



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SISÄILMAN FYSIKAALISTEN OLOSUHTEI- DEN JA ILMANVAIHDON TUTKIMUKSET

Sisäilmatutkimuskonseptin kehittäminen

Jenni Lehtinen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2017  
Talotekniikan koulutus  
LVI-tekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
LVI-tekniikka

LEHTINEN, JENNI:

Sisäilman fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimukset  
Sisäilmatutkimuskonseptin kehittäminen

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 14 sivua  
Huhtikuu 2017

---

Rakennuksen sisäilmasto ja sisäilmaolosuhteet muodostuvat monista tekijöistä. Sisäilman fysikaaliset olosuhteet ja näihin suuresti vaikuttava rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä luovat osaltaan tilojen käyttäjälle viihtyisät ja terveelliset olosuhteet. Työn tilaajan, Baumedi Oyn, sisäilmatutkimustoiminta on tällä hetkellä keskittynyt sisäilman hiukkasmaisten, kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien selvittämiseen. Yrityksen tutkimustiimissä oli havaittu, että sisäilman fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimusten avulla asiakkaan sisäilmaongelmaa voitaisiin tarkastella nykyistä kokonaisvaltaisemmin.

Tässä työssä esitellään sisäilmaston ja ilmanvaihdon käsitteet sekä näiden tutkimusmenetelmät. Tietoa sisäilmastosta, ilmanvaihdosta ja näiden tutkimisesta haettiin useista eri lähteistä. Kartoitettuja mittauksia sovellettiin yrityksen tavanomaista tutkimuskohdetta hyvin vastaavissa tiloissa. Käytännön soveltamisen avulla saatiin selville, mitkä mittaukset ja missä laajuudessa liitetään yrityksen sisäilmatutkimuskonseptiin. Käytännön kokeilu antoi lisäksi tietoa siitä, miten työt kannattaa vaiheistaa.

Yrityksen sisäilmaongelmien ratkaisuprosessi päivitettiin käytännön kokeilun avulla saatujen tietojen pohjalta. Tutkimusraportointi tullaan jatkossa tekemään Kotopro-ohjelmalla, jonne luotiin osana tätä työtä yrityksen laatukäsikirjan mukainen raporttipohja. Tämän työn valmistuttua mittauksista tullaan vielä laatimaan mittausohje ja kullekin mittaukselle soveltuva mittauspöytäkirja. Työssä esitellään mittausohjeessa esitettävät asiat sekä töiden vaiheistaminen. Työssä esitellyt mittaukset tuoteistetaan työn valmistuttua yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun liiketalouden jatko-opiskelijoiden kanssa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Building Services Engineering  
HVAC Engineering

LEHTINEN, JENNI:

Inspection of Physical Properties of Indoor Air and Ventilation  
Improving an Indoor Air Inspection Concept

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 14 pages  
April 2017

---

The aim of this thesis was to gain an understanding of indoor climate in buildings and its components. A further goal was to examine ventilation and how it affects indoor climate. It was also studied how specific elements of these are inspected and measured. The main focus was on the physical properties of indoor air. Ventilation systems and air flow measuring procedures were also included as they have a great effect on physical qualities of indoor air.

The purpose of the thesis was to determine which measuring procedures will be adopted to the commissioning company's process of identifying and correcting an indoor air quality problem. The company's general process of indoor air inspection was updated. Their quality management system will also be updated and this includes written instructions of how each measurement is done and spreadsheets to mark down each measured value. These will be done later on based on the details described in this work. In the near future, the updated measurement procedures discussed here will also be included in a finished product offered to customers. This will be done in co-operation with students from Häme University of Applied Sciences Business School.

---

Key words: indoor climate, indoor air quality, ventilation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TAUSTA .....	7
2.1	Baumedí Oy .....	7
2.2	Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi .....	8
2.3	Olemassa olevan sisäilmatutkimuskonseptin kehittäminen .....	9
3	SISÄILMASTO, ILMANVAIHTO JA NIIDEN TUTKIMINEN .....	11
3.1	Sisäilmasto .....	11
3.2	Ilmanvaihtojärjestelmä .....	12
3.3	Sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimukset .....	13
3.3.1	Rakennuksen painesuhteet .....	14
3.3.2	Sisäilman lämpötila .....	15
3.3.3	Sisäilman kosteus .....	17
3.3.4	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus .....	18
3.3.5	Ilman liike ja veto .....	19
3.3.6	Ilmanvaihtolaitoksen ilmavirrat .....	19
3.3.7	Melu .....	21
3.3.8	Valaistus .....	21
4	SISÄILMATUTKIMUSKONSEPTIN KEHITTÄMINEN .....	22
4.1	Sisäilmatutkimusten soveltaminen käytännössä .....	22
4.1.1	Mittauskohde ja tehdyt mittaukset .....	23
4.1.2	Havainnot .....	25
4.1.3	Johtopäätökset .....	27
4.2	Raportointi .....	28
4.3	Ohjeistus .....	30
4.4	Päivitetty sisäilmaongelman ratkaisuprosessi .....	31
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET .....	37
	Liite 1. Tutkimusraportti .....	37

**LYHENTEET JA TERMIT**

$L_{A,eq,T}$	keskiäänitaso
$L_{A,max}$	maksimiäänitaso
$t_o$	operatiivinen lämpötila

## 1 JOHDANTO

Rakennuksen sisäilmasto ja sisäilmaolosuhteet muodostuvat monista tekijöistä rakennushankkeen suunniteluvaiheessa, sekä rakentamisen ja rakennuksen käytön ja kunnossapidon aikana tehtävien valintojen mukaisesti. Sisäilman fysikaaliset olosuhteet ja näihin olosuhteisiin suuresti vaikuttava rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä luovat osaltaan tilojen käyttäjälle viihtyisät ja terveelliset sisäilmaolosuhteet.

Työn tilaajan, Baumedi Oyn, tämänhetkinen sisäilmatutkimuskonsepti keskittyy pääasiassa sisäilman hiukkasmaisten, kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien selvittämiseen. Sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden tutkimuksia ja ilmanvaihdon mittauksia tehdään lähinnä edellä mainittujen mittaustulosten tulkinnan tueksi. Yrityksen tutkimustiimissä havaittiin, että sisäilman fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimusten avulla asiakkaan sisäilmaongelmaa olisi mahdollista tarkastella nykyistä kokonaisvaltaisemmin.

Sisäilmaston ja ilmanvaihdon käsitettä sekä näiden selvitystutkimuksia kartoitettiin laajasti kirjallisuuslähteistä sekä erilaisista standardeista ja ohjekorteista. Lisäksi aiheeseen liittyvät lait ja asetukset käytiin läpi. Kartoitettuja selvitystutkimuksia päätettiin soveltaa käytännön esimerkkikohteessa, jotta toteutettavuus voitiin todeta käytännössä. Tutkittu kohde edusti hyvin sellaista ympäristöä, jollaisessa mittauksia tullaan jatkossakin tekemään. Kohdetta tutkittaessa havaittiin, että kaikkia esiteltyjä mittauksia ei koko laajuudessaan ole syytä ottaa osaksi uutta palvelukonseptia.

Tässä työssä esitellään mitä ovat sisäilmasto ja ilmanvaihto, sekä miten näitä tutkitaan. Työssä määritellään, millaiset tutkimukset ja missä laajuudessa tulevat osaksi yrityksen sisäilmatutkimuskonseptia. Yrityksen sisäilmaongelmien ratkaisuprosessi päivitettiin uusien tietojen pohjalta. Työn valmistuttua yritykselle luodaan näiden mittausten mittaushjeet sekä mittauspöytäkirjat. Tutkimukset tuoteistetaan yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun liiketalouden jatko-opiskelijoiden kanssa asiakkaalle tarjottavaksi valmiiksi tuotteeksi.

## 2 TAUSTA

Tämän insinööriyön tavoitteena on laajentaa Baumedi Oy:n nykyisen sisäilmatutkimuskonseptin puitteissa tehtäviä tutkimuksia. Baumedi Oy on ilman laadun hallintaan erikoistunut asiantuntijaorganisaatio.

Nykyisestä sisäilmatutkimuskonseptista muodostetaan kokonaiskuva tutustumalla yrityksen laatukäsikirjaan ja käymällä keskustelua yrityksen toimihenkilöiden kanssa. Sisäilmaston ja ilmanvaihdon käsitteitä, sekä näiden tutkimista kartoitetaan useista eri lähteistä. Selvitetyt mittaukset sovelletaan käytännössä ja tämän perusteella saadaan tietoa siitä, mitkä näistä soveltuvat yrityksen tutkimuskonseptin osaksi.

Haetun tiedon ja koemittausten perusteella päivitetään yrityksen laatukäsikirjassa kuvailtu sisäilmaongelmien ratkaisuprosessi. Yrityksen käyttöön luodaan lisäksi mittausohjeet, sekä kullekin mittaukselle soveltuva mittauspöytäkirja. Tutkimusprojektin sisältämä tiedonkeruu ja raportointi pyritään jatkossa hoitamaan täysin sähköisesti yrityksen hyödyntämää Kotopro-mobiilisovellusta hyödyntäen.

Tätä työtä hyödynnetään työssä esiteltyjen mittausten tuotteistamisessa valmiiksi tutkimuspalveluksi asiakkaalle. Tuotteistaminen tehdään yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun liiketalouden jatko-opiskelijoiden kanssa.

Seuraavissa kappaleissa esitellään työn tilannut yritys, sekä yrityksen alkuperäinen sisäilmaongelmien ratkaisuprosessi. Lisäksi kerrotaan, miten yrityksen olemassa olevaa sisäilmatutkimuskonseptia kehitetään.

### 2.1 Baumedi Oy

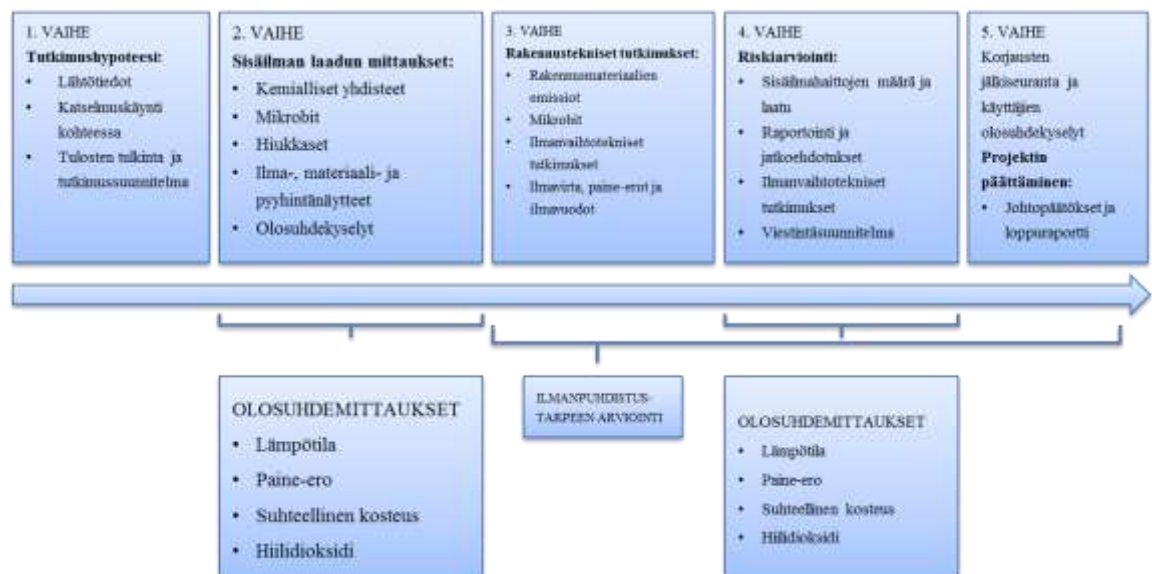
Työn tilaaja Baumedi Oy on ilmanlaadun hallintaan erikoistunut asiantuntijaorganisaatio. Sisäilmatutkimuspalveluissa yrityksen ydiosaaminen on ilman hiukkasmaisten, kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien selvittäminen. Yritys tuottaa sisäilmatutkimuspalveluja kunnille ja kaupungeille, kaupan alan kiinteistöjen tutkimiseen, sekä erilaisille yrityksille ja yhteisöille näiden kiinteistökannan tutkimiseen.

Baumed Oy on perustettu vuonna 2012 ja työllistää tällä hetkellä vakituisesti seitsemän henkilöä. Yrityksen päätoimipiste sijaitsee Tampereella, minne myös tutkimuspalvelut on keskitetty. Yrityksellä on lisäksi toimipisteet Helsingissä, Hollolassa, Turussa ja Oulussa. Yrityksen toimialue on koko Suomi, tutkimuspalveluiden pääpainopiste on Etelä-Suomessa ja Länsirannikolla.

## 2.2 Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi

Yrityksessä tehtävät sisäilmaston fysikaalisten ominaisuuksien mittaukset käsittävät tällä hetkellä sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden hetkellisten arvojen mittaamisen. Mittauksia tehdään tällä hetkellä lähinnä osana sisäilmaston hiukkasmaisten, kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien tutkimuksia. Pääpaino ilmanvaihdon tutkimuksissa on ilmanvaihtolaitteiston kautta sisäilmaan päätyvien hiukkasmaisten, kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien tutkiminen.

Yrityksen nykyisen sisäilmaongelman ratkaisuprosessin eteneminen on kuvattu alla olevassa kaaviossa 1. Aikajanan yläpuolella on kuvattu prosessin päävaiheet ja kunkin vaiheen aikana tehtävät toimenpiteet. Aikajanan alapuolella on prosessin päävaiheiden tutkimuksia tukevia toimenpiteitä. Näitä ovat muun muassa sisäilman fysikaalisten olosuhteiden hetkelliset mittaukset ja mahdollisen ilmanpuhdistusratkaisun suunnittelu.



KAAVIO 1. Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi



### 2.3 Olemassa olevan sisäilmatutkimuskonseptin kehittäminen

Rakennuksessa vallitseva sisäilmasto muodostuu monista rakennuksen suunniteluvaiheen ja rakentamisen, sekä käytön ja kunnossapidon aikana tehdyistä päätöksistä ja toimenpiteistä. Baumedi Oy:n tämänhetkinen sisäilmatutkimuskonsepti keskittyy pääasiassa sisäilman hiukkasmaisten, kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien selvittämiseen. Sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden tutkimuksia ja ilmanvaihdon mittauksia tehdään lähinnä edellä mainittujen tutkimusten mittaustulosten tulkinnan tueksi.

Sisäilmaston fysikaaliset olosuhteet kuitenkin itsessään ovat merkittävä tekijä tilojen käyttäjän viihtyvyydelle ja terveydelle. Ilmanvaihdoilla tekijöillä puolestaan on suuri merkitys fysikaalisten olosuhteiden kehittymiseen. Yrityksen tutkimustiimissä oltiinkin havaittu, että sisäilman fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimusten avulla asiakkaan sisäilmaongelmaa olisi mahdollista tarkastella kokonaisvaltaisemmin. Tarkastelemalla sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden laatua myös omana kokonaisuutenaan, sekä ottamalla huomioon ilmanvaihdon vaikutus näihin, saadaan arvokasta lisätietoa sisäilmaongelman ratkaisuprosessin läpiviemiseksi.

Sisäilmastosta, ilmanvaihdosta sekä näiden tutkimisesta, haettiin tietoa kirjallisuuslähteistä, laeista ja asetuksista, erilaisista standardeista ja ohjekorteista. Yrityksen nykyisestä sisäilmatutkimuskonseptista muodostettiin kokonaiskuva yrityksen laatukäsikirjan avulla, sekä toimihenkilöiden kanssa keskustelemalla.

Erilaisia mittauksia kartoitettiin laajasti, minkä jälkeen niitä sovellettiin käytännössä. Kohde, jossa mittauksia sovellettiin, vastaa hyvin Baumedi Oy:n tavanomaista tutkimuskohdetta. Mittaukset tehtiin toimistoympäristössä ja tiloissa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tehdyn tutkimuksen perusteella mittauksista valittiin ne, joilla havaittiin erityisesti saatavan tärkeää tietoa kohteesta. Koemittauksen aikana myös havaittiin, että jotkin mittaukset ovat niin laajoja kokonaisuuksia, että niitä ei ole syytä tässä vaiheessa ottaa mukaan kokonaisuudessaan osaksi sisäilmatutkimuspalveluita. Koemittaukset antoivat myös hyödyllistä tietoa siitä, miten eri mittaukset kannattaa vaiheistaa.

Yrityksen laatukäsikirjassa on kuvattu sisäilmaongelman ratkaisuprosessi. Tämä päivitettiin koemittausten perusteella saatujen tietojen pohjalta. Baumedin Oy:n käyttöön tullaan lisäksi laatimaan mittausohjeet kustakin mittauksesta. Lisäksi tehdään jokaiselle mittaukselle soveltuvat mittauspöytäkirjat. Nämä rajattiin kuitenkin tämän työn ulkopuolelle, sillä näiden tekeminen edellyttää myös yrityksen laatukäsikirjan päivittämistä. Sisäilmatutkimusten raportoinnissa tullaan jatkossa hyödyntämään Kotopro-ohjelmaa. Osana tätä työtä ohjelmaan tullaan laatimaan raporttipohja, jonka soveltuvuutta kokeillaan koekohteen raportoinnissa. Kaikki sisäilmatutkimusprojektiin sisältyvä raportointi, myös mittauspöytäkirjat, pyritään jatkossa tekemään sähköisesti.

### 3 SISÄILMASTO, ILMANVAIHTO JA NIIDEN TUTKIMINEN

Nykyään ihminen oleskelee suuren osan ajastaan sisätiloissa. Rakennuksen sisäilmasto on tällöin ihmisen välitön olosuhdeympäristö ja sen ominaisuuksilla on suuri vaikutus ihmisen viihtyvyyteen ja terveyteen.

Rakennuksen sisäilmaston olosuhteet muodostuvat kaikista rakennuksen suunnittelu- vaiheen, rakentamisen, käytön ja kunnossapidon aikana tehdyistä päätöksistä ja toimenpiteistä. Sisäilmastolle asetettujen tavoitteiden toteutuminen voidaan todentaa erilaisin mittauksin.

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmällä on suuri vaikutus sisäilmaston olosuhteiden kehittymiseen. Riittävän tehokas ilmanvaihto auttaa vähentämään sisäilmassa tavanomaisesti esiintyvien epäpuhtauksien vuoksi koettua oireilu. Riittämätön ilmanvaihto puolestaan voimistaa sisäilman epäpuhtauksien aiheuttamia haittoja.

Seuraavissa kappaleissa selvennetään, mistä sisäilmasto koostuu ja esitellään ilmanvaihtojärjestelmä pääpiirteissään. Lisäksi esitellään näiden perustutkimukset.

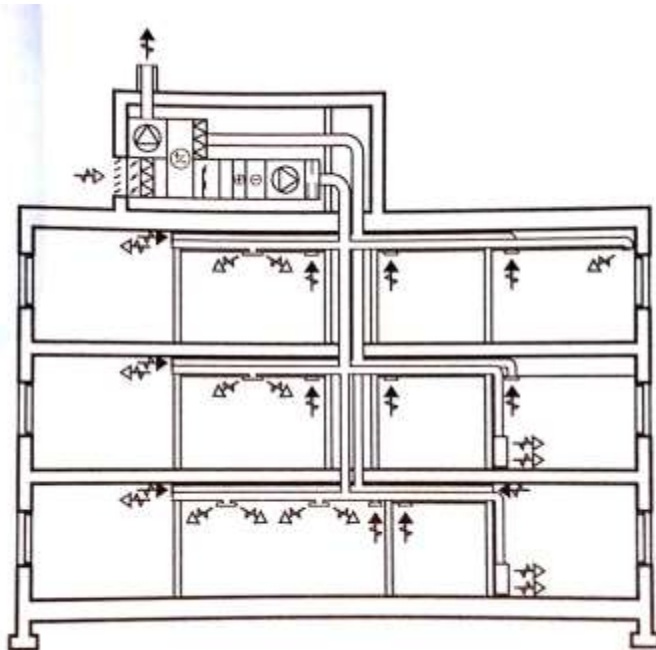
#### 3.1 Sisäilmasto

”Sisäilmastolla tarkoitetaan ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen rakennuksessa vaikuttavia fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä.” (Sandberg 2014, 37) Nyky- aikana ihminen viettää noin 90 % ajastaan sisätiloissa, esimerkiksi kotona, koulussa tai vaikkapa työpaikalla. Näin ollen sisäilmasto muodostaa ihmistä ympäröivän välittömän oleskeluympäristön ja on siten merkittävä tekijä tämän yleisen hyvinvoinnin kannalta. (Seppänen 2007, 11) Hyvä sisäilmasto on yksi rakentamisen tärkeimpiä tavoitteita. Rakennuksessa vallitsevan sisäilmaston olosuhteisiin vaikuttavat niin rakennuksen suunnittelun, rakentamisen, kuin myös käytön ja kunnossapidon aikana tehdyt päätökset ja toimenpiteet. Sisäilmaston olosuhteisiin vaikuttavat myös rakennuksen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä, sekä ilmastointilaitteet. (Sisäilmastoluokitus 2008, 2)

Sisäilmaston olosuhteet vaikuttavat ihmiseen monin tavoin. Tavallisimmin vaikutus tunnetaan iholla, limakalvoilla tai hengityselimissä. Iho ja limakalvot ovat rajapinta ihmisen ja ympäristön välillä. Siksi sisäilmaston olosuhteiden vaikutus koetaan usein juuri näissä. Tavoitteena voidaan pitää, että rakennuksessa vallitsevan sisäilmaston olosuhteet vaikuttavat myönteisesti käyttäjän viihtyvyyteen ja terveyteen. Mikäli jokin olosuhde poikkeaa tavoitellusta tilanteesta, ilmenee vaikutus sen mukaan, mikä sisäilmaston olosuhdetekijä on kyseessä. (Seppänen 2007, 12) Rakennuksessa vallitsevan sisäilmaston laadusta voidaan saada käsitys mittaamalla ja havainnoimalla siihen vaikuttavia tekijöitä. ”Sisäilmaston mittausten tavoitteena on yleensä selvittää, saavutetaanko tiloissa sisäilmastolle asetetut tavoitetasot ja vaatimukset. Jos tiloissa on koettu ongelmia sisäilmastossa, pyritään mittausten avulla selvittämään ongelmien esiintymistä ja niiden syitä”. (Sandberg 2014, 69)

### 3.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmä on keskuskoneen, kaikkien sen osien ja osajärjestelmien muodostama kokonaisuus joka palvelee joko koko rakennusta, tai sen osaa. (Sandberg 2014, 21) Alla kuvassa 1 on havainnollistettu ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisuutta.



KUVA 1. Ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisuus. (Seppänen 2007, 183)

Palvelualueella tarkoitetaan tässä koko sitä aluetta, minne ilmanvaihtojärjestelmä kuljettaa, tai mistä se poistaa ilmaa. On siis mahdollista, mikäli sisäilmaongelmien takia tarkasteltavia tiloja palveleva ilmanvaihtojärjestelmä kattaa myös muita tiloja, että ongelma on peräisin tarkasteltavien tilojen ulkopuolelta. Suurin osa nykyaikaisista ilmastointijärjestelmistä muodostuu ilmankäsittelykoneen kautta kulkevasta, tiloihin jaettavasta ilmasta ja vastaavasti tiloista ilmankäsittelykoneen kautta poistettavasta ilmasta sekä näihin liittyvistä osajärjestelmistä kuten erillispoistoista.

Ilmastointijärjestelmän tyyppi ja siihen kuuluvat osat sekä osajärjestelmät voivat kuitenkin vaihdella kohteesta riippuen suurestikin. Rakennuksessa saattaa olla täysin painovoimainen ilmanvaihto. Tällöin järjestelmään liittyvät rakenteet ovat yleensä jonkinlaisia hormeja, joita pitkin ilma lämpötilaerojen vaikutuksesta virtaa ulos rakennuksesta. Korvausilma tulee joko rakenteiden vuotoilmareittien kautta tai mahdollisesti rakenteisiin tehtyjen, korvausilmaventtiileillä varustettujen, läpivientien kautta. Tällaisia järjestelmiä on yleensä ennen 1960-lukua tehdyissä rakennuksissa.

Vastakkaisessa ääripäässä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Sekä tulo- että poistoilmavirtoja hallitaan järjestelmään integroidun automatiikan avulla. Ilmavirtojen fysikaalisia ominaisuuksia, esimerkiksi ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta, voidaan säätää hyvinkin tarkasti. Tilakohtaisia ilmavirtoja on mahdollista säätää esimerkiksi tiloista poistettavan ilman lämpötilan tai tilan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mukaan.

Ilmanvaihtojärjestelmän osat ja osajärjestelmät voivat olla myös monenlaisia variaatioita edellä esitettyjen järjestelmien väliltä. Tästä syystä on tärkeää tutustua mahdollisimman tarkasti tarkasteltavan kohteen ilmanvaihtojärjestelmään, jotta sen erityispiirteistä johtuvat seikat osataan ottaa huomioon sisäilmastoa tutkittaessa.

### **3.3 Sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimukset**

Sisäilmaston olosuhteille ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminnalle on asetettu minimivaatimukset Ympäristöministeriön ylläpitämässä Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Tarkemmin sisäilmaston ja ilmanvaihdon kokonaisuuksia käsitellään rakentamismääräyskokoelman osassa D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012. Pyrittäessä viranomaisen määrittämiä minimivaatimuksia laadukkaampaan

sisäilmastoon, voidaan soveltaa Sisäilmayhdistyksen julkaisemaa Sisäilmastoluokitus 2008:aa. Luokitus antaa sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot. Melulle asetetut viranomaismääräykset löytyvät Suomen Rakentamismääräyskokoelman osasta C1, Ääneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, Määräykset ja ohjeet 1998. Näitä määräyksiä sovelletaan uudisrakennuksiin, mutta ne voivat toimia ohjenuorana myös muiden kiinteistöjen tutkimuksissa.

Sisäilmatutkimuksen aikana mitattuja arvoja verrataan aina rakennuksen ikä huomioon ottaen, vähintään kyseisen aikakauden viranomaismääräyksiin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että mitatut arvot olisivat suotuisat tilojen nykykäyttötarkoitusta huomioon ottaen.

Toisinaan on kuitenkin tilanteita, jolloin viranomaismääräyksistä, standardeista tai ohjeistuksista ei löydy opastusta juuri havaitunkaltaiseen ongelmaan. Tällöin tutkimuksen tilaajan ja organisaation, jolta ongelman selvittely on tilattu, ammattitaito ja kyky arvioida tilannetta ja löytää siihen oikeanlainen ratkaisu, korostuu. Tutkimuksen tilaajan sisäilmaongelma tulisi kyetä ratkaisemaan laadukkaasti niin, että sisäilmahaitta poistuu.

### **3.3.1 Rakennuksen painesuhteet**

Rakennuksen painesuhteilla tarkoitetaan rakennuksen sisätilojen tai rakennuksen sisätilojen ja ulkoilman välisiä paine-eroja. Painesuhteet pyrkivät tasaantumaan, joten ilma pyrkii virtaamaan korkeammasta paineesta matalampaan. Rakennuksen sisäiset ja rakennuksen sisätilojen ja ulkoilman väliset painesuhteet vaikuttavat suurtestikin siihen, miten ilma liikkuu eri tilojen välillä. Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtojen mittaus antaa jo viitteitä siitä, millaiset painesuhteet rakennuksessa vallitsevat. (Ympäristöopas 2016, 86).

Mikäli rakennuksen sisällä vallitsee alipaine ulkoilmaan nähden, aiheuttaa se käytännössä ulkoilman virtaamisen sisäilmaan rakenteissa olevien epätiiviyksien läpi. Vastaavasti taas rakennuksessa vallitseva ylipaine voi aiheuttaa rakennuksen käytöstä johtuvan kosteuden kulkeutumisen rakenteisiin. (Ympäristöopas 2016, 86)

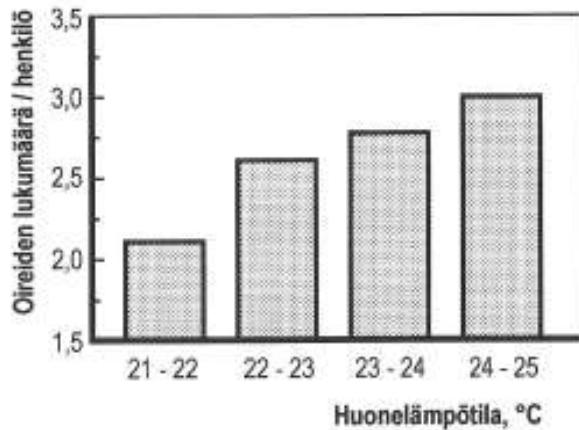
Eri tilojen väliset hetkelliset painesuhteet voidaan yksinkertaisimmillaan määrittää esimerkiksi oviaukosta tai siirtoilmalaitteesta. Painesuhteet saattavat kuitenkin vaihdella sääolojen tai ilmastointijärjestelmän toiminnan mukaan. Tällöin on syytä seurata paine-

suhteiden kehittymistä pitkähköllä aikavälillä. Painesuhteiden pysyvyyttä voidaan seurata rekisteröivillä sähköisillä paine-eromittareilla. Vuorokauden tai vaikkapa viikon mittaisella seurantamittauksella voidaan saada esiin sellaiset tilanteet, joissa liikaista ilmaa voi päästä vuotamaan puhtaisiin tiloihin. (Sandberg 2014, 71) Paine-erojen vaikutuksesta tilojen välillä liikkuvan ilman liikkeitä voidaan alustavasti havainnoida savukynän avulla.

### 3.3.2 Sisäilman lämpötila

Sisäilman lämpötilalla on suuri merkitys tilojen viihtyisyyteen ja terveellisyteen. (Ympäristöopas 2016, 62) Oikeanlaisten lämpöolosuhteiden luomiseen vaikuttavat tehdyt rakenneratkaisut, ja rakennuksen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä. Iso osa rakennuksen energiankulutuksesta menee oikeanlaisten lämpöolojen luomiseen. (Sandberg 2014, 37) Lämpöviihtyvyydessä on paljon yksilöllisiä eroja, mutta on todettu, että tyytyväisten osuus on suurin sisäilman lämpötilan ollessa noin +21 °C.

Sisäilman liian korkea lämpötila aiheuttaa käyttäjälle epämiellyttävän tuntemuksen ilman tunkkaisuudesta, käyttäjä voi myös kokea, että tiloihin tuotu ilmavirta on riittämätön. Koneellisen ilmanvaihdon ollessa kyseessä, voi tavoiteltua korkeampi tuloilman lämpötila muodostua ongelmaksi. Tuloilma ei jakaudu, eikä sekoitu huoneilmaan suunnitellulla tavalla. Tämä omalta osaltaan voi vaikuttaa käyttäjän aistimukseen riittämättömästä ilmavirrasta. (Ympäristöopas 2016, 62) Ihmisen lämmönsäätely vaikeutuu ympäröivän lämpötilan noustessa lähelle ihon pintalämpötilaa. Ihminen reagoi tähän hikoilemalla, sekä vähentämällä vaateetusta ja aktiiviteettitasoaan. Altistuksen jatkuessa korkea sisäilman lämpötila vaikuttaa ihmisen fyysiseen ja henkiseen suorituskyykyyn, jolloin tapaturmien riski kasvaa. Altistuminen korkealle lämpötilalle voi hikoilusta johtuen aiheuttaa ihmisen nestetasapainon järkkymisen. (Sandberg 2014, 40) Korkea sisälämpötila myös lisää rakennusmateriaalien emissioita ja huonontaa näin välillisesti sisäilman laatua. Kuvasta 2 nähdään, että ihmisten kokemat sisäilmaoireet lisääntyvät lämpötilan kohotessa. Korkea sisäilman lämpötila myös alentaa sisäilman suhteellista kosteutta, mikä etenkin talviaikaan voi saada aikaan hyvinkin kuivan huoneilman. (Seppänen 2007, 14)



KUVA 2. Oireiden lukumäärä suhteessa huonelämpötilaan (Seppänen, 2007, 16)

Liian alhainen sisäilman lämpötila on viihtyvyyshaitta ja voi aiheuttaa esimerkiksi raajojen jäähtymistä. Ilman liikkeit ja kylmien pintojen lämmönsiirtoa tehostava vaikutus voivat oleellisesti pahentaa alhaisen lämpötilan aiheuttamia epämiellyttäviä tuntemuksia. (Sandberg 2014, 42)

Sisäilman lämpötilat mitataan ensisijaisesti tiedetyiltä työpisteiltä, mutta mikäli nämä eivät ole tiedossa, tehdään mittaukset huonetilan keskeltä. Suuret tilat mitataan joko säätövyöhykkeittäin tai mittauksista valmistellessa määriteltävien soveltuvien vyöhykerajojen mukaan. Perusmittauskorkeus on 1,1 metriä. Tarkasteltaessa lämpötilan kerrostumista tai paikallista lämpövihtyvyyttä, soveltuvat mittauskorkeudet ovat seisovalle ihmiselle 0,1 metriä, 1,1 metriä ja 1,7 metriä. Istuvalle ihmiselle vastaavat korkeudet ovat 0,1 metriä, 0,6 metriä ja 1,1 metriä. (Sandberg 2014, 72)

Lämpö poistuu kehosta pääasiassa konvektiona ilmaan ja säteilyä pintoihin. Tästä johtuu, että ihmisen lämmöntunteeseen vaikuttavat yhtä paljon niin ilman, kuin pintojenkin lämpötilat. Sisäilmaston lämpötilamittauksissa halutaan usein selvittää käyttäjän kokema lämpötila, eli operatiivinen lämpötila  $t_o$ , joka ottaa huomioon säteilyn ja konvektion vaikutuksen.

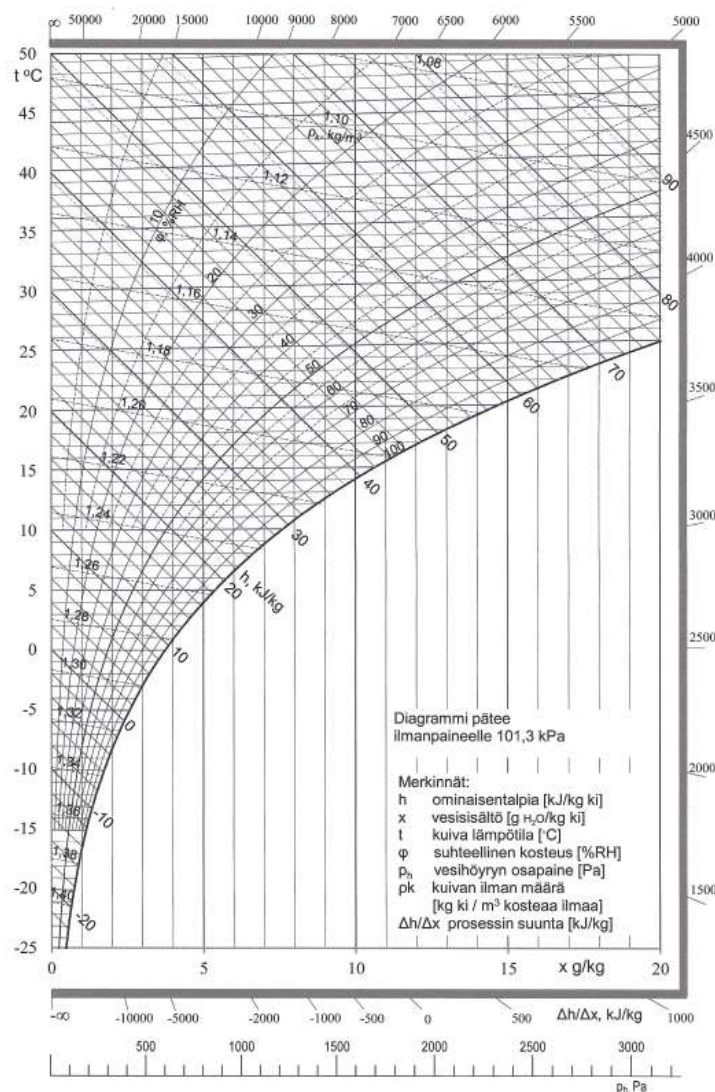
Käytännön mittauksissa operatiivista lämpötilaa mitataan useasti pallolämpömittarin avulla. Mittauksella saatua arvoa nimitetään pallolämpötilaksi, joka on käytännössä sama kuin operatiivinen lämpötila. Operatiivista lämpötilaa voidaan pallolämpömittarin avulla mitata aina ilman nopeuteen 0,4 m/s asti. (Seppänen 2007, 17; Harju 2014, 67)



Laskennallisesti operatiivinen lämpötila määritetään ympäröivien pintojen lämpötilojen ja huoneilman lämpötilan avulla. (Korkala 2016, 29)

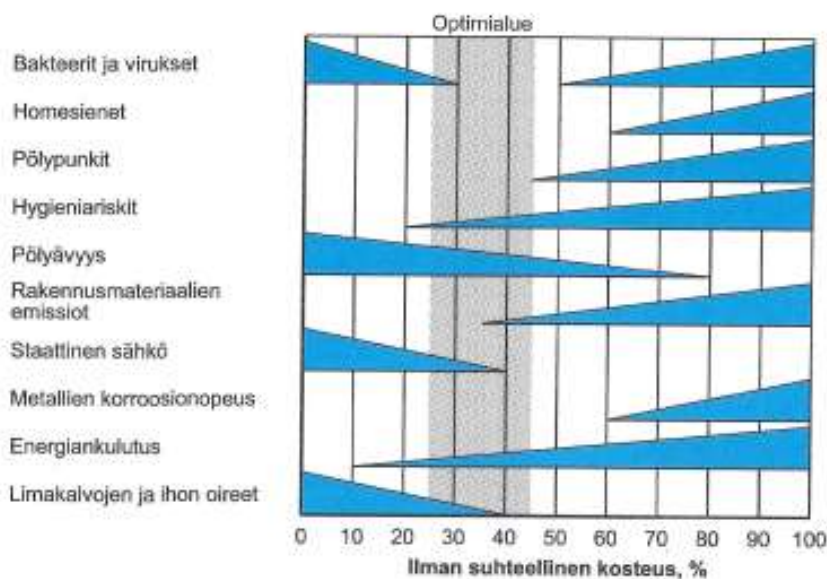
### 3.3.3 Sisäilman kosteus

Ihmisellä ei ole varsinaista kosteutta tuntevaa aistia. Sisäilman kosteus kuitenkin vaikuttaa ihmiseen, erityisesti hyvin alhaiset ja korkeat suhteellisen kosteuden arvot aistitaan erilaisina tuntemuksina iholla, limakalvoilla ja hengityselimissä. Suomessa ulkoilman suhteellinen kosteus on lähes aina korkea. Kesällä suhteellinen kosteus voi olla sisätiloissakin korkea mutta talvella ilman lämmittämisestä johtuen sisäilman suhteellinen kosteus voi laskea hyvin matalaksi, esimerkiksi 10 – 20 %:iin. Mollier – diagrammi (kuva 3) on erinomainen apuväline tarkasteltaessa ilman sisältämän kosteuden muutoksia eri ilmaprosesseissa. (Seppänen 1996, 23)



KUVA 3. Mollier-diagrammi (Sandberg, 2014, liite 6)

Alhainen suhteellinen kosteus voi aiheuttaa limakalvojen kuivumista ja näin edesauttaa ärsytysoireiden ilmaantumista tai pahentaa niitä. Alhainen kosteus edistää ilman pölyisyyttä, sekä lisää staattista sähköisyyttä. Korkea kosteus taas vastaavasti vähentää pölyisyyttä, ilmassa leijuvat hiukkaset muodostavat tällöin partikkeleita, jotka laskeutuvat ilmasta pinnoille. Korkea kosteus kuitenkin lisää joidenkin materiaalien emissioita. Ilman sisältämän kosteuden määrä vaikuttaa myös erilaisten mikrobien kasvuun ja leviämiseen. Tätä on havainnollistettu kuvassa 4. Kuvasta 4 havaitaan, että sisäilman suhteellisen kosteuden optimaalinen alue on noin 25 – 45 % kun huomioidaan myös energiatehokkuusvaatimukset. (Seppänen 2007, 24)



KUVA 4. Kosteuden vaikutus mikrobien kasvuun ja leviämiseen (Seppänen, 2007, 24)

### 3.3.4 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuus kuvastaa tilojen käytönaikaisen ilmanvaihdon riittävyyttä. Mikäli ilman hiilidioksidipitoisuus kohoaa sisätiloissa korkeammaksi kuin sille asetettu raja-arvo, ei ilma tiloissa vaihdu riittävästi tilojen sen hetkiseen käyttöön nähden. Sisäilman korkea hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa tilojen käyttäjille yleistä huonovointisuutta ja väsymystä.

Sisäilman hiilidioksidi on osittain peräisin ulkoilmasta. Hiilidioksidin pääasiallinen lähde sisätiloissa on tilojen käyttäjät. Hiilidioksidipitoisuus vaihtelee huomattavasti tilojen käyttöasteen mukaan. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on noin 400 ppm, kaupunkialueella jonkin verran enemmän. (Ympäristöopas 2016, 62)

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, määrätään että: ”Sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm)”. (Ympäristöministeriön asetus 1/11 rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, 2012). Käytännössä sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle voidaan kuitenkin asettaa tätä tiukempia arvoja pyrittäessä määräyksiä laadukkaampaan sisäilmaan.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuus mitataan kuten sisäilman lämpötilakin, tiedetyiltä työpisteiltä tai huonetilan keskeltä. Sopivat mittauskorkeudet ovat istuvalle henkilölle 1,1 metriä ja seisovalle henkilölle 1,7 metriä. Mittaria sijoitettaessa on varmistettava, ettei se ole liian lähellä käyttäjää ja näin suoraa uloshengitysilmassa. Tämä vääristää lukemaa.

### **3.3.5 Ilman liike ja veto**

Vähäinenkin ilman liike aiheuttaa helposti vedon tunnetta. Vedon tunteeseen vaikuttaa huomattavasti ilman liikenopeuden lisäksi ilman lämpötila. Mikäli tilan käyttäjät kokevat vetoa, voidaan tilanteen selvittäminen aloittaa mittaamalla ilman liikenopeus ja lämpötila tiedetyiltä työpisteiltä. Mikäli nämä eivät ole tiedossa, voidaan ilman liikenopeutta ja lämpötilaa mitata huonetilan keskeltä, säätövyöhykkeittäin tai mittauksia valmistellessa suunnitelluilta alueilta. Mittauskorkeudet ovat samat kuin kohdassa 3.3.2 Sisäilman lämpötila, esitetyt mittauskorkeudet.

### **3.3.6 Ilmanvaihtolaitoksen ilmavirrat**

Tiloihin tuotavalla tai tiloista poistettavalla ilmavirralla, sekä sillä, miten ilma tiloihin jaetaan, on merkittävä vaikutus tilassa vallitseviin sisäilmaolosuhteisiin. Ilmavirtojen täytyy olla riittävät tilojen käyttöön nähden ja ilma täytyy jakaa tiloihin niin, ettei siitä ole käyttäjälle viihtyvyyshaittaa. Ilmavirrat mitataan pääasiassa tilojen tulo- ja poistoilmapäätelaitteilta. Tutkittavia tiloja palvelevan ilmanvaihtokoneen kokonaisilmavirrat mitataan, mikäli se on tutkimuksen tai jatkon kannalta oleellista. Ilmavirtoja voidaan tarvittaessa mitata myös kanavistosta.

Mitattuja ilmavirtoja verrataan suunnitelmien mukaisiin ilmavirtoihin. Viranomaismääräysten mukaan hyväksyttävä poikkeama mitoituseroista on järjestelmäkohtaisesti

$\pm 10$  % ja huonekohtaisesti  $\pm 20$  %. Mikäli suunnitelmia ei ole saatavilla, ilmavirtojen oikeellisuutta voidaan arvioida rakentamismääräysten ohjearvojen perusteella. ”Kun verrataan mitattuja ilmavirtoja ohjearvoihin, on otettava huomioon rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän ikä, sillä ilmavirtojen ohjearvot ovat muuttuneet vuosien saatossa. Vertailukohtana käytetään rakentamisen tai peruskorjauksen aikaisia ilmavirtoja, tai mikäli tilojen käyttötarkoituksia on muutettu, muutosajankohdan aikaisia arvoja.” (Ympäristöopas 2016, 86). Tämä ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, että ilmavirrat nykytietämyksen valossa olisivat tiloissa tapahtuvan toiminnan kannalta riittäviä.

Ilmavirrat kalibroituista tulo- ja poistoilmaventtileistä mitataan venttiilin läpi kulkevan ilmavirtauksen aikaansaamaa painehäviötä mittaamalla. Lisäksi kirjataan venttiilin avauma. (Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas 2010, 6) Painehäviön mittaamiseen käytetään tässä tapauksessa mittasondia ja venttiilille soveltuvaa rako- tai avaumamittaa. Tulo- ja poistoilmaventtiilien läpi kulkevaa ilmavirtaa voidaan arvioida lisäksi esimerkiksi siipipyöräänemetrin ja mittakartion tai hupun avulla. Mittakartio tai huppu on kuitenkin saatava tiiviisti venttiilin ympärille. Virtauksen epätasaisuudesta johtuen tämä menetelmä ei kuitenkaan ole kovin hyvä tuloilmaventtiilien ilmavirtaa mitattaessa. Laitteet asetetaan näyttämään suoraa mitattavaa tilavuusvirtaa. (Sandberg 2014, 70) Jos ilmavirran päätelaitteena on esimerkiksi yksinkertainen säleikkö, voidaan ilmavirtaa arvioida siipipyöräänemetrin tai kuumalankaanturin avulla mittaamalla ulosvirtaavan ilman nopeutta riittävän monesta pisteestä säleikön alalla ja laskemalla tästä säleikön alan avulla sen läpi kulkevan ilman tilavuusvirta. Useimmissa nykyaikaisissa tulo- ja poistoilmalaitteissa on valmiina valmistajan lisäämät paineenmittausyhteet. Näistä mitattua paine-eroa verrataan valmistajan tuottamaan materiaaliin, mm. kalibrointikäyrästä, tilavuusvirran määrittämiseksi. (Sandberg 2014, 71)

Ilmanvaihtokoneen kokonaisilmavirta voidaan määrittää ilmanvaihtokoneelta, mikäli puhaltimet on varustettu kiinteillä ilmavirran mittausantureilla, jotka on kalibroitu juuri kyseisille puhaltimille. Käyttämällä puhallinkohtaista mittaria, saadaan mahdollisimman luotettava mittaustulos. Pienessä ilmanvaihtokoneessa, jossa kanaviston liitäntä koneeseen tapahtuu pyöreällä kanavalla, saadaan luotettava mittaustulos esimerkiksi kanavaan liitetystä kiinteältä mittalaitteelta. Mittalaitteelle on oltava tiedossa valmistajan tuottama kalibrointikäyrästä. Lämmön talteenotolla varustetussa ilmapuhaltimissa ilmankäsittelykoneessa poistoilman lämpötila voi poiketa merkittävästi siitä lämpötilasta, jolle anturi on kalibroitu. Mikäli poistoilmapuhaltimen ilmavirta mitataan puhaltimessa olevalla mittausan-

turilla, pitää mittauksessa ottaa huomioon lämpötilasta johtuva korjauskerroin. (Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen 2004, 21) Kanaviston ilmavirrat mitataan joko kiinteistä ilmavirran mittauslaitteista tai kanavassa virtaavan ilman keskinopeuden mittauksella.

### 3.3.7 Melu

Melu on hyvin yksilöllinen kokemus. Mikä tahansa häiritsevä tai epämiellyttävä ääni voidaan kokea meluna. Sen lisäksi, että melu on epämiellyttävää, se voi olla myös haitallista. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 on määritelty melulle ne rajat, jolloin siitä tulee haitallista.

Päätettäessä mitata LVI-laitteiden aiheuttamaa melua tarkasteltavissa tiloissa, tilan äänitaso mitataan äänitasomittarilla huoneen keskeltä ja työpisteistä, noin 1,2 – 1,5 metrin korkeudelta. Tarvittaessa mittaustulos korjataan  $10 \text{ m}^2$  äänenabsorptiota vastaavaksi. Tyhjässä huoneessa mitatut äänitasot ovat noin 3 dB korkeammat kuin kalustetussa huoneessa. LVI-laitteiden aiheuttamasta äänitasosta mitataan keskiäänitaso  $L_{A,eq,T}$  ja maksimiäänitaso  $L_{A,max}$ . Mittausajan tulee olla riittävän pitkä, jotta mitattava melu sisältyy siihen ja mittaustulos on riittävän edustava. (Sandberg 2014, 78)

### 3.3.8 Valaistus

Tilojen valaistuksen tulee täyttää seuraavat kolme käyttäjän perustarvetta: näkömukavuus, näkötehokkuus ja turvallisuus. Näkömukavuus tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että käyttäjä kokee oleskelemissään tilojen valaistuksen miellyttäväksi. Jotta käyttäjä pystyy suoriutumaan näkötehtävistään tehokkaasti myös vaativissa olosuhteissa ja pitkien jaksojen aikana, tulee valaistuksen täyttää tietyt näkötehokkuuden vaatimukset. Valaistuksen tulee myös olla niin riittävä, ettei se aiheuta turvallisuusriskiä.

Suosittelut valaistusvoimakkuuksien tasot lukseina on määritelty standardissa EN 12665. Suuret valaistusvoimakkuuden vaihtelut työalueen ympäristössä saattavat aiheuttaa silmien väsymistä ja epämukavuuden tunnetta. (SFS-EN 12464-1, 2011)

## 4 SISÄILMATUTKIMUSKONSEPTIN KEHITTÄMINEN

Kehittämisen prosessissa lähdettiin liikkeelle tutustumalla yrityksen nykyiseen sisäilmatutkimuskonseptiin ja sisäilmaongelman ratkaisuprosessiin. Tämän jälkeen kartoitettiin, millaisilla toimenpiteillä ja mittauksilla sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon ominaisuuksista saadaan kattava kokonaiskuva. Kartoitettuja sisäilman fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimuksia sovellettiin käytännössä eräässä Baumedin Oy:n tavanomaista asiakaskohdetta vastaavassa kohteessa. Sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden ja ilmanvaihdon tutkimukset ovat hyvin laaja kokonaisuus. Käytännön kokeilulla tavoiteltiin sitä, että saadaan selville, mitkä mittaukset tuovat todellista lisäarvoa tutkimuspalveluihin. Käytännön kokeilu auttoi myös hahmottamaan, miten työt kannattaa vaiheistaa.

Kun käytännön kokeilun kautta oli ensin selvitetty, mitkä tutkimukset ja millä laajuudella tulevat osaksi yrityksen sisäilmakonseptia, voitiin aloittaa näiden tutkimustulosten raportoinnin suunnittelu. Raportoinnin periaatteet esitetään yrityksen laatukäsikirjassa. Konseptiin liitettyjen mittausten raportointi noudattaa näitä pääperiaatteita. Yrityksen tämänhetkinen sisäilmaongelman ratkaisuprosessi päivitettiin kattamaan uudet, konseptiin lisätyt tutkimukset.

Seuraavissa kappaleissa esitellään kartoitettujen tutkimusten soveltaminen käytännössä, tutkimustulosten raportointi ja päivitetty sisäilmaongelman ratkaisuprosessi. Mittausten vaiheistaminen ja mittauksista tämän työn valmistuttua tehtävät mittausohjeet esitellään pääpiirteissään.

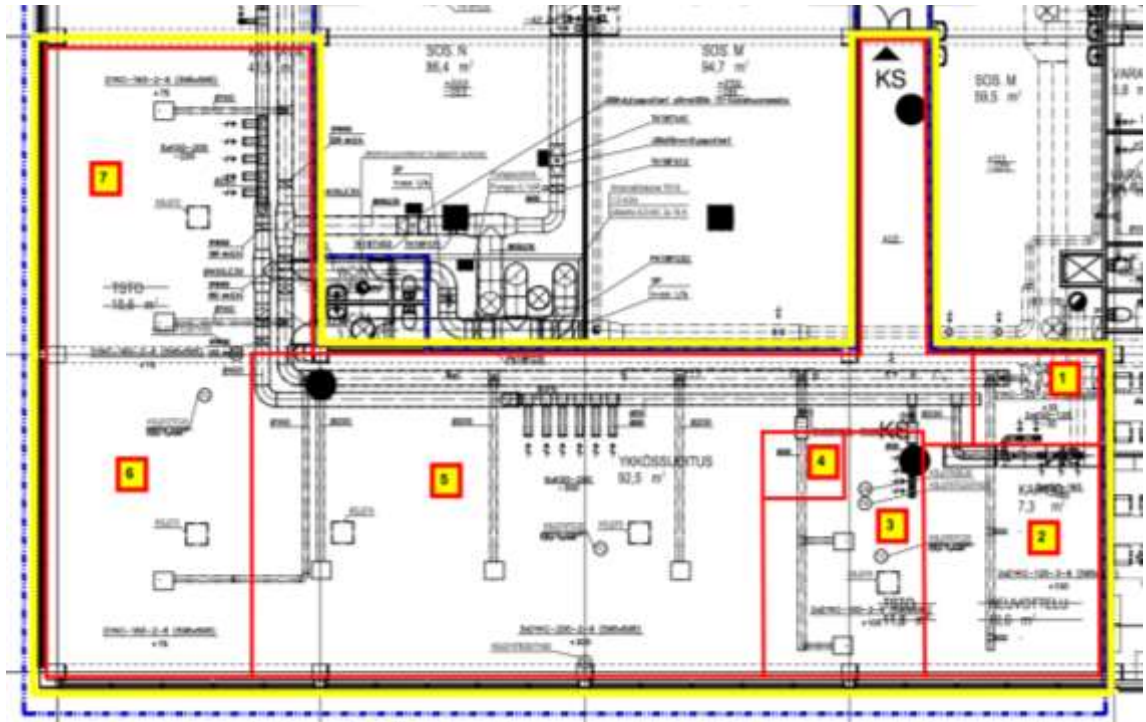
### 4.1 Sisäilmatutkimusten soveltaminen käytännössä

Työssä esiteltyjä mittauksia sovellettiin käytännössä esimerkiksi valitussa kohteessa. Tavoitteena oli selvittää mitkä työssä esitellyistä mittauksista, ja millä laajuudella, tulevat osaksi uutta tutkimuskokonaisuutta.

Tutkittu kohde edustaa hyvin sellaista ympäristöä, jossa mittauksia tullaan jatkossakin tekemään. Seuraavissa kappaleissa esitellään tehdyt mittaukset ja näiden perusteella tehdyt havainnot ja johtopäätökset.

#### 4.1.1 Mittauskohde ja tehdyt mittaukset

Tutkittavien tilojen pohjakuva on esitetty alla kuvassa 5.



KUVA 5. Tutkitut tilat

Tutkitut tilat on rajattu pohjakuvassa keltaisella. Pohjakuvasta nähdään, ettei nykyinen tilajako täysin vastaa alkuperäistä pohjakuvaa, nykyinen tilajako on esitetty punaisilla ääri viivoilla. Jokaisella tilalla on tilatunnus, joka ei kuitenkaan näy kuvasta. Tilat on numeroitu, jotta ne voidaan yhdistää tilatunnukseen. Tilatunnukset ja numerot on esitetty alla olevassa taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tilatunnukset ja niistä vastaavat numerot

Tilanumero	Tila
1	Neuvottelu 21
2	Kahvio
3	Neuvottelu 22
4	Puhelintila
5	Neuvottelu 23
6	Avotila tsto
7	Avotila tyhjä

Tilojen yleisilme on kuvattu alla olevassa kuvassa 6.



KUVA 6. Tilojen yleisilme

Tilojen pääasiallinen käyttöaika on maanantaista perjantaihin klo 08.00-16.00. Tiloja palvelee painesäätöinen ilmanvaihtokone, joka toimii kuitenkin tällä hetkellä vakioasennuksella. Ilmanvaihtokone käy maanantaista sunnuntaihin klo 05.00-22.30.

Sisäilmaston ja ilmanvaihdon mittaukset toteutettiin Suomen Standardisoimisliitto SFS:n julkaiseman standardin SFS – EN 12599 mukaisesti. Tutkimuksissa käytettävä mittalaitteisto on standardin SFS – EN ISO 7726 mukainen. Valaistuksen tulkinnessa käytetään standardia SFS – EN 12464-1.

Tiloissa 1, 3, 5 ja 6/7 tehtiin sisäilman olosuhteiden pitkäaikainen seuranta. Sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden käyttäytymistä seurattiin kussakin tilassa viiden päivän ajan, maanantaista perjantaihin. Mittauslaitteet asetettiin tallentamaan arvoja viiden minuutin välein.

Operatiivinen lämpötila mitattiin jokaisessa tilassa joko tiedetyltä työpisteeltä tai huone-tilan keskeltä. Mittaukset tehtiin pallolämpömittarilla. Mittalaitteen annettiin tasaantua kaksikymmentä minuuttia ympäröiviin olosuhteisiin ennen lukeman tarkastamista. Samalla mitattiin ilman liikenopeudet näistä pisteistä. Samoista kohdista mitattiin lisäksi lämpötilojen kerrostuminen. Mittaukset tehtiin elektronisella mittalaitteella. Mittalait-



teen annettiin tasaantua kussakin pisteessä viisi minuuttia ennen lukeman tarkastamista. Tutkittavien tilojen hetkelliset painesuhteet mitattiin näiden mittausten yhdessä.

LVI-laitteiden aiheuttamaa äänenpainetta mitattiin kunkin tilan keskeltä minuutin ajan. Mittaushetki sijoitettiin ilta-aikaan, jolloin ilmanvaihto oli normaalisti käynnissä, mutta ulkopuolisten häiriöäänien vaikutus mittaustulokseen mahdollisimman vähäinen.

Valaistusvoimakkuutta mitattiin tiedetyiltä työpisteiltä tai huonetilojen keskeltä. Luksimittari asetettiin työpöydälle ja lukeman annettiin tasaantua. Huonetilojen keskeltä mitaukset tehtiin 1,1 metrin korkeudesta.

#### **4.1.2 Havainnot**

Mittaukset raportoitiin asiakkaalle. Mittausraportti on liitteessä 1. Mittauksia kokeiltaessa havaittiin, että kaikista informatiivisimpia ja kokonaisuuden kannalta tärkeimpiä mittauksia ovat:

- Pitkäaikainen, mahdollisuuksien mukaan vähintään viikon kestävä sisäilman fysikaalisten olosuhteiden seuranta. Koemittausten tulosten perusteella voitiin päätellä, että tilojen ilmanvaihto on yleisesti ottaen riittävä. Erään tilan kohdalla saattaisi kuitenkin olla aiheellista tarkastella ilmanvaihdon tarpeenmukaisuutta. Tilan sisäilman hiilidioksidipitoisuus kohosi eräänä päivänä muutamiksi tunneiksi lähelle enimmäispitoisuutta, 1200 ppm. (Ympäristöministeriö, 30.3.2011/132) Seuranta myös paljasti erään tilan jatkuvasti huomattavan korkeana pysyvän lämpötilan.
- Pitkäaikainen, mahdollisuuksien mukaan vähintään viikon kestävä rakennuksen sisätilojen välisten ja rakennuksen ja ulkoilman välisten painesuhteiden seuranta. Tiloissa tehtiin mittausvälineteknisistä syistä johtuen painesuhteiden hetkellinen mittaus. Mittauksessa havaittiin, että tutkitut tilat olivat mittaushetkellä keskenään tasapainossa ja ulkoilmaan nähden noin 5 Pascalia ylipaineisia. Painesuhteet kuitenkin voivat muuttua eri tekijöistä johtuen joten pitkäaikainen seuranta voi tulevissa mittauksissa olla tarpeen.

- Operatiivisen lämpötilan mittaaminen. Tilojen sisäilman olosuhteiden pitkäaikainen seuranta, eivätkä ilman virtausnopeuden mittaukset ja ilmavirtojen tarkastelu savukynän avulla antaneet yleisesti ottaen aihetta operatiivisen lämpötilan mittaamiseen. Eräässä tilassa kuitenkin havaittiin huomattavan korkeita lämpötiloja, joten operatiivinen lämpötila päätettiin mitata. Tila on melko matala ja esimerkiksi valaistus ja ilmanvaihdon pääte-laitteet tulevat melko lähelle käyttäjää. Operatiivisen lämpötilan arvot vastasivat mitattuja sisäilman lämpötilan arvoja.
  
- Lämpötilojen kerrostuneisuus. Tutkituissa tiloissa lämpötilojen kerrostuneisuuden selvittäminen tuli kyseeseen lähinnä tilassa, jossa havaittiin huomattavan korkeita lämpötiloja seurantajakson aikana. Lämpötiloissa havaittiin eroja eri mittapisteen välillä. Lämpötilan arvot kasvoivat alimmasta mittauspisteestä ylimpään, alhaisin lämpötila oli kuitenkin yli 21 °C.
  
- Ilmavirtojen mittaaminen tilan päätelaitteilta. Ilmavirtojen mittaaminen testikohteessa ei ollut olosuhdeseurannan perusteella varsinaisesti tarpeellista. Tämä kuitenkin tehtiin, jotta saatiin käsitys mittalaitteiston käytännöllisyydestä. Eräässä tilassa mitattiin verrattain korkeita sisäilman hiilidioksidipitoisuuden arvoja. Mitattuja ilmavirran arvoja voidaan käyttää lähtötietoina, mikäli halutaan tarkastella ilmanvaihdon tarpeenmukaisuutta tässä tilassa edelleen.
  
- Edellisten lisäksi on hyödyllistä mitata ilman liikenopeuksia (näistä tulee varmistua myös operatiivista lämpötilaa mitattaessa) ja ilmavirtojen suuntaa tilassa. Tuloilman lämpötilan mittaaminen tai tarkastaminen on myös oleellista. Vedontunnetta ja yleistä epäviihtyvyyttä saattavat aiheuttaa esimerkiksi virheellisesti suunnatut päätelaitteet. Näistä käyttäjään osuva voimakas ilmasuihku tai tiloihin aiheutuvat ilmavirtaukset, sekä ilmasuihkun tai virtausten huomattavasti poikkeava lämpötila, voivat olla koettu sisäilmahaitta. Voimakkaat ilmavirtaukset myös nostavat pinnoille laskeutuneen pölyn hengitysilmaan.

Esimerkkikohteessa mitattiin LVI-laitteiden tiloihin aiheuttamaa äänitason kunkin tilan keskeltä. Päätelaitteiden kautta tulevan ilmavirtauksen ääni oli selvästi kuultavissa mutta sitä ei varsinaisesti voitu sanoa häiritseväksi. LVI-laitteiden aiheuttamaan äänitasoon ei voida ottaa kantaa, sillä mittaustuloksia ei saatu mittauksen lopuksi purettua mittalaitteesta. Tilojen yleisen olemuksen visuaalisen havainnoinnin tueksi kultakin työpisteeltä tai tilojen keskeltä mitattiin valaistusvoimakkuuden arvot. Valaistus vaikutti aistinvaraisesti havainnoituna riittävältä, myös mitatut valaistusvoimakkuuden arvot tukivat tätä havaintoa.

LVI-laitteiden aiheuttaman äänitason ja valaistusvoimakkuuden mittaukset saatetaan tehdä, mikäli tutkimuksen tekijä havaitsee, että näihinkin seikkoihin olisi jatkossa hyvä kiinnittää huomiota. Näiden mittaukset eivät kuitenkaan samalla tavalla selitä tai tuo lisätietoa olemassa olevan sisäilmatutkimuskonseptin mittausten tueksi, kuin muut tässä työssä esitellyt mittaukset.

#### 4.1.3 Johtopäätökset

Edellisessä luvussa esiteltyjen koemittauksessa havaittujen seikkojen pohjalta päädyttiin sisäilmatutkimuskonseptiin lisätä seuraavat mittaukset (taulukko 2):

TAULUKKO 2. Sisäilmatutkimuskonseptiin lisättävät mittaukset

Mitattava sisäilmatekijä	Mittaus	Hetkel- linen	Pitkäai- kainen
<b>Sisäilman lämpötila</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sisäilman fysikaaliset olosuhteet</li> <li>- Operatiivinen lämpötila</li> <li>- Lämpötilojen kerrostuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> <li>x</li> <li>x</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> </ul>
<b>Ilman liike ja veto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ilman liikenopeus</li> <li>- ilman liikkeiden tarkastelu savukynän avulla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> <li>x</li> </ul>	
<b>Sisäilman kosteus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sisäilman fysikaaliset olosuhteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> </ul>
<b>Sisäilman hiilidioksidipitoisuus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sisäilman fysikaaliset olosuhteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> </ul>

<b>Ilmavirrat</b>	- Ilmavirtojen mittaus tilojen päätelaitteilta	x	
	- Sisäilman fysikaaliset olosuhteet	x	x
<b>Rakennuksen painesuhteet</b>	- Rakennuksen painesuhteiden mittaus	x	x
<b>Valaistusvoimakkuus</b>	- Luksimittaus	x	
<b>Melu</b>	- LVI-laitteiden aiheuttama äänitaso	x	

Mittauksia tehtäessä havaittiin myös käytetyn mittalaitteiston soveltuvuus. Yrityksellä ei ollut kaikkia tarvittavia mittalaitteita, joten osa lainattiin tätä koemittausta varten Tampereen ammattikorkeakoululta. Käytetty mittalaitteisto soveltui yleisesti ottaen hyvin mittauksiin. Sisäilmaston olosuhteiden ja rakennusten painesuhteiden seurantaan tulee kuitenkin jatkossa miettiä mahdollisesti langattomasti toimivia antureita ja näiden tuottaman tiedon tallentumista etälaitteelle.

## 4.2 Raportointi

Sisäilmatutkimusten tulokset raportoidaan järjestelmällisesti ennalta sovittua raportointimallia noudattaen. Baumedi Oy:n laadunhallintajärjestelmän kehittämiseen tähdänneessä opinnäytetyössä (Kaipia & Yli-Muilu, 2015, 40) kohdassa 5.2.4, Viestintä ja raportointi, kuvataan uutta ehdotettua raportointimallia. Sisäilmatutkimukset raportoidaan nykyään tämän ehdotetun mallin mukaisesti. Tässä opinnäytetyössä esiteltyjen sisäilmatutkimusten raportointi tulee noudattamaan tätä kuvattua mallia soveltuvilta osin. Tutkimusraportti sisältää seuraavat osiot alla luetellussa järjestyksessä:

Tutkimuksen kohde, toimeksiantaja ja tutkimuksen suorittaja

- Tutkimuksen kohteesta kirjataan nimi ja fyysinen sijainti, sekä tutkittujen tilojen tarkenne. Toimeksiantajan yhteystietoihin kirjataan yrityksen nimi sekä sisäilmatutkimuksia koskevan yhteyshenkilön nimi. Tutkimuksen suorittajaksi kirjataan Baumedi Oy, fyysiseksi sijainniksi kirjataan Tampereen toimipiste. Lisäksi kirjataan Baumedi Oy:n puolesta tutkimuksen suorittaneen henkilön nimi.

#### Tutkittavan kohteen lähtötiedot

- Lähtötietoihin kirjataan kaikki saadut, tutkimuksen kannalta oleelliset, tiedot ja dokumentit. Tällaisia ovat esimerkiksi tutkittavien laitteiden ja järjestelmien ikä ja kunto. Lähtötiedoissa kerrotaan myös, mikäli Baumed Oy on aiemmin tehnyt kohteessa tutkimuksia ja mitkä ovat olleet tutkimuksen tulokset

#### Tiivistelmä

- Tiivistelmässä kerrotaan mitä tutkimuksia tehtiin ja milloin, tutkimuksen tulokset kerrotaan sanallisesti

#### Tutkimustulosten esittely

- Tutkimustulokset esitetään joko taulukko-, kaavio- tai kuvaajamuodossa tai mikäli tutkimustulosten selkeän esittämisen vuoksi on tarpeellista, useammalla tavalla edellä mainituista. Tutkimustulosten yhteyteen kirjataan tarvittaessa tavoitearvot, joiden sisällä tulosten tulisi olla. Tulosten yhteydessä esitetään sanallisesti tuloksiin vaikuttaneet epävarmuustekijät, tarvittaessa tehdään myös virhetarkastelu. Mittalaitteiden mittaustarkkuus esitetään aina käytetyn mittalaitteen yhteydessä. Tutkimustulosten yhteydessä esitetään myös tutkittujen tilojen pohjakuva, johon jokainen yksittäinen tutkimustulos on merkitty omalla yksilöllisellä tunnuksellaan. Tutkimustuloksia avataan myös sanallisesti.

#### Jatkotoimenpide-ehdotukset

- Jatkotoimenpide-ehdotuksia ei välttämättä ole tarpeen esittää kaikkien tutkimusten yhteydessä. Tarvittaessa tutkimustulosten tulkitsija voi esittää jatkotoimenpiteitä viranomais määräyksiin, standardeihin ja tutkimuksen tilaajan ilmoittamiin lähtötietoihin pohjautuen.

#### Yhteenveto

- yhteenvedossa kerrotaan, mitä tutkittiin ja milloin, mitä tutkimuksella tavoiteltiin. Lisäksi kerrotaan sanallisesti, mitkä olivat tutkimuksen tulokset ja näiden pohjalta tehdyt jatkotoimenpide-ehdotukset

Tutkimustulosten raportoinnissa hyödynnetään Kotopro-ohjelmaa. Kotopro on dokumentointi-, julkaisu- ja valvontajärjestelmä. Kotopro ei ole laitesidonnainen ja se mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonkeruun, kuten sähköiset mittaus-pöytäkirjat ja kuvataallennuksen suoraa dokumentointipohjaan. Raportointia varten Kotopro:hon luotiin tutkimusraporttipohja, jonka soveltuvuutta arvioitiin hyödyntämällä sitä koemittauksen tulosten raportoinnissa.

### 4.3 Ohjeistus

Sisäilmatutkimuksen aikana tehtävät mittaukset vaiheistetaan alla olevan kaavion 2 mukaisesti:

		Viikko 1							Viikko 2						
		Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
Vaihe	Tehtävä														
1	Sisäilmaolosuhteiden pitkäaikaisseuranta														
2	Rakennuksen painesuhteiden pitkäaikaisseuranta														
1	Sisäilmaolosuhteiden hetkellinen mittaus														
2	Painesuhteiden hetkellinen mittaus														
3	Ilman liikenopeus ja pinta-lämpötilat														
4	Operatiivisen lämpötilan mittaus														
5	Lämpöolojen tasaisuuden mittaus														
6	Ilmavirtojen mittaus														

KAAVIO 2. Mittausten vaiheistus

Tutkimukset aloitetaan yleensä joko pitkäaikaisella olosuhdeseurannalla, pitkäaikaisella painesuhteiden seurannalla tai näiden olosuhteiden hetkellisenä mittauksena. Tämän jälkeen mitataan tarvittaessa operatiivinen lämpötila, jonka mittaamisen yhteydessä tarkastellaan ilman liikenopeuksia ja tarvittaessa pintalämpötiloja. Seuraavaksi mitataan lämpöolojen tasaisuutta ja mikäli päädytään tekemään melu- tai valaistusmittauksia, tehdään nämä viimeisessä vaiheessa. Ilmavirtojen mittaukset voidaan suorittaa joko tutkimusprojektin alussa tai mikäli niillä haetaan selitystä jo mitatuille arvoille, mitataan ne olosuhdeseurannan jälkeen toisella viikolla. Kaaviossa 2 esitetty mittausten vaiheistus on päärunko, jota sovelletaan suunniteltaessa kunkin tutkimusprojektin puitteissa tehtäviä mittauksia. Mikäli mittaukset tehdään lähtötilanteen kartoittamiseksi ja näiden jälkeen tehtävien muutosten aikaansaamat vaikutukset halutaan todentaa, alkaa prosessi

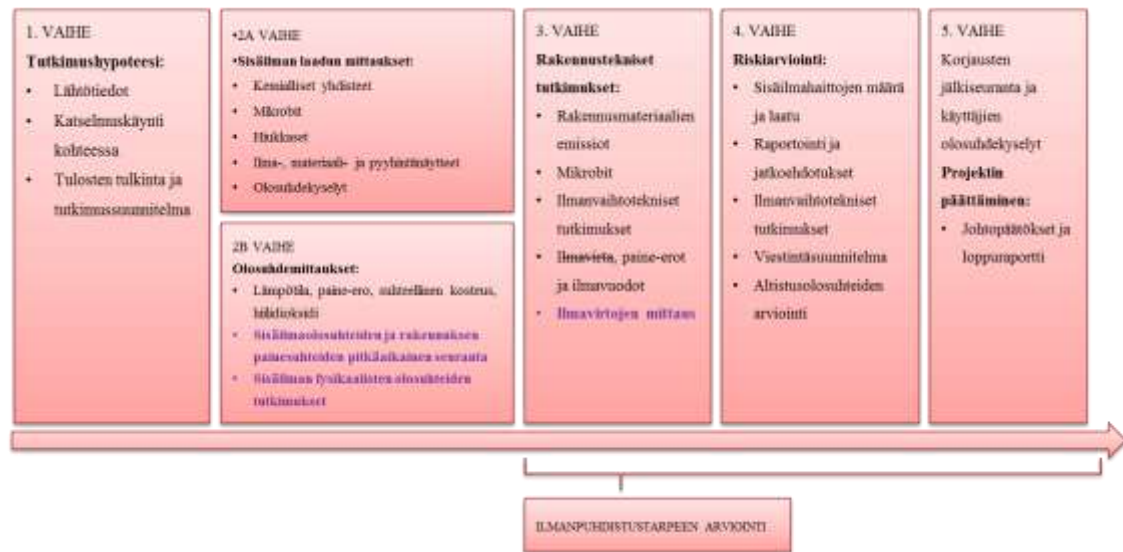
jälleen alusta viikosta 1. Mittaukset on kaaviossa esitetty kahden viikon aikajanelalla päiväkohtaisesti. Riippuu hyvin paljon myös tutkittavan alueen laajuudesta, ehditäänkö tarvittavat mittaukset tehdä yhden päivän aikana.

Jokaisesta mittauksesta laaditaan työohje, jossa kerrotaan tarvittavat mittavälineet, mittauksen tekninen suorittaminen ja miten mittaus dokumentoidaan. Mittavälineissä kuvataan muun muassa millä mittalaitteella mittaus tehdään ja mitä muita apuvälineitä tarvitaan. Tällaisia voivat olla esimerkiksi oikean mittauskorkeuden saavuttamiseksi mittalaitteeseen kiinnitettävä kolmijalka. Ohjeistuksen teknisen suorittamisen osassa kerrotaan mistä kohdin mittaukset otetaan. Virallisen ohjeistuksen lisäksi joudutaan joskus harkitsemaan edustavinta mittauspaikkaa. Tämä tulisi kuitenkin määrittellä jo mittaus-suunnitelmaa tehtäessä. Teknisen suorittamisen osiossa kerrotaan mittauspaikan lisäksi, montako mittausta tehdään ja miltä korkeudelta, sekä kuinka kauan kukin mittaus kestää. Mittauksen dokumentoinnin osassa kerrotaan, mihin mittauspöytäkirjaan kyseiset mittaukset kirjataan, sekä miten mittaukset muuten dokumentoidaan tutkimuskohteessa. Muulla dokumentoinnilla tarkoitetaan esimerkiksi valokuvien ottamista tukemaan mitaustulosten tulkintaa.

Työohjeen laatiminen vaatii myös yrityksen laatujärjestelmän päivittämisen, joten sen laatiminen päätettiin tehdä tämän työn valmistumisen jälkeen. Tutkimusprojektin sisältämien mittausten vaiheistus, joka on esitetty kaaviossa 2, on laadittu mittauksia kokeilussa hyväksi havaitun tavan pohjalta.

#### **4.4 Päivitetty sisäilmaongelman ratkaisuprosessi**

Kappaleessa 2, kaaviossa 1 esitetty sisäilmaongelman ratkaisuprosessin kulku esitetään tässä kaaviossa 3 päivitettyinä. Lisätyt tutkimukset ja mittaukset on esitetty violetilla värillä ja vahvennetulla tekstillä.



KAAVIO 3. Päivitetty sisäilmaongelman ratkaisuprosessi

Ratkaisuprosessin päävaiheeseen kaksi oli alkuperäisessä kaaviossa sijoitettu sisäilman laadun mittaukset. Vaihe päätettiin jakaa kahteen rinnakkaiseen vaiheeseen niin, että olosuhdemittaukset tulevat sisäilman laadun mittausten rinnalle omaksi päävaiheekseen. Olosuhdemittaukset voidaan aloittaa itsenäisinä tutkimuksinaan esimerkiksi olosuhdekyselyn kanssa samanaikaisesti. Olosuhdemittauksiin lisättiin sisäilmaolosuhteiden ja rakennuksen painesuhteiden pitkäaikainen seuranta. Näiden avulla saadut tulokset voivat toimia myös sisäilman laadun tutkimustuloksia selittävinä tekijöinä. Olosuhdemittausten yhteyteen lisättiin myös sisäilman fysikaalisten olosuhteiden tutkimuskokonaisuuksia. Kokonaisuuden puitteissa tehtävät tutkimukset ovat joko itsenäinen kokonaisuus tai sen osia voidaan valita tukemaan vaiheen muita tutkimuksia.

Ratkaisuprosessin vaiheeseen kolme on määritelty rakennustekniset tutkimukset. Tässä vaiheessa aletaan myös tarkastella mahdollista ilmanpuhdistustarvetta. Vaiheen rakennustekniset tutkimukset kattavat ilmanvaihtotekniset tutkimukset, mutta pääpaino on sisäilmaan mahdollisesti ilmanvaihtojärjestelmän kautta päätyvissä hiukkasmaisissa, kemiallisissa ja mikrobiologisissa epäpuhtauksissa. Ilmanvaihdon tekniset tutkimukset käsittävät myös ilmanvaihtokoneen kokonaisilmavirran ja palvelualueiden selvittäminen. Varsinaista ilmavirtojen mittausta ei ole aikaisemmin tehty. Ilmavirtojen mittaamiselle on kuitenkin tässä vaiheessa paikkansa, mikäli sisäilmaston fysikaalisten olosuhteiden lyhyt tai pitkäaikainen mittaus aiemmassa vaiheessa on antanut aiheita mitata



nämä. Hieman harhaanjohtava ilmavirta-termi ylivivattiin ja tilalle sijoitettiin kokonaisuus ”Ilmavirtojen mittaus”.

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Sisäilmasto ja ilmanvaihto ovat laajoja kokonaisuuksia. Sisäilman fysikaalisilla olosuhteilla on suuri merkitys siihen, että käyttäjän on viihtyisää ja turvallista oleskella tiloissa. Rakennusta palveleva ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaa huomattavasti siihen millaiset sisäilmaolosuhteet rakennuksessa vallitsevat. Sisäilman fysikaalisia olosuhteita ja ilmanvaihtoa tutkimalla saadaan kattavasti tietoa siitä, minkä laatuinen sisäilmasto rakennuksessa on. Sisäilmaston ja ilmanvaihdon tutkimukset ovat myös tärkeä osa isompia tutkimuskokonaisuuksia. Tällöin ne toimivat muuntyyppisten sisäilmatutkimusten tulosten tulkinnan tukena.

Työssä kartoitettiin, miten sisäilman fysikaalisia olosuhteita ja ilmanvaihtoa tutkitaan. Tutkimuksia sovellettiin käytännössä, jolloin saatiin selville, mitkä tutkimukset ja missä laajuudessa soveltuvat osaksi olemassa olevaa sisäilmatutkimuskonseptia. Käytännön kokeilu antoi myös suunnan siitä, miten nämä tutkimukset kannattaa vaiheistaa.

Tutkimuksia sovellettaessa havaittiin, että kaikista oleellisimmat mittaukset yrityksen sisäilmatutkimuskonseptin kannalta ovat sisäilman olosuhteiden pitkäaikainen seuranta, operatiivisen lämpötilan ja lämpöolojen kerrostuneisuuden mittaukset. Tärkeitä ovat lisäksi ilman liikkeiden ja liikenopeuden mittaukset ja tarkastelut. Sisäilman fysikaalisista olosuhteista aiheutuvaa haittaa kuvaillaan usein tuntemuksilla, tilat tuntuvat tunkkaisilta tai työpisteellä tunnetaan vetoa.

Tiloissa tehtiin myös LVI-laitteiden tiloihin aiheuttaman äänitason mittauksia, sekä valaistusvoimakkuuden mittauksia. Nämä eivät kuitenkaan ole yrityksen sisäilmakonseptin kannalta yhtä oleellisia kuin sisäilman fysikaalisten olosuhteiden tai ilmanvaihdon mittaukset. Tilojen käyttäjän on usein helpompi määritellä, mikäli tiloissa on vääränlainen valaistus tai tiloissa koetaan melua. Melun ja valaistuksen mittaukset eivät myöskään ole sisäilman hiukkasmaisten, kemiallisten tai mikrobiologisten epäpuhtauksien tutkimusten kannalta lisäinformaatiota tuovia mittauksia.

Sisäilman olosuhteiden pitkäaikaisen seurannan tulokset eivät antaneet viitteitä riittämättömästä ilmanvaihdosta, mutta ilmavirrat tilojen päätelaitteilta mitattiin tästä huolimatta. Näin saatiin selville, millä mittalaittekokonaisuuksilla mittauksia kannattaa jat-

kossa tehdä. Tilojen painesuhteiden pitkäaikaista seuranta ei toteutettu esimerkkikohteessa. Painesuhteiden seuranta otetaan kuitenkin osaksi sisäilmatutkimuskonseptia, sillä sen tuloksilla saatetaan saada tärkeää lisätietoa sisäilmaongelman mahdollisesta aiheuttajasta.

Yrityksen sisäilmaongelmien ratkaisuprosessi päivitettiin koemittauksen kautta saatujen tietojen pohjalta. Tietojen avulla luotiin myös yrityksen laatukäsikirjan mukainen tutkimusraporttipohja Kotopro-ohjelmaa hyödyntäen. Raporttipohjan soveltuvuutta arvioitiin raportoimalla koemittauksen tulokset raporttipohjaa käyttäen. Tässä työssä esitellyistä mittauksista tullaan laatimaan mittausohjeet ja jokaiselle mittaukselle soveltuva mittauspöytäkirja. Tämä vaatii kuitenkin myös yrityksen laatukäsikirjan päivittämisen, joten nämä päätettiin tehdä tämän työn valmistuttua. Sisäilmatutkimuskonseptin osaksi valikoituneet tutkimukset tullaan lisäksi tuotteistamaan asiakkaalle tarjottavaksi valmiiksi tuotteeksi yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun liiketalouden opiskelijoiden kanssa.

## LÄHTEET

Harju, P. 2014. Talotekniikan mittauksia, säätöjä ja automatiikkaa. 3. painos. Kouvola: Penan Tieto - Opus Oy.

Korkala, T. 2016. Ilmastointi. Hoito ja huolto. 6. painos. Kiinteistöalan kustannus Oy.

Laamanen, P. & Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Turenki: Helsinki: Ympäristöministeriö.

Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Tampere: Talotekniikka – Julkaisut Oy.

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Tampere: Talotekniikka - Julkaisut Oy.

Seppänen, O. & Seppänen, M. 2007. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 4. painos. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

SFS-EN 12464-1. 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 12599. 2013. Rakennusten ilmanvaihto. Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien luovutukseen liittyvät testimenettelyt ja mittausmenetelmät. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 7726. 2001. Lämpöolojen ergonomia. Mittalaitteet fysikaalisten suureiden mittaamiseen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 23.4.2015/763.

Säteri, J. 1998. Suomen LVI-liitto ry., julkaisu 9. Käytännön ilmanvaihto. Opas ilmanvaihdon oikeaan käyttöön ja ylläpitoon. Suomen LVI-liitto ry.

Ympäristö ja Terveys - lehti. 2009. Asumisterveysopas. 3. painos. Pori: Ympäristö ja Terveys – lehti.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta 30.3.2011/132.

Ympäristöministeriön määräykset ja ohjeet rakenteellisesta äänieristyksestä ja meluntorjunnasta rakennuksessa 4.6.1998 557/89.

## LIITTEET

## Liite 1. Tutkimusraportti

1 (14)



## SISÄILMASTON JA ILMANVAIHDON TUTKIMUSRAPORTTI

13.04.2017

Raportin osittainen kopioiminen on kielletty.

## Prisma Koivistonkylä Tampere

<b>Osoite</b>	Lempääläntie 21
<b>Postinumero ja toimipaikka</b>	33820 Tampere
<b>Tarkenne</b>	Neuvottelu 21, Kahvio, Neuvottelu 22, Puhelintila, Neuvottelu 23, Avotila

## Tutkimuksen tekijä

<b>Yritys</b>	Baumedi Oy
<b>Nimi</b>	Jenni Lehtinen
<b>Puhelinnumero</b>	040 5635 692
<b>Sähköpostiosoite</b>	jenni.lehtinen@baumedi.fi

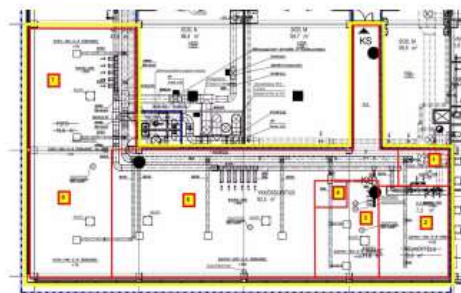
## Tutkimusmenetelmät

	Sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden pitkäaikainen seuranta. Käytetty mittalaitte: Rotonic CP11. Mittalaitteen mittausalue: 0...5000 ppm (CO <sub>2</sub> ), 0,1...99.95 % RH, -20..60 °C. Mittalaitteen tarkkuus: +/- 30 ppm +/- 5 % tuloksesta, > 2,5 % RH(10..90% RH) ja +/- 0.3 °K.
<b>Tutkimusjakso</b>	20.2. - 10.3.2017
	Rakennuksen painesuhteiden hetkellinen mittaus. Käytetty mittalaitte: TSI DP-CALC 5825. Mittalaitteen mittausalue: -3735...+3735 Pa. Mittalaitteen tarkkuus: +/- 1 Pa.
<b>Tutkimuspäivä</b>	18.3.2017
	Operatiivisen lämpötilan mittaus.
<b>Mittalaitte</b>	PCE-WB 20SD. Mittalaitteen mittausalue: 0 ... +59 °C. Mittalaitteen tarkkuus: +/- 1°C (+15 ... +59 °C)
<b>Tutkimuspäivä</b>	18.3.2017
	Tilan ilmavirtauksien tutkimukset.
<b>Mittalaitte</b>	SwemaAir 300. Mittalaitteen mittausalue: 0 ... 30 m/s lämpötila-alue -10 ... +50 °C. Mittalaitteen tarkkuus: 20°C 0,1 .. 1,33 m/s < 0,04 m/s 1,33 .. 30 m/s < 3 % lukemasta. Tarkkuus muulla lämpötila-alueella 0,1 .. 1,10 m/s < 0,05 m/s 1,1 .. 30 m/s < 4,5 % lukemasta.

<b>Tutkimuspäivä</b>	18.3.2017 Lämpöolojen tasaisuuden mittaaminen. Käytetty mittalaite: Rotonic CP11. Mittalaitteen mitta-alue: -20..60 °C. Mittalaitteen tarkkuus: +/- 0.3 °K.
<b>Tutkimuspäivä</b>	18.3.2017 Valaistusvoimakkuuden tarkastelu.
<b>Mittalaite</b>	TROTEC BF05 Multimeasure basic. Mittalaitteen mitta-alue 200, 2000, 20000, 40000 lux. Mittalaitteen tarkkuus: +/- (5 % +10 lx) <10000 lx, +/- (10 % + 10 lx) >10000 lx.
<b>Mittauspäivä</b>	18.3.2017 Ilmavirtojen mittaaminen. Tutkimuspäivä: 9.3.2017. Käytetty mittalaite: TSI DP-CALC 5825. Mittalaitteen mitta-alue: -3735...+3735 Pa. Mittalaitteen tarkkuus: +/- 1 Pa.

## Tutkimustulokset

Alla on esitetty tutkittujen tilojen pohjakuva. Tutkitut tilat on rajattu keltaisella, nykyinen tilajako on kuvattu punaisella viivalla. Jokaisella tilalla on oma tilatunnus, jolle on annettu sitä vastaava pohjakuvaan merkitty tilanumero. Tilanumerot ja tilatunnukset on esitetty taulukossa pohjakuvan alla. Tiloja palvelee painesäätöinen ilmanvaihtokone, joka toimii tällä hetkellä vakioilmavirralla. Ilmanvaihtokone on käynnissä maanantaista sunnuntaihin 05.00 - 22.30. Tutkittujen tilojen pääasiallinen käyttöaika on kello 08.00 - 16.00.



Jenni Lehtinen 13.04.2017 12:46

Pohjakuva

Tilanumero	Tilatunnus
1	neuvottelu 21
2	Kahvio
3	Neuvottelu 22
4	Puhelintila
5	Neuvottelu 23
6	Avotila
7	Avotila

**Sisäilman olosuhteiden seuranta**

Tila:		1/Neuvottelu 21				
Pvm.	Klo.	Sää	Arvo	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)	Sisäilman lämpötila T (°C)	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus CO2 (ppm)
27.2.2017	08.00 - 16.00	-3 °C	Min.	10,0	23,1	356
			Maks.	14,3	25,7	645
28.2.2017	08.00 - 16.00	-1 °C	Min.	20,5	23,5	373
			Maks.	23,1	25,6	635
1.3.2017	08.00 - 16.00	0 °C	Min.	20,2	23,9	353
			Maks.	22,5	25,9	622
2.3.2017	08.00 - 16.00	+1 °C	Min.	20,3	23,9	351
			Maks.	23,7	24,7	667
3.3.2017	08.00 - 16.00	-3 °C	Min.	16,6	23,8	352
			Maks.	18,7	24,0	369



Jenni Lehtinen 13.04.2017 12:58  
Neuvottelu 21

Tila:		3/Neuvottelu 22				
Pvm.	Klo.	Sää	Arvo	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)	Sisäilman lämpötila T (°C)	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus CO2 (ppm)
20.2.2017	08.00 - 16.00	-2 °C	Min.	18,8	20,3	437

			Maks.	21,9	21,1	643
21.2.2017	08.00 - 16.00	-6 °C	Min.	13,8	20,1	434
			Maks.	18,0	22,3	1070
22.2.2017	08.00 - 16.00	-2 °C	Min.	9,9	21,4	437
			Maks.	17,7	21,9	993
23.2.2017	08.00 - 16.00	-5 °C	Min.	14,4	20,4	416
			Maks.	19,9	21,6	606
24.2.2017	08.00 - 16.00	-8 °C	Min.	10,3	20,2	401
			Maks.	13,4	21,3	698



Jenni Lehtinen 13.04.2017 12:58

## Neuvottelu 22

Tila: 5/Neuvottelu 23						
Pvm.	Klo.	Sää.	Arvo	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)	Sisäilman lämpötila T (°C)	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus CO2 (ppm)
27.2.2017	08.00 - 16.00	-3 °C	Min.	11,2	21,4	418
			Maks.	12,2	22,0	442
28.2.2017	08.00 - 16.00	-1 °C	Min.	22,8	21,4	418
			Maks.	26,3	22,1	561
1.3.2017	08.00 - 16.00	0 °C	Min.	24,0	21,0	420



Sisäilmaston ja ilmanvaihdon tutkimusraportti

13.04.2017

			Maks.	25,7	21,6	483
2.3.2017	08.00 - 16.00	+1 °C	Min.	23,7	21,0	405
			Maks.	25,9	21,5	491
3.3.2017	08.00 - 16.00	-3 °C	Min.	18,9	21,0	441
			Maks.	21,9	21,4	428



Jenni Lehtinen 13.04.2017 12:58

Neuvottelu 23

Tila: 6&7/Avotila						
Pvm.	Klo.	Sää	Arvo	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)	Sisäilman lämpötila T (°C)	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus CO2 (ppm)
6.3.2017	08.00 - 16.00	-6 °C	Min.	10,2	20,9	429
			Maks.	11,4	21,9	739
7.3.2017	08.00 - 16.00	-5 °C	min.	9,8	21,0	446
			Maks.	11,8	22,0	532
8.3.2017	08.00 - 16.00	0 °C	min.	17,3	20,8	419
			Maks.	20,4	21,8	514
9.3.2017	08.00 - 16.00	+1 °C	Min.	17,4	21,0	419
			Maks.	21,7	21,7	458
10.3.2017	08.00 - 16.00	+2 °C	Min.	22,9	21,1	421
			Maks.	24,2	22,0	503

5 / 10



Jenni Lehtinen 13.04.2017 12:59  
Avotila (6)

Jenni Lehtinen 13.04.2017 12:59  
Avotila (7)

Sisäilman suhteellisen kosteuden optimaaluarvot ovat noin 25 - 45 %. Olosuhdeseurannan aikana havaittiin että jokaisen tutkitun tilan suhteellisen kosteuden arvot olivat joko alueen alarajalla tai sen alle.

Ympäristöministeriön asetus (1/11) rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta antaa oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvoksi lämpötilan 21 °C. Hyväksyttävä poikkeama oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvosta huonetilan keskellä, 1,1 metrin korkeudella on +/- 1 °C. Mitatut sisäilman lämpötilat ovat tilojen 3/ Neuvottelu 22, 5/Neuvottelu 23 ja 6&7/Avotilan osalta näiden arvojen mukaiset. Tilan 1/Neuvottelu 21 sisäilman lämpötilan arvot kuitenkin ylittävät nämä arvot 1,1 - 3,9 °C. Rakennuksen käyttöaikana ei oleskeluvyöhykkeen lämpötila yleensä saa olla korkeampi kuin 25 °C. Tilasta Neuvottelu 21 mitattiin kuitenkin olosuhteiden seurannan aikana kolmena päivänä tätä korkeampia lämpötiloja.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm). Tutkittujen tilojen sisäilman hiilidioksidipitoisuuden arvot pysyivät koko seurannan ajan alle tämän.

### Operatiivinen lämpötila ja sisäilman liikenopeus

Pvm.	18.3.2017	Sää:	+2 °C	
Tilanumero tai tilatunnus/ mittauspiste	Operatiivinen lämpötila to (°C)	Sisäilman lämpötila T (°C)	Ilman virtausnopeus v (m/s)	Ilman liikkeiden tarkastelu savukynällä
1/1	24,3	23,5	≤ 0,1	Ei havaintoja
2/1	21,0	21,2	≤ 0,1	Ei havaintoja
3/1	21,3	21,2	≤ 0,1	Ei havaintoja
4/1	20,9	21,2	≤ 0,1	Ei havaintoja
5/1	21,5	21,5	≤ 0,1	Ei havaintoja
5/2	21,5	21,5	≤ 0,1	Ei havaintoja
6/1	21,1	21,0	≤ 0,1	Ei havaintoja
7/1	20,8	21,1	≤ 0,1	Ei havaintoja

Ympäristöministeriön asetus (1/11) rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta antaa oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvoksi lämpötilan 21 °C. Hyväksyttävä poikkeama oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvosta

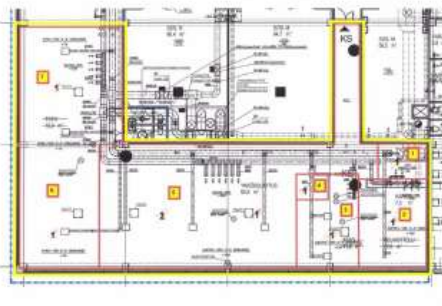
huonetilan keskellä, 1,1 metrin korkeudella on +/- 1 °C. Mitatut sisäilman lämpötilan arvot ovat näiden arvojen mukaiset, poikkeuksena Neuvottelu 21:n (taulukossa 1/1) sisäilman lämpötilan arvo. Neuvottelu 21:n sisäilman lämpötilan arvo on 23,5 °C, mikä ylittää sallitun poikkeaman 1,5°C:lla.

Operatiivinen lämpötila ottaa huomioon konvektion ja säteilyn vaikutuksen, se kuvaa tilojen käyttäjän kokemaa lämpötilaa. Operatiivisen lämpötilan arvot vastaavat mitattuja sisäilman lämpötilan arvoja. Operatiivisen lämpötilan arvot poikkeavat mitatuista sisäilman lämpötilan arvoista enintään 0,3 °C:n verran, poikkeuksena tilan Neuvottelu 21 arvo, joka poikkeaa sisäilman lämpötilan arvosta 0,8 °C.

Ympäristöministeriön asetuksen (1/11) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, mukaan toimisto- ja neuvotteluhuoneiden sisäilman virtausten liikenopeuden tulisi olla talviaikaan < 0,2 m/s. Kahvitiilojen sisäilman liikenopeuden tulisi olla < 0,25 m/s. Tutkittavissa tiloissa mitatut ilman virtausnopeudet olivat ≤ 0,1 m/s. Ilman liikkeitä havainnoitiin savukynän avulla ennen varsinaista mittausta, näin ei kuitenkaan saatu havaintoja ilman liikenopeuksista.

### Lämpötilojen kerrostuminen

Pvm.	18.3.2017	Sää:	+2 °C
Tilanumero tai tilatunnus/mittauspiste	Sisäilman lämpötila T (°C), mittauskorkeus 0,1 metriä	Sisäilman lämpötila T (°C), mittauskorkeus 0,6 metriä	Sisäilman lämpötila T (°C), mittauskorkeus 1,1 metriä
1/1	21,2	22,9	23,5
2/1	21,1	21,1	21,1
3/1	20,9	21,0	21,2
4/1	21,2	21,2	21,2
5/1	21,1	21,2	21,5
5/2	21,0	21,2	21,5
6/1	21,0	21,1	21,0
7/1	21,1	21,0	21,1



Jenni Lehtinen 13.04.2017 13:36

Operatiivisen lämpötilan ja lämpötilojen kerrostumisen mittauspisteet

Työturvallisuuskeskuksen (ttk) ohjeistuksen mukaan nilkan ja pään korkeudelta mitattujen lämpötilojen ero saisi olla korkeintaan 3 °C. Lämpötilaerot mittauspisteiden eri korkeuksilla olivat pääsääntöisesti  $\leq 0,4$  °C. Neuvottelutilan 21 (taulukossa 1/1) alimman ja ylimmän mittauspisteen lämpötilan ero oli 2,3 °C. Operatiivisen lämpötilan, ilman liikkeiden mittauksen ja lämpötilojen kerrostumisen mittauspisteet on esitetty yllä olevassa kuvassa.

### Painesuhteet

Pvm.	18.3.2017
Tilan paine-ero/suhteessa tilaan	Paine-ero $\Delta P$ (Pa)
Neuvottelu 21/Neuvottelu 23	< +/- 1
Neuvottelu 22/Neuvottelu 23	< +/- 1
Puhelintila/Neuvottelu 23	< +/- 1
Neuvottelu 23/Avotila	< +/- 1
Neuvottelu 22/Ulkoilma	+4,5
Neuvottelu 23/Ulkoilma	+5
Avotila/Ulkoilma	+4,9
Sää: +2 °C	

Tutkittavien sisätilojen havaittiin olevan keskenään tasapainossa ja keskimäärin noin 5 pascalia yli paineisia ulkoilmaan nähden.

### Keskimääräinen valaistusvoimakkuus

Pvm.	18.3.2017
Tilnumero tai tilatunnus/mittauspiste	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus Em (lx)
1/1	527
2/1	765
3/1	1465
4/1	660
5/1	672
5/2	679
6/1	525
7/1	524

Sää:

+2 °C, Pilvistä

Standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti keskimääräinen valaistusvoimakkuus toimistotiloissa kirjoittamisen, lukemisen ja tiedonkäsittelyn tehtävissä tulisi olla 500 luksia. Tutkituissa tiloissa työpisteiltä ja huonetilojen keskeltä mitatut keskimääräiset valaistusvoimakkuuden arvot olivat välillä 524 - 1465 luksia. Valaistusvoimakkuuden mittaukset tehtiin samoista mittauspisteistä kuin operatiivisen lämpötilan, ilman liikkeiden ja lämpötilojen kerrostumisen mittaukset.

### Ilmavirtojen mittaus

Tiloja palvelevan ilmanvaihtojärjestelmän tiloihin sijoituvilta päätelaitteilta mitattiin ilmavirrat. Mitatut ilmavirrat on esitetty liitteessä 1. Ilmavirtojen mittausspöytäkirja. Tilojen päätelaitteet ovat FläktWoods:in valmistamia. Ilmamäärien tulkinassa hyödynnettiin FläktWoods:in tuottamaa ilmavirtojen mittaus- ja säätöopasta.

### Jatkotoimenpide-ehdotukset

Tilassa Neuvottelu 21 havaittiin poikkeavan korkeita sisäilman lämpötilan arvoja. Myös tilasta mitattu operatiivinen lämpötila oli korkea. Tila on verrattain pieni ja siellä on mahdollisesti lämpökuormaa tuottavia elementtejä. Kiinteä valaisin tulee hyvin lähelle käyttäjää. Myös käyttäjät itse lämmittävät tilaa. Tuloilman lämpötila oli operatiivisen lämpötilan mittaushetkellä +23 °C (sää +2 °C), mikä omalta osaltaan saattaa lämmittää tilaa. Olisi hyödyllistä selvittää edelleen miten tilan lämpöoloja voidaan hallita ja näin ehkäistä lämpötilan kohoaminen.

### Yhteenveto

Tämä tutkimusraportti on osa sisäilmaston ja ilmanvaihdon tutkimuksista tehtävän opinnäytetyön kokonaisuutta.

Kaikissa tutkittavissa tiloissa tehtiin operatiivisen lämpötilan, sisäilman virtausnopeuksien, sisäilman lämpötilojen kerrostumisen ja valaistusvoimakkuuden mittaukset. Arvot mitattiin joko tiedetyiltä työpisteiltä tai huonetilojen keskeltä. Mittaukset tehtiin 18.3.2017.

Painesuhteet mitattiin tutkittujen tilojen ja tilojen sekä ulkoilman välillä. Mittaukset tehtiin 18.3.2017.

Tilojen Neuvottelu 21, Neuvottelu 22, Neuvottelu 23 ja Avotila (6 ja 7) sisäilmaolosuhteita seurattiin 20.2. - 10.3.2017 viiden arkipäivän ajan kussakin tilassa. Olosuhteiden seuranta käsitti sisäilman suhteellisen kosteuden, lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden arvoja viiden minuutin välein tallentavan seurannan.

Tiloja palvelevan ilmanvaihtojärjestelmän tiloihin sijoituvilta päätelaitteilta mitattiin ilmavirrat. Ilmavirrat mitattiin 9.3.2017.


Tutkimusten tuloksena havaittiin, että tilan 1/Neuvottelu 21 sisäilman lämpötila kohoaa verrattain korkeisiin lämpötiloihin. Toimenpiteitä tilan lämpöolojen hallitsemiseksi tulisi miettiä.


**Paikka ja päivämäärä** Tampere 13.4.2017  
**Nimi** Jenni Lehtinen

**Puhelinnumero** 040 5635 692  
**Sähköpostiosoite** jenni.lehtinen@baumedi.fi


## Liitteet

1. Ilmavirtojen mittauspöytäkirja

		ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA		Mittaja Jonni Lehtinen		Sivu 1/4			
				Valvoja		Pvm. 9.3.17			
Rakennus / laitos	Pisama	Voivirstonkylä	Temper	Osoite	Kempäentie 21, 02935	Temper			
Huonetta / mittauspaikka	Krs. / pölr. n:o	Suunn. q <sub>v</sub> (l/s)	Mittauslaitte tai Venttiilityyppi	Asetus, avaus	Mittauksen arvo Δp <sub>m</sub> (Pa)	Todettu q <sub>v</sub> (l/s)	Huom.	Lpa dB(A)	Kone- tunnus
		Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite	Tuuletin Pöytälaite
1/1			DYSL 125		34	58			
1/2			WSO 125	5	15	17			
1/3			WSO 125	5	17	18			
2/1			DYSL 125		10	31			
2/2			DYSL 125		10	32			
2/3			WSO 160	15	12	21			
2/4			WSO 160	15	9	19			
2/5			WSO 160	15	9	18			
Käytetyt mittauslaitteet: T51 DP-CALC 5825									
Sääolosuhteet: + 4 °C									


		ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA		Mittaja Jussi Lehtinen		Sivu 2/4		
				Valvoja		Pvm. 9.3.17		
Rakennus / laitos	Pöytäkirja Vuorisalokylä Tampere		Osoite Kempeleentie 21, 33020 Tampere					
Huonetta / mittauspaikka Krs. / pih./ n:o	Suunn.	Mittauslaitte tai Venttiilityyppi	Asetus, avaus	Mittattu arvo $\Delta p_m$ (Pa)	Todettu $q_v$ (l/s)	Huom.	Lpa dB(A)	Kone- tunnus
	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja	Tuuletin Pöytäkirja
3/1		DYKLC 160		5	33			
3/2		DYKLC 160		6	41			
3/3		WSO 160	10	4	11			
3/4		WSO 160	10	5	12			
3/5		WSO 160	10	7	14			
3/6		WSO 160	10	9	16			
4/1		WTS 160	10	27	35			
4/2		WSO 160	5	29	23			
Käytetyt mitauslaitteet: T51 DP-CALC S925								
Säätöolosuhteet: +4°C								



		ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA		Mittaja: Jouni Kuitinen	Sivu: 3/4			
				Valvoja	Pvm: 9.3.19			
Rakennus / laitos	Risma Monikivistönkyliä Tampere			Osoite	Kempääläntie 21, 33220 Tampere			
Huonetta / mittauspaikka Krs. / pilr. n:o	Suunn. q <sub>v</sub> (l/s)	Mittauslaite tai Venttiilityyppi	Asetus, avaus	Mitattu arvo Δp <sub>m</sub> (Pa)	Todettu q <sub>v</sub> (l/s)	Huom.	Lpa dB(A)	Kone- tunnus
	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma
5/1		DYWL 200		3	81			
5/2		DYWL 200		9	84			
5/3		DYWL 200		15	102			
5/4		WSO 200		31	35			
5/45		WSO 200		15	36			
5/6		WSO 200		15	38			
5/7		WSO 200		15	41			
5/9		WSO 200		15	41			
5/9		WSO 200		15	41			

Käytetyt mittauslaitteet: TSI DP-CALC 5825

Sääolosuhteet: +4 °C

		ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA		Mittala	Osoite Kumppeälentie 21, 33820 Tampere		Huom.		Lpa dB(A)	Kone- tunnus
				Juni 2019						
Rakennus / laitos Risma kivi- ja puu- ja metalliteollisuus Tampere										
Huoneella / mittauspaikka Krs. / piir. n:o	Suunn. q <sub>v</sub> (l/s)	Mittauslaitte tai Ventililyyppi	Asetus, avaus	Mittattu arvo A <sub>pm</sub> (Pa)	Todettu q <sub>v</sub> (l/s)	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Tuolima Pöytäma	Lpa dB(A)	Kone- tunnus
G,7/1		DYLC 160	10	10	55					
G,7/2		DYLC 160		6	41					
G,7/3		DYLC 160		5	40					
G,7/4		WSO 200	10	43	33					
G,7/5		WSO 200	10	42	32					
G,7/6		WSO 200	10	37	31					
G,7/7		WSO 200	10	33	29					
G,8/8		WSO 200	10	33	29					
Käytetyt mittauslaitteet: TSI DP-CALC 5825										
Säätöolosuhteet: +14 °C										