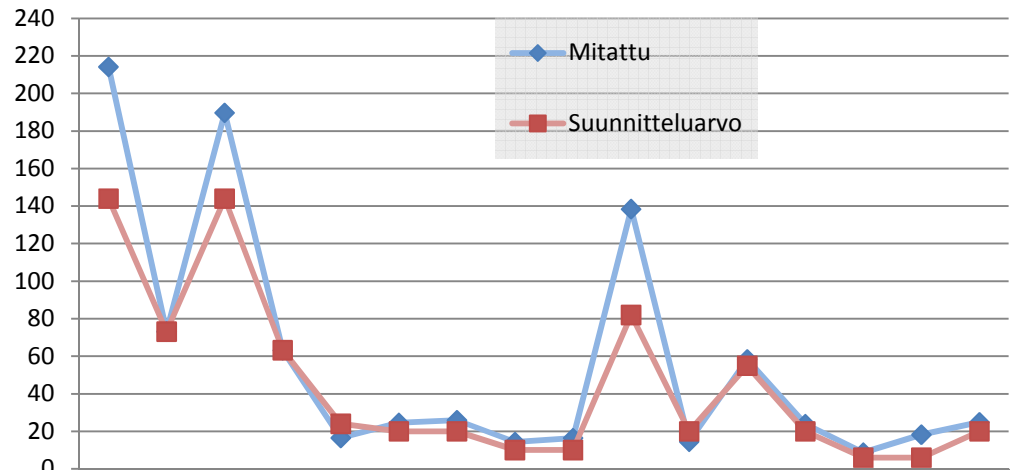
Ryhmä 4

Ilmavirrat huonekohtaisesti



Ryhmä 5 Ilmavirrat huonekohtaisesti

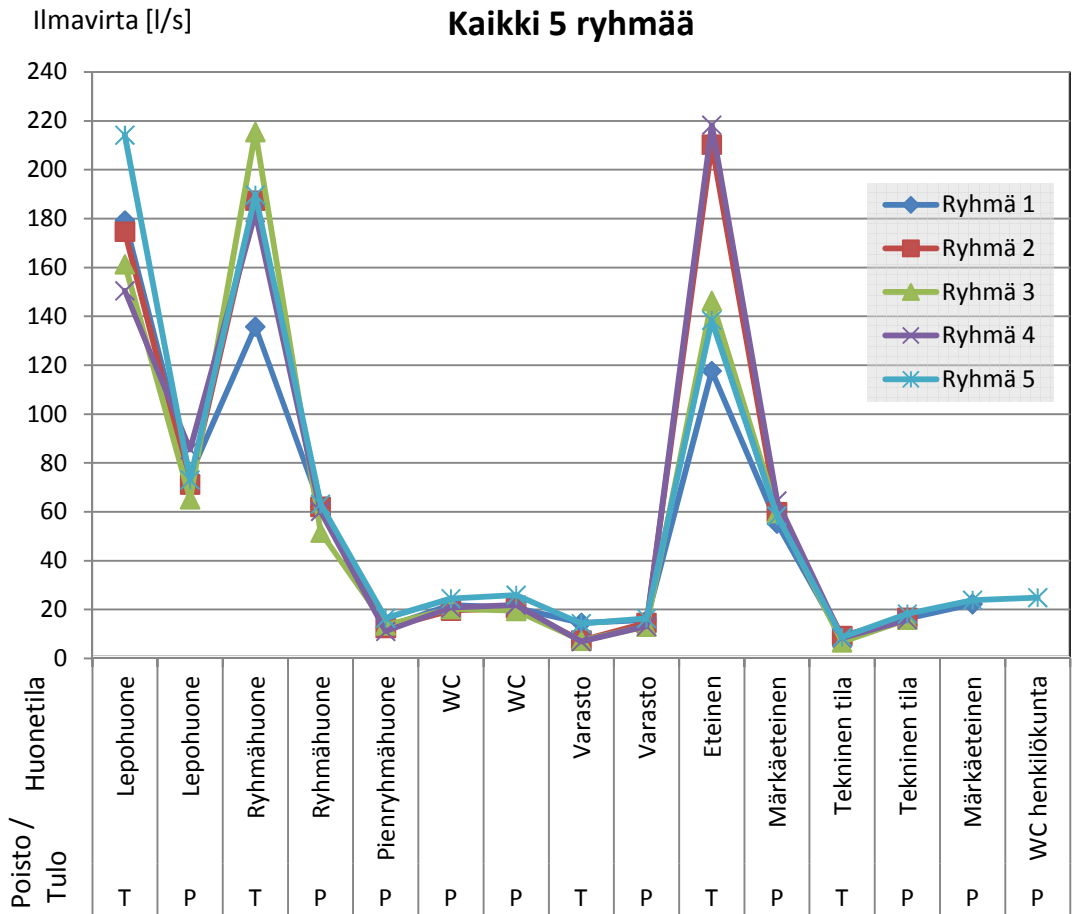
Ilmavirta [l/s]



Huonetila

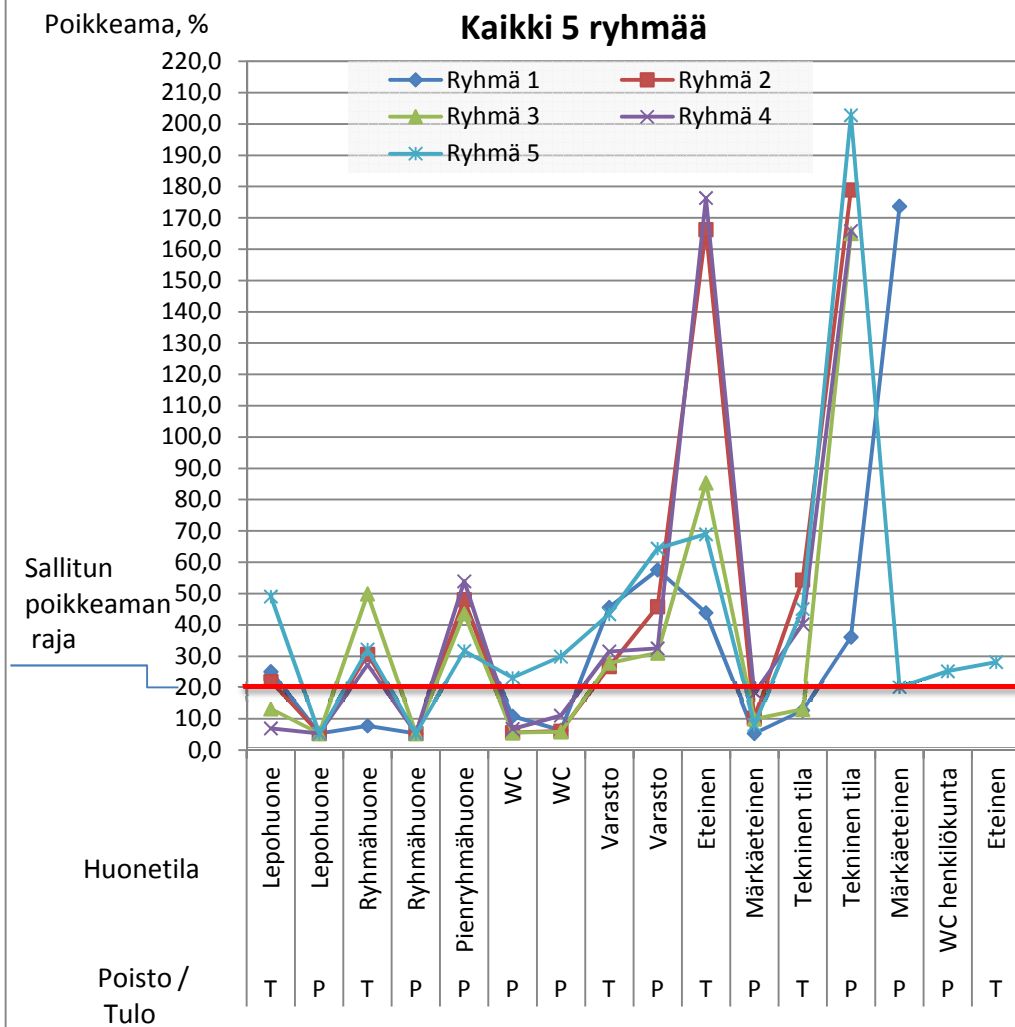
Poisto /
Tulo

Ilmavirrat huonekohtaisesti Kaikki 5 ryhmää



Lasketut poikkeamat huonekohtaisesti

Kaikki 5 ryhmää



ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde: Teknologiatalo Sytytin, Rauma, Vesi-insituutti WANDER PRIZZTECK Oy

Päivä: 2.5.2013

Mittaajat: Samuli Uusitalo

Lämpötila, ulko [°C]: +3

Mittarit: VelociCalc Plus 9565

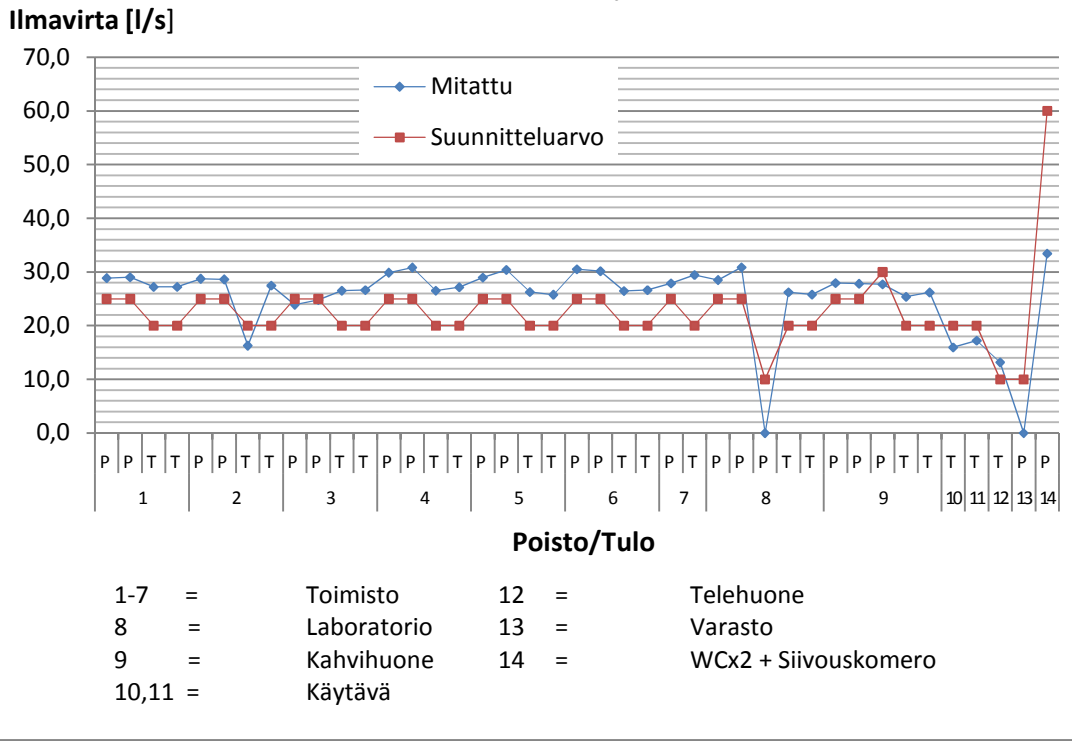
Lämpötila, sisä [°C]: +22

Tiedosto:

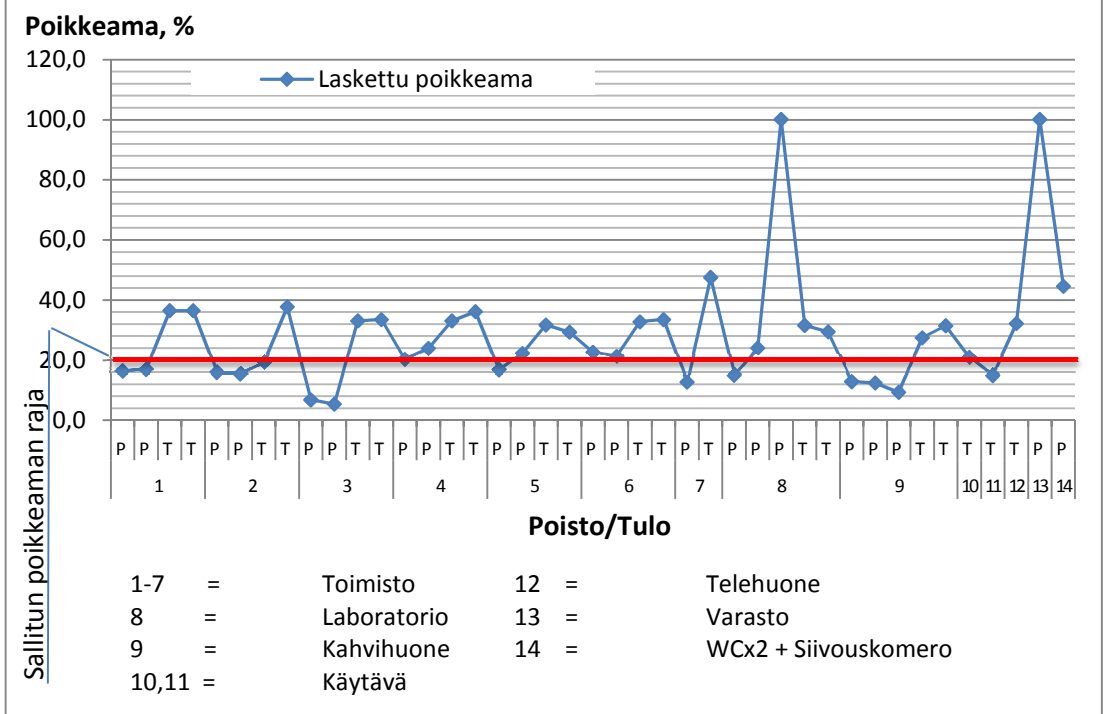
Tuuli [m/s], suunta: 8, länsi

Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmaelin (T/P)			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	K-arvo	Mittaus-tulos [Pa]	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s	Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Tsto G120	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	7	3,6	64,3	28,9	25,0	15,5	7,5	16,4	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	52,6	29,0	25,0	16,0	7,5	16,9	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	46,3	27,2	20,0	36,1	7,5	36,5	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	46,3	27,2	20,0	36,1	7,5	36,5	± 20
Tsto G117	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	51,7	28,8	25,0	15,0	7,5	16,0	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	51,2	28,6	25,0	14,5	7,5	15,4	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	16,6	16,3	20,0	-18,5	7,5	19,3	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	47,2	27,5	20,0	37,4	7,5	37,8	± 20
Tsto G122	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	2	2,9	68,1	23,9	25,0	-4,3	7,5	6,8	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	2	2,9	73,0	24,8	25,0	-0,9	7,5	5,4	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	44,0	26,5	20,0	32,7	7,5	33,1	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	44,3	26,6	20,0	33,1	7,5	33,5	± 20
Tsto G115	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	55,8	29,9	25,0	19,5	7,5	20,2	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	10	4,0	59,4	30,8	25,0	23,3	7,5	23,9	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	44,0	26,5	20,0	32,7	7,5	33,1	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	46,1	27,2	20,0	35,8	7,5	36,2	± 20
Tsto G124	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	77,1	29,0	25,0	15,9	7,5	16,8	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	84,9	30,4	25,0	21,6	7,5	22,3	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	43,1	26,3	20,0	31,3	7,5	31,7	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	41,5	25,8	20,0	28,8	7,5	29,3	± 20
Tsto G114	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	7	3,6	71,8	30,5	25,0	22,0	7,5	22,6	± 20
	P	FLÄKTWOOD	KSO-125	5	3,3	83,5	30,2	25,0	20,6	7,5	21,3	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	43,8	26,5	20,0	32,4	7,5	32,8	± 20
	T	FLÄKTWOOD	luxcool 2400, IQFC		4,0	44,3	26,6	20,0	33,1	7,5	33,5	± 20

Ilmavirrat tilakohtaisesti, Vesi-insituutti










Lasketut poikkeamat tilakohtaisesti, Vesi-insituutti



TIIVIYSMITTAUSRAPORTTI

*Päiväkoti Petäjäinen,
Kangasmoisionkatu 3,
38700 KANKAANPÄÄ*



TIIVIYSMITTAUSLUOKITUS	Q ₅₀
Alle 0,6 A 	
0,6-1,0 B 	
1,1-1,5 C 	
1,6-2,0 D 	
2,1-3,0 E 	2,5
3,1-4,0 F 	
Yli 4,0 G 	

Tutkija

Nimi ja koulutus
Samuli Uusitalo, projektityöntekijä

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO TIIVIYSMITTAUKSEEN	3
Yleistä.....	3
Käsitteitä.....	4
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun mittaus	5
.....	5
1. KOHTeen YLEISTIEDOT.....	6
1.1 Rakennuksen laajuustiedot	6
1.2 Tutkimuksen tilaaja	6
1.3 Tutkimuksen tavoite	6
1.4 Tutkimuksen tekijä	6
2. LÄHTÖARVOT.....	6
2.1 Ulkoilman ja sisäilman olosuhteet.....	6
2.2 Tiiveysmittauksen kattavuus	7
2.3 Käytetyt mittalaitteet ja koejärjestelyt	7
2.4 Ilmanvuotoluvun vertailuarvoja.....	8
2.5 Tiiveysmittaus rakennuksen laadunvalvontamittauksena.....	8
3 TULOKSET	9
4.1 Mittaustulokset	9
4.2 Tulos ja sen arviointi	9

LIITTEET

Tiiveysmittauspöytäkirja
Pohjapiirustus ja leikkaus
Mittausraportti

JOHDANTO TIIVIYSMITTAUKSEEN

Yleistä

Energiatehokkaassa rakentamisessa vaipan ilmatiiviyys on tärkeä rakenteiden kosteusteknisen toiminnan kannalta, sisäilmaston viihtyvyyden kannalta sekä energiakulutuksen vähentämisen kannalta.

Rakennusten ilmanpitävyyden mittaaminen rakennusten laadunvalvontamittauksena on yleistynyt merkittävästi muutaman vuoden sisällä. Vaipparakenteiden ilmatiiviydestä on puhuttu kymmeniä vuosia, mutta vasta energiatodistuksen myötä tiiviyden todentaminen on yleistynyt ja se on tullut jäädäkseen yhtenä rakennuksen vaipan kunnon tutkimisen muotona lämpökuvauksen rinnalle.

Hyvän ilmatiiviyden saavuttaminen rakennuksen vaipparakenteissa on tärkeä monestakin syystä.

Ehkä tärkeimpänä yksittäisenä tekijänä voidaan pitää rakennuksen vaipparakenteiden kosteusteknisen toiminnan varmistamista. Siirryttäessä entistä paremmin eristäviin vaipparakenteisiin tulee hallitsemattoman vuotoilman kulkeutuminen rakenteen sisään estää, jotta vältetään rakenteiden kosteus, ja homevaurioriskeiltä. Nykyisten asumistottumusten seurauksena sisäilman kosteuslisä voi olla talviaikana jopa 4-5 g/m³ sisäilmassa, jolloin kosteuskonvektion riski kasvaa. Jos vaipparakenteissa on ilmavuotoreittejä, voi sisäilman kosteus kulkeutua ilmavirtausten mukana kylmiin rakenteiden osiin ja aiheuttaa kosteusvaurioriskin.

Toinen merkittävä syy hyvään ilmanpitävyyteen on hyvän asumisviihtyvyyden saavuttaminen. Kylmän ulkoilman virtaaminen sisätiloihin aiheuttaa vedon tunnetta ja pahimmilleen lisää terveyshaittariskejä. Vaipan hyvä ilmanpitävyys parantaa sisäilman laatua, koska vedontunne vähenee ja mahdollisten homeiden, epäpuhtauksien ja haitallisten aineiden kulkeutuminen talon rakenteista, maaperästä ja ulkoilmasta sisäilmaan vähenee. Lisäksi hyvä ilmanpitävyys parantaa rakenteiden kosteusteknistä toimintaa, koska kostea sisäilma ei pääse virtaamaan rakenteisiin ja toisaalta siksi, että kylmä ulkoilma ei pääse jäädyttämään rakennetta ja aiheuttamaan materiaalikerrosten välisiin rajapintoihin homeen kasvulle otollisia olosuhteita tai kosteuden tiivistymisriskiä.

Kolmas merkittävä tekijä hyvään ilmatiiviyteen pyrkimisessä on energiakulutuksen pienentäminen. Hallitsemattomalla vuotoilmalla on suuri vaikutus rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Esimerkiksi pientaloissa laskennallinen kokonaisenergiankulutuksen lisäys on keskimäärin 4 % jokaista n⁵⁰-luvun kokonaisyksikön lisäystä kohti. Vuotoilman tarvitseman energian osuus suhteessa kasvaa siirryttäessä matalaenergiarakentamisen suuntaan.

Käsitteitä

Painekoe

Rakennuksen ilmanpitävyyteen kehitetty koe, jossa rakennus ali- tai ylipaineistetaan, jotta vaipan ilmanpitävyyttä voidaan tutkia.

Tiivysmittaus kts. painekoe

Rakennuksen ulkovaipan ilmapuotoluvun n_{50} ja q_{50} määrittäminen 50 Pa alipaineessa (tai ilmapuotokohtien etsiminen muussa, käyttötilannetta suuremmassa alipaineessa).

Ilmanvuotoluku, n_{50} [1/h]

Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuotoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa (pascal) ali- tai ylipaine. Rakennuksen sisätilavuus mitataan ulkovaipan sisäpintojen mukaan, välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen.

Ilmanvuotoluku, q_{50} [$m^3/(h m^2)$]

ilmanvuotoluvulla q_{50} kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden ($m^3/(h m^2)$). Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja;

Ilmanpitävyys, ilmatiiveys

Ilmanpitävyydellä tarkoitetaan rakenteen kykyä estää haitallinen ilmanvaihtuvuus rakenteen eri kerrosten läpi.

Neutraaliakseli

Tasolinja rakennuksen poikki jossakin korkeudessa, missä sisä- ja ulkoilman paine-ero on nolla.

Ulkovaippa

Ulkovaipalla tai vaipalla tarkoitetaan rakennuksen sisätilojen erottavia rakennekerroksia kylmästä ulkoilmasta.

$n_{50, ilm}$ ilmoitettu ilmapuotoluku

Ilmoitettu ilmapuotoluku on talotoimittajan tietyille talotyypille/tyypeille mittauksista laskettu ilmapuotoluku. Ilmoitettua ilmapuotolukua voidaan käyttää rakennuksen ilmapuotoluvun suunnitteluarvona ilman erillistä selvitystä tai mittauksia. Ilmoitettu ilmapuotoluku lasketaan RT 80-10974 mukaisesti. Ilmoitettu ilmapuotoluvun laskennassa otetaan huomioon mittaustulosten lukumäärä ja hajonta.

Talotyyppi

Talotyyppi on talotoimittajan rakennus, jonka rakenteet ovat määrätynlaiset esim. puurakenteinen, kivrakenteinen tai sekarakenteinen. Eri talotyyppiä voivat olla erilaisilla toteutusratkaisuilla tehdyt rakennukset, jotka vaikuttavat ilmatiiviyteen. Talotoimittajalla voi siis olla useita talotyyppisiä.

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun mittaus

Rakennuksen tai sen osien tiiviyttä mitataan Suomessa ns. alipainemenetelmällä, jossa tutkittavaan tilaan aiheutetaan 50 Pa:n alipaine ulkoilmaan nähden. Alipaine saadaan aikaan puhaltimella. Puhallin asennetaan ulko-oven tai ikkunan tuuletusluukun paikalle. Puhallin voi olla myös rakennuksen oma ilmanvaihtolaitteisto.

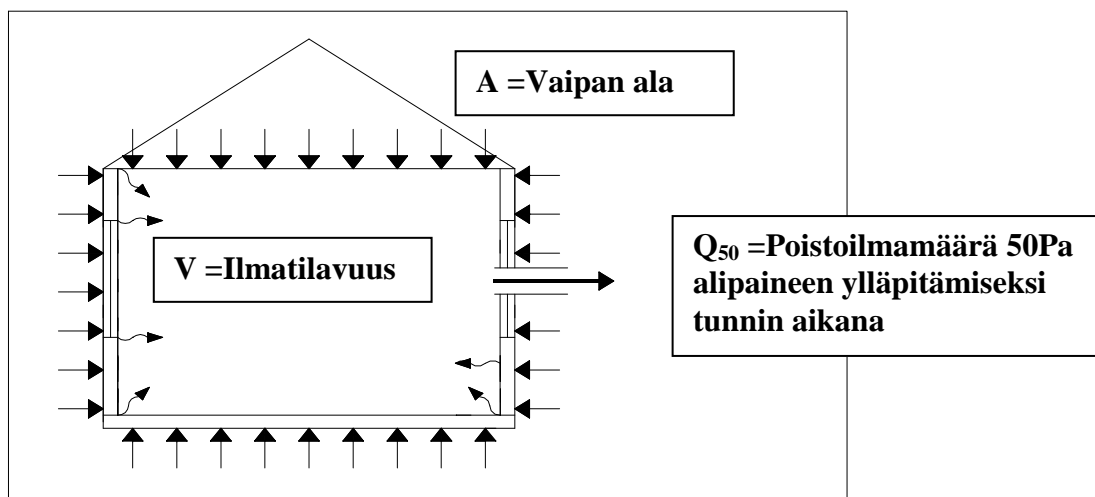
Alipaineen ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä mitataan. Tämä ilmamäärä jaettuna tutkittavan tilan ilmatilavuudella antaa tulokseksi ns. ilmavuotoluvun n_{50} , tai ilmamäärä jaetaan vaipan alalla jolloin tulokseksi saadaan ilmavuotoluku q_{50} . Ilmavuotoluku n_{50} esitetään yksikössä 1/h, vaihtoa tunnissa. Ilmavuotoluku q_{50} esitetään yksikössä $[m^3/(h m^2)]$.

$$n_{50} = Q_{50}/V$$

missä n_{50} = rakennuksen ilmavuotoluku 50 Pa paine-erolla [1/h]
 Q_{50} = painekokeella mitattu ilmavirtaus 50 Pa paine-erolla [m^3/h]
 V = rakennuksen/mitattavan osan sisätilavuus [m^3]

$$q_{50} = Q_{50}/A$$

missä q_{50} = rakennuksen ilmavuotoluku 50 Pa paine-erolla [$m^3/(h m^2)$]
 Q_{50} = painekokeella mitattu ilmavirtaus 50 Pa paine-erolla [m^3/h]
 A = rakennuksen/mitattavan osan ulkovaipan ala [m^2]



Kuva 2. Vaipan tiiviysmittauksen periaate

Rakennuksen ilmanpitävyyden mittaaminen painekoemenetelmällä on esitetty standardissa SFS EN 13829. Standardissa käytetään mittaamenetelmää B (rakennuksen vaipan testaus) siten, että rakennukseen tarkoituksellisesti ilmanvaihtoa varten tehdyt aukot (ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistokanavat, korvausilmaventtiilit), tulisijat ja hormit suljetaan tiiviisti tarvittaessa teippaamalla.

Rakennuksen mitattavaan alueeseen otetaan mukaan kaikki lämmitetyt ja jäähdytetyt tilat tai tilat, joissa on koneellinen ilmanvaihto ja sellaiset tilat, jotka selkeästi ovat ilmanpitävän vaipan sisäpuolella.

Ilmanvuotoluvun laskennassa käytettävä rakennuksen sisätilavuus lasketaan rakentamismääräyskokoelmassa D5 määritetyn rakennuksen ilmatilavuuden mukaan. Rakennuksen ilmatilavuus on huonekorkeuden ja kokonaissisämittojen mukaan lasketun pinta-alan tulo. Välipohjia ei lasketa rakennuksen ilmatilavuuteen. Vaipan alaan lasketaan ulkoseinien pinta-ala sisämittojen mukaan laskettuna sekä yläpohjan ja alapohjan ala. Aukkoja ei vähennetä vaipan alasta.

1. KOHTEEN YLEISTIEDOT

1.1 Rakennuksen laajuustiedot

Rakennuksen alapohja on tehty tuulettavana alapohjana. Ulkoseinät että yläpohja on tehty puurungolla elementeistä ja eristeenä on käytetty puhallusvillaa. Rakennuksen laajuus on:

- kerrosala: 1053 m²
- vaipanala: 2791 m²
- tilavuus 3158,6 m³

1.2 Tutkimuksen tilaaja

SAMK / Jarkko Heinonen

1.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on todentaa päiväkodin 2. osan tiiveysluokka.

1.4 Tutkimuksen tekijä

Tutkimuksen tekijänä toimi Satakunnan ammattikorkeakoulun projektityöntekijä Samuli Uusitalo.

2. LÄHTÖARVOT

2.1 Ulkoilman ja sisäilman olosuhteet

Ulkoilman lämpötila oli 7,4 °C ja sisälämpötila +21,8 °C, tuulen nopeus 4 m/s, tuulen suunta etelä.

2.2 Tiiveysmittauksen kattavuus

Tiiveysmittaus kattaa Kangasmoisionkatu 3 päiväkodin 2. osan.

2.3 Käytetyt mittalaitteet ja koejärjestelyt

Mittalaitteina käytettiin Retrotec 1000 –puhallinta ja sen ohjausyksikköä. BlowerDoor asennettiin ryhmän 5 oveen (Kuva 1). Ilmanvaihdon sisäilman tulo- ja poistokanavat tukittiin ilmastointikoneilta (8 kpl, Kuva 2) teippaamalla (Kuva 3). Ilmastointikoneiden raitis- ja jäteilmakanavien sulkeminen hoidettiin koneiden omilla sulkupelleillä (Kuva 4)



Kuva 1. BlowerDoor, puhallin ja tietokone asennettuna



Kuva 2. Ilmastointikone



Kuva 3. Ilmastointikoneen sisäilman tulo- ja poistokanavat tukittu teippaamalla



Kuva 4. Ilmastointikoneen raitisilmakanavan sulkupelti

Käytetyn mittalaitteiston tunnistetiedot:

Blower Door

Fan Shell Serial Number: 1FN000252

Fan Top Serial Number: 1FT000252

Calibrating Date: 14.9.2011

Pressure Gauge

Serial Number: 205990

Calibrating Date: 14.9.2011

2.4 Ilmanvuotoluvun vertailuarvoja

Rakennuksen ilmanvuotoluku tarvitaan lähtötietona lämmöntarpeen laskennassa. Erinomainen arvo pientalossa on alle 1,0 1/h, normaali n. 4,0 1/h ja heikko n. 10,0 1/h. Ilmanvuotolukua ei pidä sekoittaa LVI- suunnittelussa käytettyyn termiin ilmanvaihtokerroin, joka kertoo rakennuksen ilmanvaihdon suunnittelijalle kuinka monta kertaa sisäilman tilavuus halutaan vaihtuvat aikayksikössä. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa on otettava siis huomioon koneellisen ja luonnollisen ilmanvaihdon suhteet.

Vuoden 2003 alussa voimaan tulleissa rakentamismääräyksissä ilmanpitävyys otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimien ja lämmön talteenoton ohella ns. lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 kohdassa esitetään rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennan ohjeet.

2.5 Tiiviysmittaus rakennuksen laadunvalvontamittauksena

Tiiviysmittaus (vuoden 2010 alun jälkeen) on tehtävä silloin kun uudisrakennuksen energiatodistuslaskelmissa halutaan käyttää parempaa ilmanvuotolukua kuin 4 1/h

vaihtoa tunnissa, ellei rakennus kuulu ns. talotoimittajan ilmoitusmenettelyn piiriin. Ilmoitusmenettely vaatii jokaisesta talotyypistä tiiviysmittauksien sarjan, tulosten laskennan sekä tulosten seurannan.

Tiiviysmittauksen yksikkönä käytetään q_{50} -lukua, joka kertoo kuinka paljon ulkovaippa neliötä kohden vuotaa tunnin aikana 50 Pa paine-erolla vaipan vuotokohtien kautta.

2012 määräyksissä vaatimus on q_{50} -luvulle 4,0 [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]. Vertailuarvona käytetään 2 [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$] ja suositus on alle 1,0 [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$].

3 TULOKSET

4.1 Mittaustulokset

	q_{50}
Alipainemittaus:	2,354
Ylipainemittaus:	<u>2,600</u>
Keskiarvo:	2,477 → 2,5

4.2 Tulos ja sen arviointi

Tulos täyttää q_{50} -luvun osalta tiiveysluokan E vaatimukset.

TIIVIYSMITTAUSPÖYTÄKIRJA

Mittauspäivä 10.1.2013

Kohdetiedot

	Talotyyppi	Päiväkoti	Ulkoseinä	Puurunko/mineraalivilla
	Osoite 1	Kangasmoisionkatu 3, 38700 Kankaanpää	Yläpohja	Puurunko/mineraalivilla
			Alapohja	Tuuletettu alapohja
Mittauksen rajaus			Ilmanvaihto	Ryhmä-/tilakohtainen tulo-poisto
	Kerrosala m2		Lattia-ala m2	1053
	Rak. Tilavuus m3		Ilmatilavuus m3	3158,6
	Huoneistoala m2		Vaipan ala m2	2791

Tilaaaja

	Yritys	Satakunnan ammattikorkeakoulu	puh.	
	Henkilö	Jarkko Heinonen	Sähköposti	
	Osoite			

Mittaajan tiedot

	Yritys	Satakunnan ammattikorkeakoulu	Osoite	Tiedepuisto 3 28600 PORI
	Henkilö	Samuli Uusitalo	puh.	+358 44 3724089
			Sähköposti	samuli.2.uusitalo@samk.fi
	Henkilö		puh.	
			Sähköposti	

Lähtöarvot

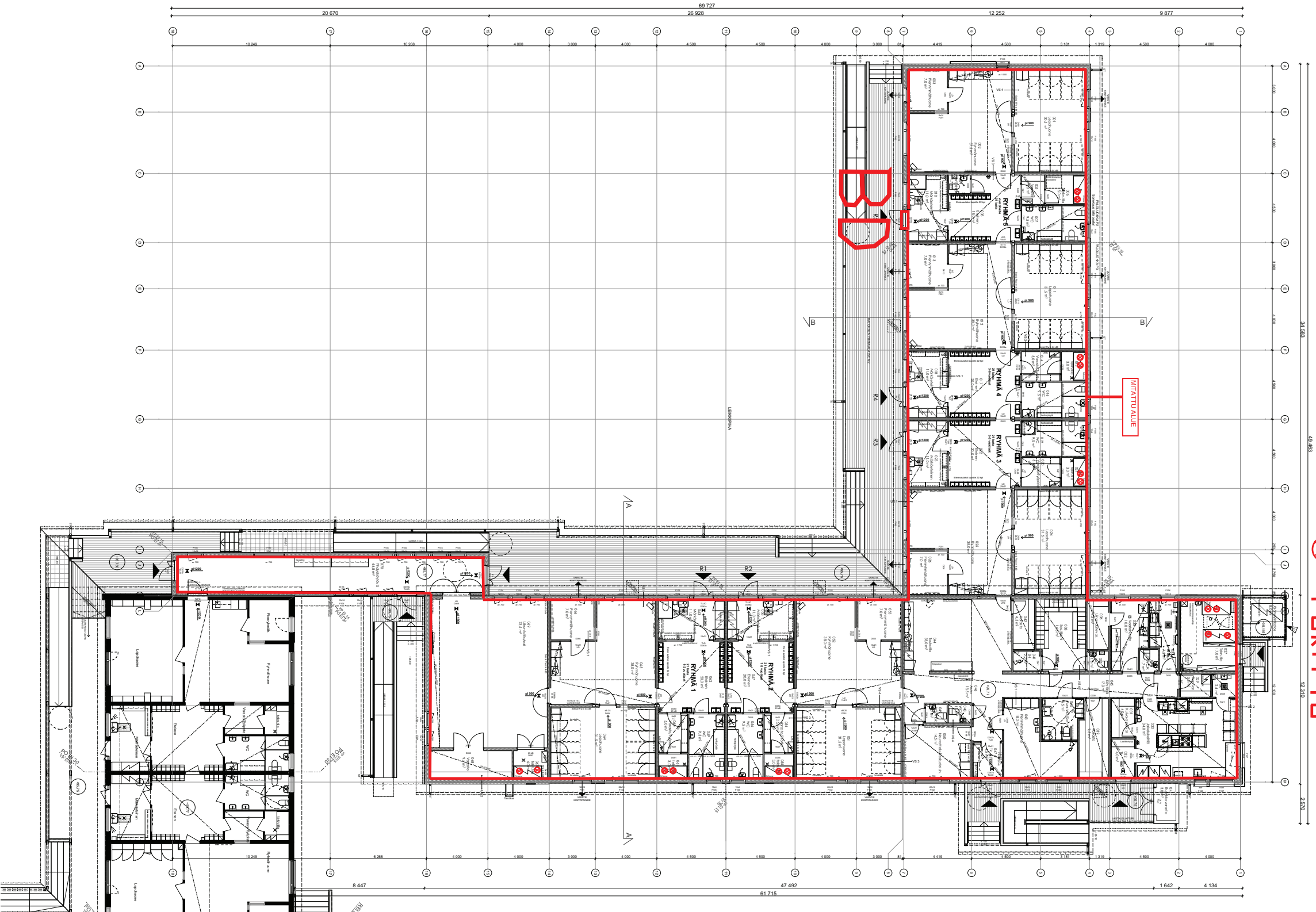
	Ulkolämpötila °C	+7,4	Sisälämp. °C	+ 21,8
	Tuuli m/s	4	Paine-ero Pa	
	Tuulen suunta	etelä	Ilman paine hPa	1013,0

Mittauksessa käytetty laitteisto

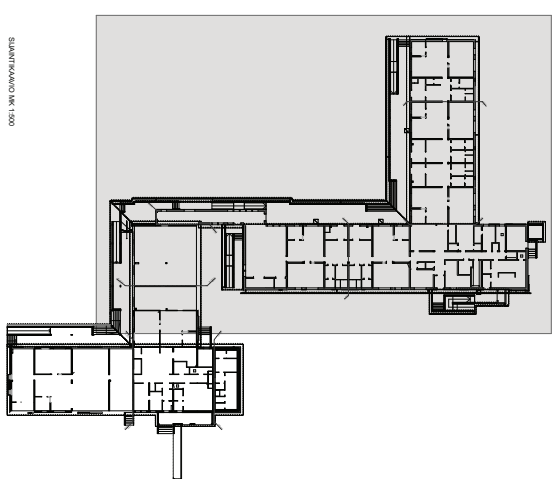
	Mittausmenetelmä	
	Mittauslaitteisto 1	Retrotec 1000
	Mittauslaitteisto 2	

Mittaustulokset

--	--



⊗ = TUUKITTU



LAUSUNNUSKESKUS A1
1 193,5 m²

LAUSUNNUSKESKUS A1 (250 mm)
1 180,0 m²

LAUSUNNUSKESKUS B1

LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3

- VUOKKOLOTO RYHMÄT P2

- MUIK RAKENNUS P3

PALOUKKA P1 RAKENNUSOSAN RYHMÄ 5) VÄHISTÄMÄN SPRINKLAUSUELLA

LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3

LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3

LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3

TYÖ	ALUE	KANTAVUUS	RYHMÄ	RYHMÄ	RYHMÄ	RYHMÄ	RYHMÄ
LAUSUNNUSKESKUS A1	1 193,5 m ²	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30
LAUSUNNUSKESKUS A1 (250 mm)	1 180,0 m ²	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30
LAUSUNNUSKESKUS B1		R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30
LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3		R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30

TYÖ	ALUE	KANTAVUUS	RYHMÄ	RYHMÄ	RYHMÄ	RYHMÄ	RYHMÄ
LAUSUNNUSKESKUS A1	1 193,5 m ²	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30
LAUSUNNUSKESKUS A1 (250 mm)	1 180,0 m ²	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30
LAUSUNNUSKESKUS B1		R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30
LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3		R-30	R-30	R-30	R-30	R-30	R-30

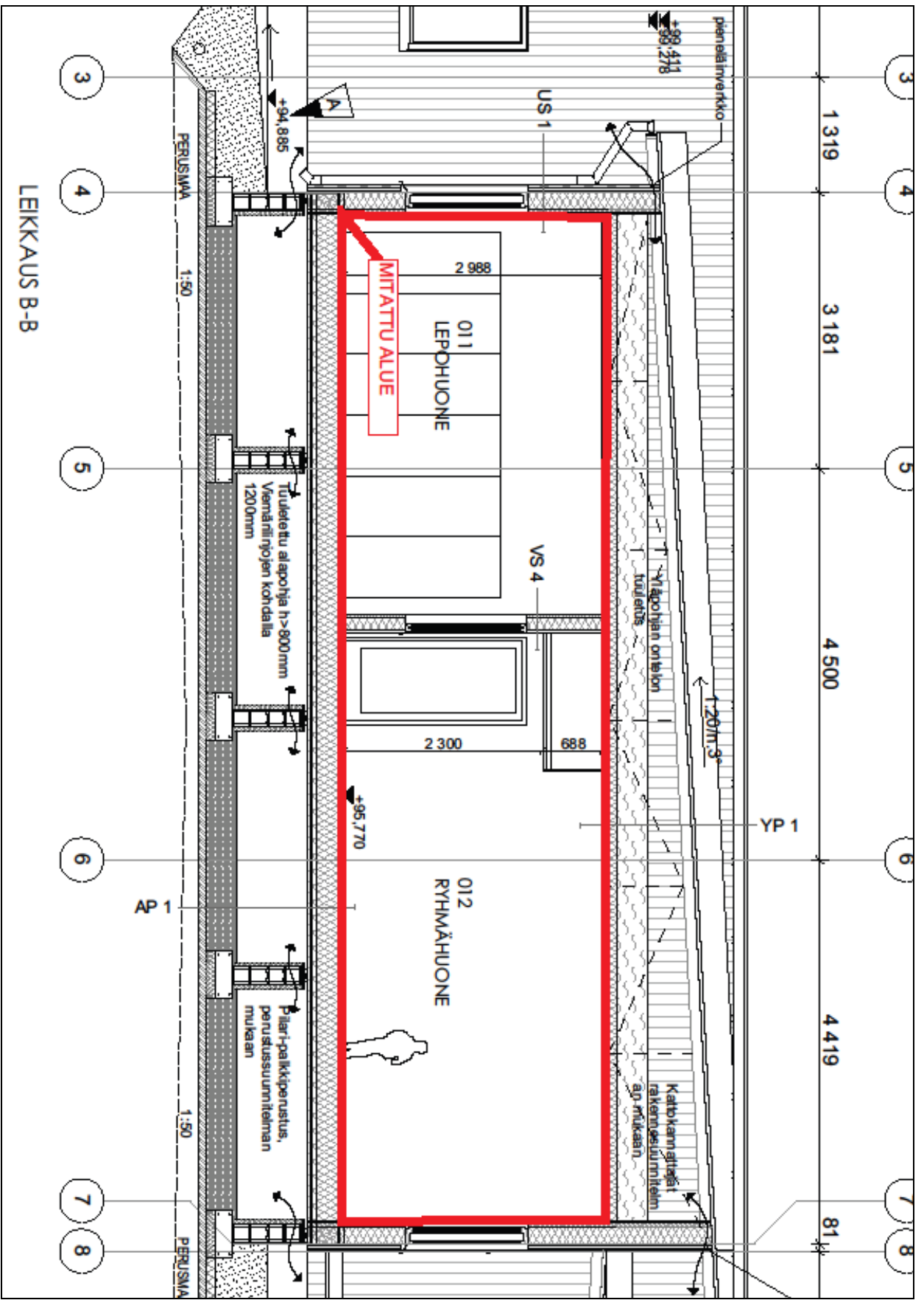
- D LAUSUNNUSKESKUS P1/P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3
- C RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3
- B RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3
- A RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3 RAKENNUSOSAN RYHMÄT P2/P3

ARKKITEHTITOIMISTO LASSILA & CO OY

Yhtiön nimi: Lassila & Co Oy
 Yhtiön osoite: Mannerheimintie 11, 00100 Helsinki
 Puhelin: +358 (0)9 4500 1000
 Faksi: +358 (0)9 4500 1001
 Sähköposti: info@lassila.com

Projekti: ARK
 Piirustus: 102-103 D

1:100



INSERT COMPANY LOGO

Building Air Leakage Test Results In Compliance with European Norm EN13829



Building Details

Building Address:	Elevation:	95,8 m
Kangasmoisionkatu 3, 38700	Height above ground:	4,7 m
Kankaanpää	Building Volume, V:	3 158,6 m³
Päiväkoti Petäjäinen, 2. osa	Total envelope area, A _{T BAT}	2 791 m²
Customer Info:	Floor Area, A _F	1 053 m²
	Building exposure to wind:	Partially protected building
Test technician: Samuli	Accuracy of measurements:	3%
Uusitalo		
Test company: Satakunnan ammattikorkeakoulu		

Testing Details

Fan Model: Retrotec 1000	Fan SN:	Gauge Model: DM-2	Gauge SN: 205990
---------------------------------	---------	--------------------------	-------------------------

Depressurize set

Date: **2013-04-28** Time: **21:26** to **21:47**

Environmental Conditions:

Barometric Pressure: **101,3** KPa from **Stand. temp. and pressure.**

Wind speed: **5: Fresh breeze**

Temperature: Initial: indoors **22 °C** outdoors **7 °C**.
Final: indoors **22 °C** outdoors **7 °C**.

Test Data:

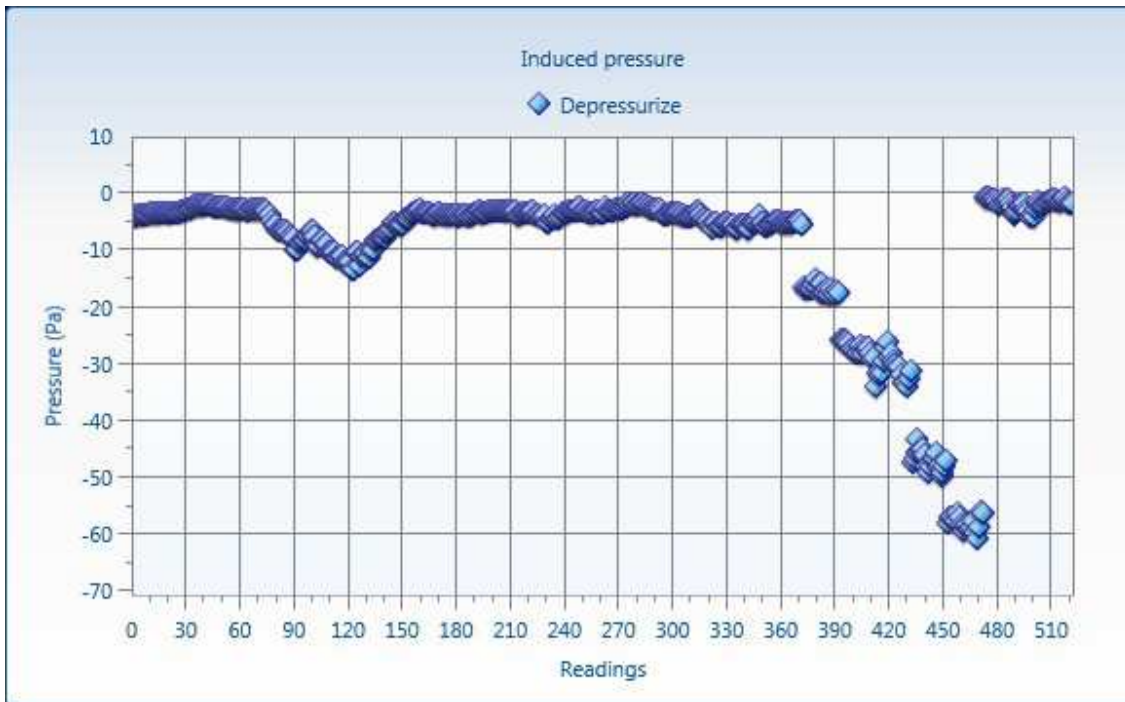
5 bias pressures taken for **10** sec each.

5 induced pressures taken for **20** sec each.

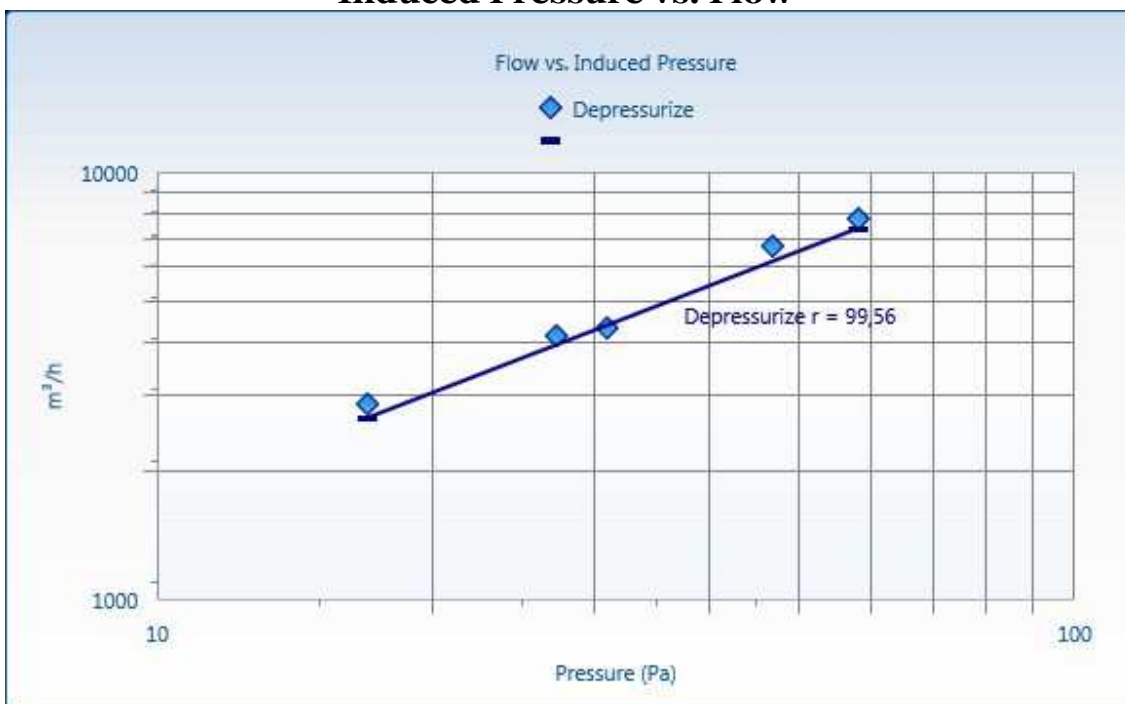
Bias, initial [Pa]	-3,06	-8,61	-3,64	-3,01	-5,02							
Building Test Pressure [Pa]	-20,2	-30,5	-34,2	-50,2	-61,4							
Bias, final [Pa]	-1,17	-2,15	-2,91	-1,54	-1,43							
Door Fan Pressure, [Pa]	93,5	194	210,9	46,3	62,3							
Range(s) Used	B	B	B	Open (22)	Open (22)							
Total flow, V _F [m ³ /h]	2867,8	4138,9	4315,3	6702,5	7773,1							
Corrected flow, V _{env} [m ³ /h]	2734	3945	4114	6389	7410							
Error [%]	2,7%	-0,1%	-6,0%	3,3%	0,4%							

Bias pressure Averages: initial [Pa] ΔP_{01} **-4,67**, ΔP_{01-} **-4,67**, ΔP_{01+} **0,00**
final [Pa] ΔP_{01} **-1,84**, ΔP_{01-} **-1,84**, ΔP_{01+} **0,00**

Induced Pressure



Induced Pressure vs. Flow



Depressurize Test Results

	Results				Results	95% confidence		Uncertainty
		95% confidence limits						
<i>Correlation, r [%]</i>	99,56			<i>Air flow at 50 Pa, V₅₀ [m³/h]</i>	6560	6030	7155	+/-8,6%
<i>Intercept, C_{env} [m³/h.Paⁿ]</i>	255,5	154,5	422,0	<i>Air changes at 50 Pa, n₅₀ [/h]</i>	2,070	1,891	2,270	+/-9,1%
<i>Intercept, C_L [m³/h.Paⁿ]</i>	257,43	156,0	425,0	<i>Permeability at 50 Pa, q₅₀ [m³/h.m²]</i>	2,354	2,141	2,567	+/-9,1%
<i>Slope, n</i>	0,8281	0,6856	0,9706	<i>Specific Leakage at 50 Pa, w₅₀ [m³/h.m²]</i>	6,239	5,674	6,804	+/-9,1%

Pressurize set

Date: **2013-04-28** Time: **21:49** to **22:08**

Environmental Conditions:

Barometric Pressure: **101,3** KPa from **Stand. temp. and pressure.**

Wind speed: **5: Fresh breeze**

Temperature: Initial: indoors **22 °C** outdoors **7 °C**.
Final: indoors **22 °C** outdoors **7 °C**.

Test Data:

5 bias pressures taken for **10** sec each.

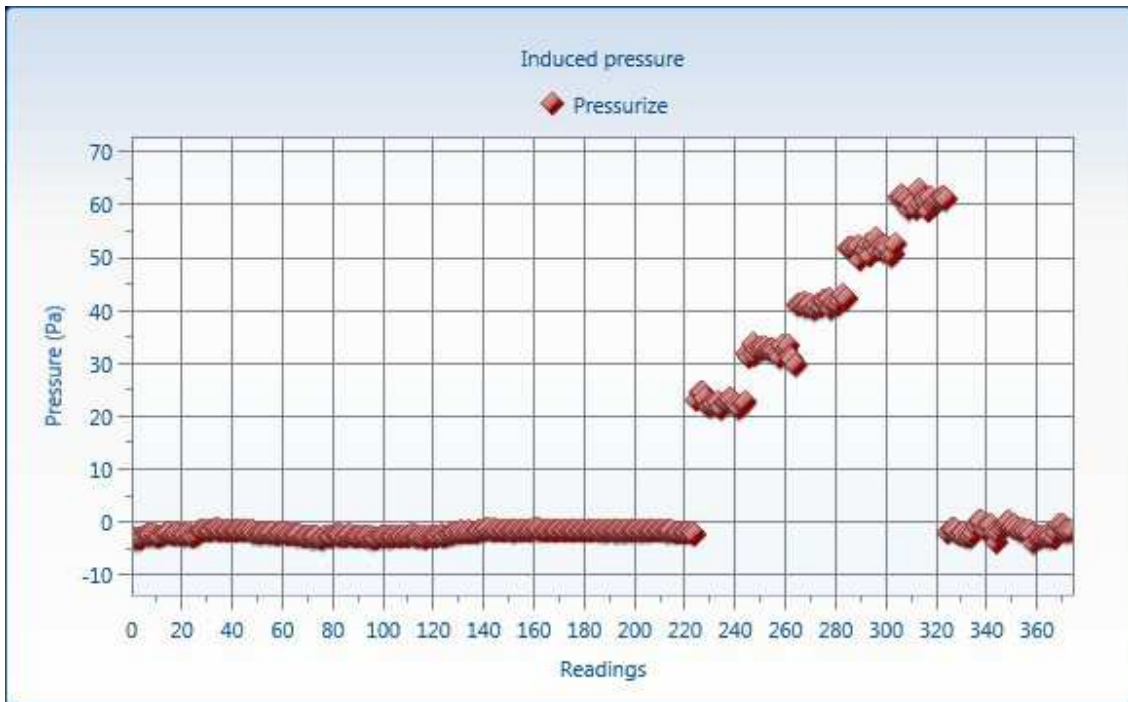
5 induced pressures taken for **20** sec each.

Bias, initial [Pa]	-2,24	-2,12	-2,64	-1,60	-1,65							
Building Test Pressure [Pa]	20,8	30,4	39,4	49,8	58,9							
Bias, final [Pa]	-2,08	-1,19	-0,91	-2,43	-1,80							
Door Fan pressure, [Pa]	41,1	55,4	78,7	105	130,1							
Range(s) Used	Open (22)	Open (22)	Open (22)	Open (22)	Open (22)							

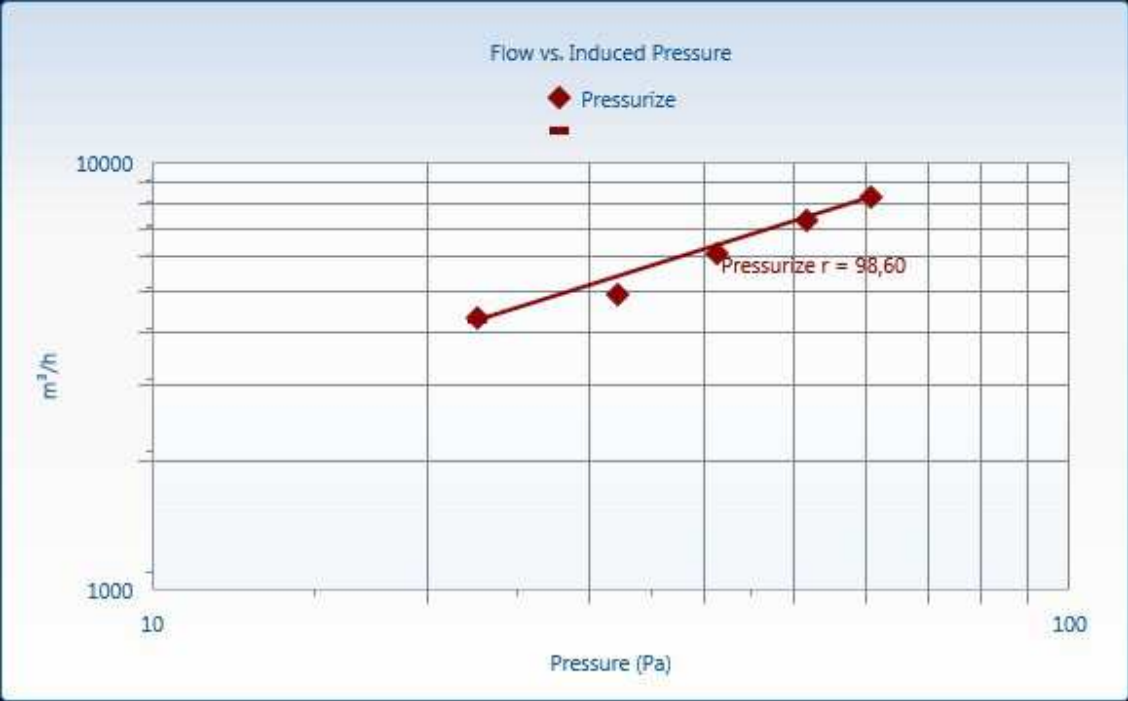
Total flow, V_r [m ³ /h]	4349,9	4907,8	6147,2	7285,8	8273,7							
Corrected flow, V_{env} [m ³ /h]	4470	5043	6317	7487	8502							
Error [%]	4,9%	-6,7%	-1,1%	0,7%	2,6%							

Bias pressure Averages: initial [Pa] ΔP_{01} -2,05, ΔP_{01-} -2,05, ΔP_{01+} 0,00
 final [Pa] ΔP_{01} -1,68, ΔP_{01-} -1,68, ΔP_{01+} 0,00

Induced Pressure



Induced Pressure vs. Flow

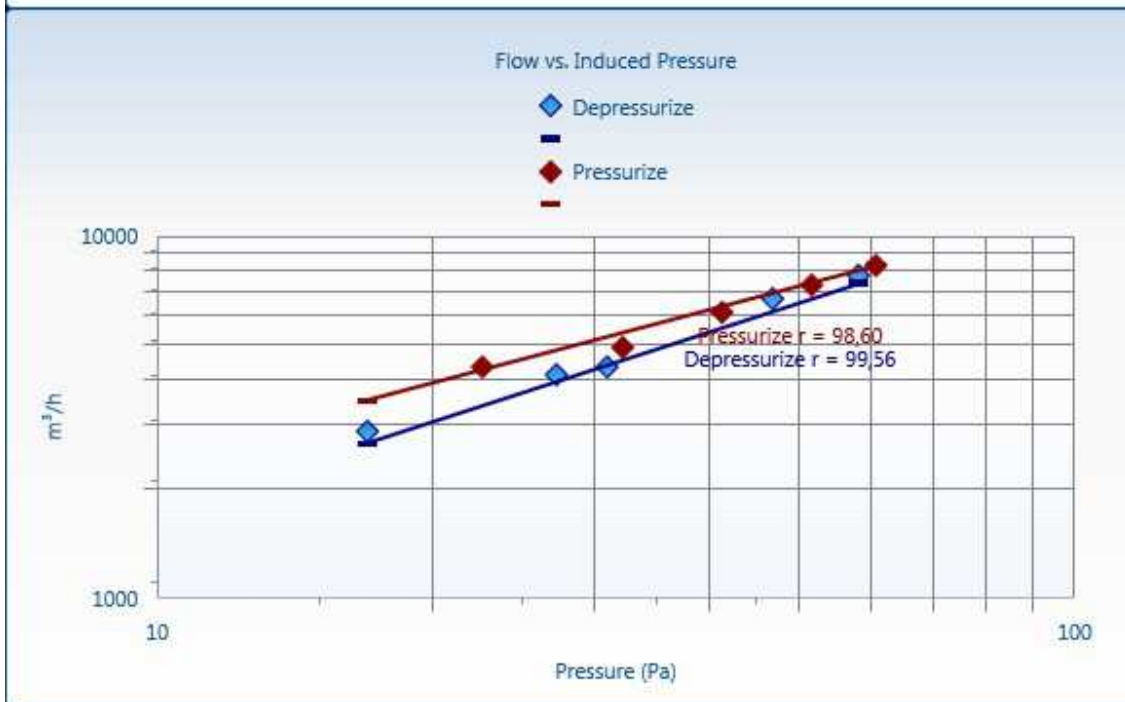
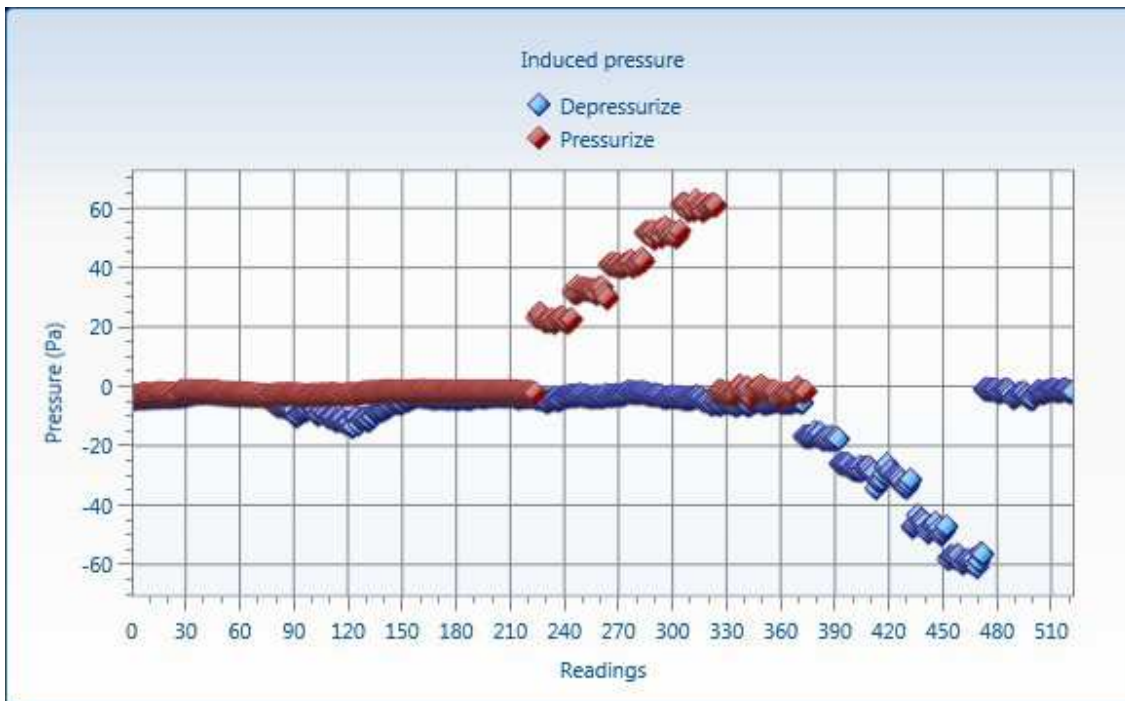


Pressurize Test Results

	Results				Results	95% confidence		Uncertainty
		95% confidence limits						
<i>Correlation, r [%]</i>	98,60			<i>Air flow at 50 Pa, V₅₀ [m³/h]</i>	7260	6640	7930	+/-8,9%
<i>Intercept, C_{env} [m³/h.Paⁿ]</i>	520,5	240,1	1130	<i>Air changes at 50 Pa, n₅₀ [/h]</i>	2,300	2,080	2,515	+/-9,4%
<i>Intercept, C_L [m³/h.Paⁿ]</i>	519,64	240,0	1125	<i>Permeability at 50 Pa, q₅₀ [m³/h.m²]</i>	2,600	2,357	2,844	+/-9,4%
<i>Slope, n</i>	0,6740	0,4644	0,8836	<i>Specific Leakage at 50 Pa, w₅₀ [m³/h.m²]</i>	6,892	6,246	7,539	+/-9,4%

Combined Test Data

	Results	95% Confidence Interval		Uncertainty
Air flow at 50 Pa, V ₅₀ [m ³ /h]	6915	6335	7545	+/-8,7%
Air changes at 50 Pa, n ₅₀ [/h]	2,190	1,985	2,391	+/-9,2%
Permeability at 50 Pa, q ₅₀ [m ³ /h.m ²]	2,477	2,249	2,706	+/-9,0%
Specific leakage at 50 Pa, w ₅₀ [m ³ /h.m ²]	6,566	5,960	7,171	+/-9,0%



Test Notes: (add notes here)

Calibration Certificate

Retrotec 1000						
Range	N	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	519,618	-0,07	0,8	-0,115	1
A	0,503	264,996	-0,075	1	0	1
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1

PAINEROJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde: Päiväkoti Petäjäinen, Kankaanpää
 Mittaajat: Samuli Uusitalo
 Mittarit: VelociCalc Plus 9565
 Tiedosto:

Päivä: 28.4.2013
 Lämpötila, ulko [°C]: +9
 Lämpötila, sisä [°C]: +22
 Tuuli [m/s], suunta: 4, länsi

Huone		Mittausarvot						Poikkeamat				
		Paine-ero [Pa]						Keskiarvo [Pa]	Lukemavirhe %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Ryhmä 1		1.	2.	3.	4.	5.	6.					
Lepuhuone	064	-7,0						-7,0	1	7,5	5,40	
Ryhmähuone	065	-3,1	-9,8	-5,3				-6,1	1	7,5	5,40	
Pienryhmähuone	066	-6,5	-7,6					-7,1	1	7,5	5,40	
WC	059	-10,6	-11,2	-11,0				-10,9	1	7,5	5,40	
Varasto	060	-8,0	-8,5	-9,8	-8,7			-8,8	1	7,5	5,40	
Eteinen	062	-11,5	-11,0					-11,3	1	7,5	5,40	
Märkäeteinen	063	-12,6	-15,3	-14,2				-14,0	1	7,5	5,40	
Tekninen tila	061	-10,2	-9,6	-9,5				-9,8	1	7,5	5,40	
Liikuntasali	069	-1,2	-1,8	-4,1				-2,4	1	7,5	5,40	
ulos		0,0						0,0	1	7,5	5,40	
Ryhmä 2												
Lepuhuone	051	-6,9	-9,5	-6,6				-7,7	1	7,5	5,40	
Ryhmähuone	052	-10,1	-9,9	-7,7				-9,2	1	7,5	5,40	
Pienryhmähuone	053	-8,5	-9,0	-8,4				-8,6	1	7,5	5,40	
WC	056	-10,4	-10,0					-10,2	1	7,5	5,40	
Varasto	054	-12,9	-10,8	-6,4				-10,0	1	7,5	5,40	
Eteinen	057	-10,6	-8,8	-11,3				-10,2	1	7,5	5,40	
Märkäeteinen	058	-6,5	-7,9	-9,7	-10,4	-7,2	-11,8	-8,9	1	7,5	5,40	
Tekninen tila	055	-8,0	-10,7	-8,4				-9,0	1	7,5	5,40	
Taukotila	044	-11,6	-11,7	-16,5				-13,3	1	7,5	5,40	
ulos		0,1						0,1	1	7,5	5,40	

Huone	Mittausarvot						Poikkeamat				
	Paine-ero [Pa]						Keskiarvo [Pa]	Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
	1.	2.	3.	4.	5.	6.					
Ryhmä 3											
Lepohuone 024	-9,0	-11,2	-10,7				-10,3	1	7,5	5,40	
Ryhmähuone 025	-7,4						-7,4	1	7,5	5,40	
Pienryhmähuone 026	-7,6	-11,4	-14,1	-17,9	-12,6		-12,7	1	7,5	5,40	
WC 019	-7,7	-7,7	-10,4				-8,6	1	7,5	5,40	
Varasto 020	-10,3	-7,6	-9,0				-9,0	1	7,5	5,40	
Eteinen 022	-7,4	-6,5	-7,4				-7,1	1	7,5	5,40	
Märkäeteinen 023	-10,5	-7,4	-10,8				-9,6	1	7,5	5,40	
Tekninen tila 021	-10,7	-10,3	-9,7				-10,2	1	7,5	5,40	
ulos	0,0						0,0	1	7,5	5,40	
Ryhmä 4											
Lepohuone 011	-17,7	-14,5	-12,4				-14,9	1	7,5	5,40	
Ryhmähuone 012	-9,1	-9,7	-12,2				-10,3	1	7,5	5,40	
Pienryhmähuone 013	-8,4	-8,1	-8,6				-8,4	1	7,5	5,40	
WC 016	-7,9	-10,7	-8,9	-13,6	-11,5		-10,5	1	7,5	5,40	
Varasto 014	-8,5	-8,7	-8,3				-8,5	1	7,5	5,40	
Eteinen 017	-6,2	-7,0	-6,4				-6,5	1	7,5	5,40	
Märkäeteinen 018	-9,4	-8,7	-9,7				-9,3	1	7,5	5,40	
Tekninen tila 015	-9,8	-7,1	-7,7	-6,9	-6,1		-7,5	1	7,5	5,40	
ulos	0,2						0,2	1	7,5	5,40	

Huone	Mittausarvot						Poikkeamat				
	Paine-ero [Pa]						Keskiarvo [Pa]	Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Ryhmä 5	1.	2.	3.	4.	5.	6.					
Lepuhuone 001	-6,8	-7,3	-6,9				-7,0	1	7,5	5,40	
Ryhmähuone 002	-7,1	-6,6	-6,9				-6,9	1	7,5	5,40	
Pienryhmähuone 003	-8,4	-9,5	-9,0				-9,0	1	7,5	5,40	
WC 007	-13,8	-14,4	-14,1				-14,1	1	7,5	5,40	
Varasto 005	-8,7	-9,7	-8,8				-9,1	1	7,5	5,40	
Eteinen 008	-9,1	-8,5	-8,2				-8,6	1	7,5	5,40	
Märkäeteinen 010	-22,1	-23,1	-23,9				-23,0	1	7,5	5,40	
Tekninen tila 006	-8,2	-7,7	-7,7				-7,9	1	7,5	5,40	
WC henkilökunta 002	-7,1	-6,6	-6,9				-6,9	1	7,5	5,40	
ulos	0,1						0,1	1	7,5	5,40	

PAINEROJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde: Teknologiatalo Sytytin, Rauma, Vesi-insituuttiMittaajat: Samuli UusitaloMittarit: VelociCalc Plus

Tiedosto:

Päivä: 23.4.2013Lämpötila, ulko [°C]: +4Lämpötila, sisä [°C]: +26Tuuli [m/s], suunta: 10, etelä

Huone	ovi	Mittausarvot						Keskiarvo [Pa]	Poikkeamat			
		Paine-ero [Pa]							Lukemavirhe %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
		1.	2.	3.	4.	5.	6.					
TSTO	G120	19,0						19,0	1	7,5	5,40	
TSTO	G117	20,0						20,0	1	7,5	5,40	
TSTO	G115	19,0	20,0					19,5	1	7,5	5,40	
TSTO	G124	19,0						19,0	1	7,5	5,40	
TSTO	G114	19,0						19,0	1	7,5	5,40	
Kahvihuone	G125	12,0	12,0	11,0				11,7	1	7,5	5,40	
Laboratorio	G113	12,0						12,0	1	7,5	5,40	
Varasto	G133	6,0						6,0	1	7,5	5,40	
WC	G134	1,0						1,0	1	7,5	5,40	
Siivouskomero	G135	0,0						0,0	1	7,5	5,40	
WC	G136	0,0						0,0	1	7,5	5,40	
TSTO	G128	1,0						1,0	1	7,5	5,40	
Eteisaula	G129	27,0						27,0	1	7,5	5,40	