

# TUTKIMUSRAPORTTI

## Sisäilmatutkimus

Illempihan päiväkoti  
Illempiha 6  
01520 Vantaa

Työ nro T13059

Kotka 6.11.2013

Insinööri Studio Oy

## SISÄLLYSLUETTELO

1	TUTKIMUKSEN PERUSTIEDOT.....	2
2	KOHTIEN PERUSTIEDOT JA TAUSTAT.....	3
3	KÄYTETYT MITTA- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET.....	4
	3.1 Yleistä .....	4
	3.2 Ilmanvaihdon toiminta ja ilmamäärien mittaus .....	4
	3.3 Kuidut ja pölyt sisäilmassa .....	4
	3.4 Painesuhteiden, hiilidioksidipitoisuuden, suhteellisen kosteuden ja lämpötilan seuranta .....	4
	3.5 Kosteuskartoitus .....	5
	3.6 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC).....	5
4	HAVAINNOT, JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPITEET RAKENNUSOSITTAIN6	
	4.1 Alapohja.....	6
	4.1.1 Rakennetyypit .....	6
	4.1.2 Havainnot ja johtopäätökset ryömintätilan olosuhteet.....	7
	4.1.3 Toimenpide-ehdotukset ryömintätilan osalta.....	7
	4.2 Ulkoseinät .....	8
	4.2.1 Rakennetyypit rakennepiirustusten perusteella .....	8
	4.2.2 Johtopäätökset .....	9
	4.3 Yläpohja.....	10
	4.3.1 Rakennetyypit .....	10
	4.3.2 Havainnot ja johtopäätökset.....	10
	4.3.3 Toimenpide-ehdotukset .....	11
	4.4 Välipohja .....	11
	4.4.1 Rakennetyypit .....	11
	4.4.2 Havainnot ja johtopäätökset.....	11
	4.5 Väliseinät .....	11
	4.5.1 Rakennetyypit .....	11
	4.5.2 Havainnot ja johtopäätökset.....	11
	4.6 Ikkunat .....	11
	4.6.1 Havainnot ja johtopäätökset.....	12
	4.7 Kosteuskartoitus .....	12
	4.8 VOC-yhdisteet.....	12
	4.8.1 Mittaustulokset ja havainnot.....	12
	4.8.2 Johtopäätökset .....	12
	4.8.3 Toimenpide-ehdotukset .....	13
	4.9 Ilmanvaihdon toiminta ja olosuhdeseuranta .....	14
	4.9.1 Havainnot ja johtopäätökset ilmanvaihtokoneet ja IV-kanavisto14	
	4.9.2 Havainnot ja johtopäätökset IV-kanaviston puhtaus .....	15
	4.9.3 Toimenpide-ehdotukset .....	16
	4.9.4 Havainnot ja johtopäätökset huonetilojen ilmavirrat ja olosuhteet 16	
	4.10 Sisäilman pölyt ja teolliset mineraalikuidut .....	18
	4.10.1 Havainnot teolliset mineraalikuidut .....	18
	4.10.2 Havainnot tasopintojen pölykertymä .....	19
	4.10.3 Johtopäätökset teolliset mineraalivillakuidut ja sisätilojen pölyt 19	
	4.10.4 Toimenpide-ehdotukset kuidut ja pölyt.....	19
5	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET .....	20
6	LIITTEET .....	21

## **1 TUTKIMUKSEN PERUSTIEDOT**

### **Tutkimusajankohta**

Tutkimukset suoritettiin kohteessa syyskuun 2013 aikana.  
Paine-eron ja olosuhteiden seurantamittaukset 4.-11.9.2013

### **Tutkijat**

Antti Ahola  
Antti Laakso  
Erik Halsas

### **Tutkimuksen tilaaja**

Ulla Lignell  
Sisäympäristöasiantuntija  
Vantaan kaupunki

### **Yhteyshenkilö kohteessa**

Päiväkodin johtaja Sari Eskola

### **Tutkimuksen kuvaus**

Rakennuksessa suoritettiin tutkimuksia kohdistettuna tilaajan ilmoittamiin huonetiloihin. Lisäksi rakennus- ja ilmanvaihtotekniikan osalta rakennusta tarkasteltiin kokonaisuutena.

## 2 KOHTEEN PERUSTIEDOT JA TAUSTAT

### **Kohde ja osoite**

Illenpihan päiväkoti, Illenpiha 6, 01520 Vantaa.

### **Rakennuksen omistaja**

Vantaan kaupunki.

### **Rakennuksen käyttötarkoitus**

Päiväkoti.

### **Kunnossapitovastuu**

Vantaan kaupunki.

### **Rakentamisvuosi**

2002

### **Kerrosluku**

Rakennus on pääasiassa yksikerroksinen.

### **Pääasiallinen runkomateriaali**

Puurunko.

### **Perustamistapa**

Rakennus on anturaperusteinen, jossa koneellisesti tuuletettu ryömintätällinen alapohja.

### **Kuvaus lvi-järjestelmistä**

Rakennuksissa on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto.

### **Saadut tiedot**

Työntekijöillä on osassa tiloja esiintynyt oireilua, joka viittaavat puutteelliseen sisäilman laatuun.

### **Muut tutkimukset ja kartoitukset**

- ei aiempia tutkimuksia

### **Piirustukset**

Vantaan kaupungilta saatiin tutkimuksia varten seuraavat piirustukset:

- Pohjapiirustukset
- Leikkauspiirros
- LVI-piirustukset
- Asema- ja salaojapiirustukset

### **3 KÄYTETYT MITTA- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET**

#### **3.1 Yleistä**

Tilojen ja rakenteiden kuntoa sekä sisäilman laatua arvioitiin aistinvaraisesti paikan päällä. Rakenteiden riskejä ja kosteusteknistä toimivuutta arvioitiin perustuen rakennetyyppien ominaisuuksiin. Sisäilman laatua tutkittiin VOC-, olosuhde- (RH, LT & CO<sub>2</sub>) ja kuitumittauksin sekä arvioiden pölykertymää.

Ilmanvaihdon toimintaa arvioitiin aistinvaraisesti ja hetkellisin sekä seurantamittauksin.

Tässä raportissa terveyshaitalla tarkoitetaan terveydensuojelulain 1§ mukaan ympäristöstä tai olosuhteista johtuvaa sairautta tai sairauden oiretta. Lain tarkoittamana terveyshaitana pidetään myös altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireiden ilmeneminen on mahdollista.

#### **3.2 Ilmanvaihdon toiminta ja ilmamäärien mittaus**

Ilmanvaihdon toimintaa selvitettiin tutustumalla IV-suunnitelmiin.

Ilmanvaihdon toimintaa tutkittiin tiloissa hetkellisin ilmavirtamittauksin sekä painesuhteiden seurantamittauksin. IV-koneiden kuntoa ja toimintaa arvioitiin aistinvaraisesti koneita avaamalla.

#### **3.3 Kuidut ja pölyt sisäilmassa**

Tutkimuksessa selvitettiin sisäilman mahdollisia kuitulähteitä sekä altistumista sisäilman kuiduille arvioitiin mittauksiin perustuen. Pölyn määrää tasopinnoilla ja poistoilmaventtiileissä sekä pölyn lähteitä arvioitiin aistinvaraisesti ja kokemukseen perustuen.

#### **3.4 Painesuhteiden, hiilidioksidipitoisuuden, suhteellisen kosteuden ja lämpötilan seuranta**

Rakennuksen painesuhteita tutkittiin pistokoeluonteisesti tutkimuskäynneillä. Paine-eron mittalaitteena käytettiin TSI Airflow PVM620 mikromanometriä. Pitkäkestoinen seurantamittaus tehtiin rakennuksen ilmanvaihdon tasapainon selvittämiseksi. Mittalaitteina käytettiin HK Instruments DPT paine-erolähettä ja TinyTag- loggereita. Lisäksi käytettiin TinyTag Ultra 2/+ suhteellisen kosteuden ja lämpötilan dataloggereita ulkoilman, sisäolosuhteiden ja alapohjan olosuhteiden selvittämiseksi. Hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaus huonetiloissa tehtiin Tinytag CO<sub>2</sub> dataloggereilla.

### **3.5 Kosteuskartoitus**

Tilojen ja rakennusosien kosteutta kartoitettiin pintakosteuden ilmaisimella (Tramex Moisture Encounter). Kartoituksessa tarkastettiin päiväkodin tilat, joissa suoritettiin VOC-mittauksia. Kartoitus tehtiin pistokoeluonteisesti n. neliön tarkkuudella.

Pintakosteusmittauksen lukemat ovat suhteellisia arvoja, eivätkä anna todellista tietoa rakenteen kosteudesta. Tulokseen vaikuttavat rakenteen pinnan epätasaisuus, kosteus, rakenteen sisällä oleva metalli sekä rakenteen epähomogeenisuus (erilaiset materiaalikerrokset). Kartoituksessa vihreällä merkityt alueet kuvaavat kuivimpia alueita ja punaisella merkityt kosteimpia. Keltaisella ja punaisella merkityt alueet lattiassa ovat todennäköisimmin normaalia kosteampia alueita.

### **3.6 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)**

Lattiapinnoitteiden kuntoa sekä mahdollista altistumista haihtuville orgaanisille yhdisteille tutkittiin keräämällä sisäilmanäytteet aktiivisesti Tenax-absorbenttiin. Näytteet analysoitiin Työterveyslaitoksella.

## 4 HAVAINNOT, JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPITEET RAKENNUSOSITTAIN

### 4.1 Alapohja

#### 4.1.1 Rakennetyypit

##### Kantava alapohja, yleisesti:

- linoleum matto
- tasoite 15 mm
- pintabetoni 100mm
- lämmöneriste solupolystyreeni 175mm
- ontelolaatta 265mm
- tuuletettu ryömintätila >800mm
- salaojasepeli 8-32mm
- suodatinkangas

##### Kantava alapohja, eteisaula:

- pintakäsittely
- tasoite 15 mm
- pintabetoni 100mm
- lämmöneriste solupolystyreeni 175mm
- ontelolaatta 265mm
- tuuletettu ryömintätila >800mm
- salaojasepeli 8-32mm
- suodatinkangas

##### Kantava alapohja, pesutilat, märkäeteiset, inva WC, siivouskomero:

- keraaminen laatta 20mm
- vesieristys; sivelyeristys+ lasikuitukangas+ sivelyeristys
- pintabetoni, kallistettu 100mm
- lämmöneriste solupolystyreeni 150mm
- ontelolaatta 265mm
- tuuletettu ryömintätila >800mm
- salaojasepeli 8-32mm
- suodatinkangas

##### VSS lattia:

- pintakäsittely
- tasausbetoni 70 mm
- teräsbetonilaatta 200mm
- sitkeä suojapaperi
- lämmöneriste solupolystyreeni R 100mm
- tiivistetty sora >200mm
- suodatinkangas

#### 4.1.2 Havainnot ja johtopäätökset ryömintätilan olosuhteet

Ryömintätilan olosuhteet olivat seurantajaksolla osassa ryömintätilaa lähellä vesihöyryn kyllästystilaa ja osassa kyllästystilassa kosteuden kondensoituessa alapohjan betonilaattaan sekä sepelitäyttöön (liite 1, valokuvat). Ryömintätilan olosuhteiden seurantatulokset on esitetty liitteessä 3. Keskimääräinen kosteuslisä ryömintätilassa on hieman alle  $3 \text{ g/m}^3$ , jolla ryömintätilan ilma saavuttaa kyllästystilan. Ryömintätilan lämpötila on seurantajaksolla hyvin tasainen pysytellen  $15 \text{ ..}16 \text{ }^\circ\text{C}$  välillä. Ryömintätilan puutteellisen tuuletuksen takia on mahdollista, että olosuhteet ovat kesä- ja syysaikana suotuisat mikrobikasvun kannalta. Salaojitus on suunnitelmien mukaan noin metrin sepelitäytön pinnan alapuolella.

Ryömintätilan paine-eroa seurattiin ulkoilmaan nähden. Ryömintätilan ja ulkoilman välisen paine-eron keskiarvo oli  $0 \text{ Pa}$  ja koko mittausjakson hyvin tasainen. Siten rakennuksen ollessa esimerkiksi  $5 \text{ Pa}$  alipaineinen ulkoseinä rakenteen yli, valitsee vastaava alipaineisuus alapohjarakenteen yli ilman virtaussuunnan ollessa ryömintätilasta sisätilaan. On mahdollista, että alapohjarakenteiden epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan heikentäen sisäilman laatua ja voivat aiheuttaa rakennuksen käyttäjillä ärsytysoireita. Tällä perusteella rakennuksen alapohjan läpivientien tiivistäminen on tarpeen.

Ryömintätilan ilmavirrat ovat havaintojen perusteella pienehköt. Suunnitellusta korvausilmareitistä (iiris-säädin lämmönjakohuoneessa, liite 1, valokuvat) ei merkisavukokeella havaittu lainkaan ilman virtausta ryömintätilaan. Ryömintätilaan on myös putkitettu korvausilmaa sokkelirakenteen läpi eri puolilta rakennusta muutamiin kohtiin. Poistopuhaltimen suunnitteluvirtaama on  $-50 / -100 \text{ l/s}$ . Saadun tiedon mukaan puhallin PF01 on hitaalla nopeudella. Poistoilmavirta  $-50 \text{ l/s}$  johtaa ryömintätilassa karkeasti laskien ilmanvaihtuvuuteen  $0,25 \text{ 1/h}$ . Vastaavasti suuri nopeus ( $-100 \text{ l/s}$ ) vastaisi karkeasti  $0,5 \text{ 1/h}$  ilmanvaihtuvuutta.

##### Muut havainnot ryömintätila

Viemäriputkiston kannakointi on virheellinen. Kokemukseen perustuen voidaan viemäriputkiston liitoksien irtoamisen olevan varsin mahdollista kiinteiden kannakointipisteiden ollessa näin kaukana viemäriputken pystyosan ja mutkan liitoksesta ja vaakasuorien osien kiinteän liitospisteen puuttuessa. (liite 1, valokuvat). Viemärien liitosten irtoamisen huomaaminen voi viedä pitkään ja aiheuttaa merkittävän haittatekijän rakennuksen sisäilman kannalta. Kannakointi tulee korjata siten että viemäriputkiston osien irtoaminen estetään.

#### 4.1.3 Toimenpide-ehdotukset ryömintätilan osalta

##### Nopeasti toteutettavissa olevat toimenpiteet

Ryömintätilan poistopuhallin suositellaan asettamaan suurelle nopeudelle (suunnitteluarvo  $-100 \text{ l/s}$ ). Pakkaskaudella suositellaan seuraamaan



ryömintätilan lämpöolosuhteita ja tarvittaessa viemärien jäätyksen estämiseksi pienentämään poistoilmavirtaa. Osa ryömintätilan korvausilmasta otetaan lämmönjakohuoneen kautta, jolloin suuremman poistoilmavirran vaikutus ryömintätilaa viilentävänä tekijänä on vähäinen. Ryömintätilan alipaineiseksi saattaminen edellyttää ryömintätilan korvausilmareittien hallittua kuristamista. Tiivistämällä viemäriä läpiviennit saadaan ryömintätilan ilmavuotoreitit sisätiloihin minimoitua.

Viemäreiden kannakointi tulee korjata muoviviemäreiden valmistajien ohjeiden mukaiseksi.

Alapohjan läpiviennit ja ontelolaattojen/palkkien rajapinnat suositellaan tiivistettäväksi, esimerkiksi polyuretaanivaahdolla ja -levyillä.

#### Suunnittelua vaativat toimenpiteet

Tutkimuksen perusteella alapohjarakenteen kosteusvaurioita ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä suositellaan maapohjan lämmöneristämistä maapohjan kosteustuoton vähentämiseksi. Esimerkkiratkaisuna toimii maapohjan päälle asennettava suodatinkangas sekä 200- 300 mm paksu kevytsorakerros. Suunnittelussa on huomioitava ryömintätilalle asetetut korkeusvaatimukset sekä ilmanvaihdon tarve ja painesuhde yläpuoliseen tilaan nähden.

## **4.2 Ulkoseinät**

### 4.2.1 Rakennetyypit rakennepiirustusten perusteella

Ulkoseinärakenteet ulkoa sisään lukien on seuraava:

#### Ulkoseinä (US 1)

- peiterima	22mm
- puuverhous	22mm
- tuuletusväli, vaakakoolaus	22x100 k600
- tuuletusväli, pystykoolaus	22x100 k600
- runkoleijona	25mm
- pystyrunko/min. villa	150x50 k600
- höyrynsulku	0,2mm
- vaakakoolaus/min villa	50x50 / 50mm k600
- gyproc EK kipsilevy	13mm

Seinärungon alasidepuu kestopuuta, jonka alla bitumihuopakaista

Suihkuhuoneiden seinissä ei höyrynsulkumuovia

#### Ulkoseinä (US 2)

- peiterima	22mm
- puuverhous	22mm

- tuuletusväli, vaakakoolaus	22x100 k600
- tuuletusväli, pystykoolaus	22x100 k600
- runkoleijona	25mm
- pystyrunko/min. villa	150x50 k600
- höyrynsulku	0,2mm
- vaakakoolaus/min villa	50x50 k600
- muurausvara	15mm
- tilimuuraus	85mm

Seinärungon alasidepuu kestopuuta

Suihkuhuoneiden seinissä ei höyrynsulkumuovia

#### VSS:n ulkoseinä (US3)

- pintakäsittely	
- puuverhous	22mm
- tuuletusväli, vaakakoolaus	22x100 k600
- tuuletusväli, pystykoolaus	22x100 k600
- runkoleijona	25mm
- pystyrunko/min. villa	150mm (125x50 / 150mm k600)
- VSS: seinä	400mm

#### Keittiön ulkoseinä (US4)

- pintakäsittely	
- peiterima	22mm
- puuverhous	22mm
- tuuletusväli, vaakakoolaus	22x100 k600
- tuuletusväli, pystykoolaus	22x100 k600
- runkoleijona	25mm
- pystyrunko/min. villa	150mm (125x50 / 150mm k600)
- teräsbetoniseinä	160mm

Ulkoseinärakenteet ovat suunnitelmien mukaisia. Rakenteisiin ei tehty rakenneavauksia.

#### 4.2.2 Johtopäätökset

Ulkoseinärakenteet ovat suunnitelmien mukaisia. Silmämääräisessä tarkastelussa ulkoseinissä ei havaittu vaurion jälkiä, eivätkä rakenteet sisällä ns. riskirakenteita, joten tutkimuksessa ei katsottu tarpeelliseksi tehdä rakenneavauksia.

Lämmityskaudella on mahdollista tutkia rakenteiden tiiveyttä lämpökamerakuvauksella ja arvioida näin mahdollisia virheitä rakenteissa.

## 4.3 Yläpohja

### 4.3.1 Rakennetyypit

Rakennuksessa on tiilikate. Yläpohja on tuulettuva. Sisätilojen yläpohja on eristetty, ja sisäverhouksena on kipsilevy. Yläpohjarakenteessa ei havaittu viitteitä kosteusvaurioista lukuun ottamatta kattoikkunoiden ympäryksiä, joissa on henkilöstön kertoman mukaan esiintynyt paikallisia kosteusvaurioita, joten rakenteesta ei otettu mikrobinäytteitä.

#### Yläpohja (YP1)

- tiilikate	
- ruoteet	50x50
- korotusrimat	22x100 k900
- tuuletusväli/ koolaus	150x50 k900
- huokoinen kuitulevy	25mm
- palkit/ min. villa	225x50 k600/ 100+125mm
- höyrynsulku	0,2mm
- koolaus/ min. villa	50x50 k600 / 50mm
- koolaus	22x100 k300
- sisäverhouslevy	20mm

#### VSS:n katto (YP2)

- tiilikate	
- ruoteet	50x50
- korotusrimat	22x100 k900
- kumibitumikermikate	
- raakaponttilauta	23x95
- tuuletusväli / koolaus	125x50 k900
- polyuretaani/ koolaus	50+70mm / 75x50 k900
- höyrynsulku	0,2mm
- teräsbetonilaatta	400mm

### 4.3.2 Havainnot ja johtopäätökset

Vesikaton rivipellityksissä havaittiin teipillä paikkauksia.

Rakennuksen yläpohjarakenteissa voi mahdollisesti esiintyä pieniä kosteusvaurioita piippujen ja kattoikkunoiden ympäristössä. Vaurioiden vaikutus sisäilman laatuun on kuitenkin todennäköisesti vähäistä.

Yläpohjarakenteissa mahdollisesti olevien kosteusvaurioiden vaikutus sisäilman laatuun on vähäisempää kuin ulkoseinä-, kellariseinä-, sokkeli- ja alapohjarakenteiden vaurioiden vaikutus.

#### 4.3.3 Toimenpide-ehdotukset

Peltikatteen korjaukset on suositeltavaa tehdä siihen soveltuvalla korjausmassalla.

Suosittelavaa on tarkistaa rakennuksen yläpohjarakenteen kunto piippujen ja kattoikkunoiden ympäristöstä sateen aikana ja tehdä tarvittavat korjaustoimenpiteet.

Seuraavan valaisimien vaihdon yhteydessä on suositeltavaa tarkastaa aulojen korkeiden kattojen / yläpohjan vuotokohtat.

### 4.4 Välipohja

#### 4.4.1 Rakennetyypit

##### IV-konehuoneen lattia (VP2)

- Pintamateriaali
- Pintabetonilaatta 50-80mm
- Teräsbetonilaatta 220mm

#### 4.4.2 Havainnot ja johtopäätökset

Keittiön alakaton yläpuolella (IVKH:n lattiassa) havaittiin tiivistämättömiä kanavien läpivientejä sekä käyttämättömiä villalla suljettuja läpivientejä (liite 1, valokuvat).

Avoimet ja tiivistämättömät välipohjan läpiviennit tulee tiivistää paloeristys määräysten vaatimalle tasolle.

### 4.5 Väliseinät

#### 4.5.1 Rakennetyypit

Väliseinät ovat kalkkihiekkakiviseiniä ja kevyitä, villalla eristettyjä kipsilevyllä pinnoitettuja seinä.

#### 4.5.2 Havainnot ja johtopäätökset

Väliseinissä ei havaittu tässä tutkimuksessa tekijöitä, jotka vaikuttaisivat sisäilman laatuun heikentävästi.

### 4.6 Ikkunat

Ikkunat ovat tehdasmaalattuja, kolminkertaisia sisään aukeavia puu MSE-ikkunoita, ikkunoiden dB-luokka on 30.

Karmit, puitteet ja listat ovat puuta, ulkopuitteen vesilista polttomaalattua alumiinia, karmin syvyys on 130 mm.

#### 4.6.1 Havainnot ja johtopäätökset

Työhuoneen 138 vasemmanpuoleisen ikkunan ulkopuitteen havaittiin sateella vuotavan vettä lasitusten väliin. Ikkunan ulkopuitteen tiivisteet tulee tarkastaa ja korjata.

#### 4.7 Kosteuskartoitus

Kosteuskartoitus on lattian pinnalta tapahtuvaa rakenteen kosteuden mittaamista. Kosteuskartoitus tehtiin kosteudenilmaisimella Tramex Moisture Encounter.

Kosteuskartoitus tehtiin tilojen 108 ja 109 lattiapinnoilta satunnaisin mittauksin. Kartoituksessa ei havaittu kosteuspoikkeamia.

#### 4.8 VOC-yhdisteet

##### 4.8.1 Mittaustulokset ja havainnot

VOC- analyysivastaukset liitteenä 5.

VOC-mittaukset suoritettiin ryhmähuoneessa 108 sekä lepohuoneessa 109. Analyysien tulokset on esitetty liitteessä 3. Nyt tehdyissä VOC-analyyseissä ei keräysmenetelmästä johtuen (Tenax-absorbentti) havaita mahdollista formaldehydin ja muiden lyhytketjuisten aldehydien esiintymistä huoneilmassa.

##### Ryhmähuone 108

Ilmanäytteen TVOC-pitoisuus oli  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pääkomponenttina esiintyi etikkahappo ( $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mahdollisia etikkahapon päästölähteitä ovat mm. linoleum, liimat, tiivistemassat.

##### Leikki- ja lepohuone 109

Ilmanäytteen TVOC-pitoisuus oli  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pääkomponentteina esiintyivät hapot, mm. etikkahappo ja heksaanihappo, joita löytyy mm. linoleum pinnoitteista.

##### 4.8.2 Johtopäätökset

Tutkituissa tiloissa on lattiapinnoitteena käytetty linoleumpäällystettä. Linoleumpäällyste on usein vaikea erottaa muovipäällysteestä. Tämän takia on pinnoitteiden puhdistamisessa huolehdittava käytettävien puhdistusaineiden soveltuvuudesta kyseiselle lattiapinnoitteelle ja niukasta veden käytöstä.

Ryhmähuoneen 108 sekä leikki- ja lepohuoneen 109 sisäilmasta otettujen ilmanäytteiden tulokset ovat jonkin verran tavanomaisesta poikkeavia

happojen ja aldehydien osalta. Näytteiden tulokset ovat kuitenkin sisäilmastoluokitus 2000 mukaisesti parhaan sisäilmastoluokan S1 tasoa ( $TVOC < 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Näytteissä esiintyneet aldehydit, alkoholit ja hapot ovat heikko viite sekundääriemissioihin, jotka ovat materiaalissa esiintyvien aineiden hajoamista jonkin ulkopuolisen tekijän vaikutuksesta (lämpötila, kosteus). Liiallinen siivousveden käyttö tai rakennusaikainen kosteus voi vaurioittaa pinnoitetta. Liika kosteus voi myös aiheuttaa linoleumipäällysteessä mikrobikasvustoa. Mikäli lattiapinnoitteissa on alkanut hajoamisprosessi, se ei yleensä lakkaa vaikka lattiapinnoitteen alusta ajan saatossa kuivuisi.

Vaurioitumattomasta linoleumista voi syntyä emissioita sisäilmaan myös vanhenemisen seurauksena.

Näytteiden tuloksia arvioitaessa tulee huomioida, että yksittäiset mittaukset edustavat vain lyhyttä näytteenottohetkellä esiintyvää tilannetta kussakin näytteenotto paikassa. Tulosten perusteella ei voida yksiselitteisesti sulkea pois mahdollisuutta, että jossain toisessa tilassa tai toisena hetkenä pitoisuudet poikkeavat merkittävästikin mittaushetken tilanteesta. Mittauspisteiden valinnassa on huomioitu ongelmalliseksi tiedettyjä yksittäisiä tiloja.

#### 4.8.3 Toimenpide-ehdotukset

Ei korjaustoimenpiteitä.

Siivousmenetelmien tarkistaminen pesu/pyyhintäveden määrän ja puhdistuskemikaalien käytön osalta on suositeltavaa linoleum-pinnoitteisilla lattioilla. Veden käytön tulee olla niukkaa päällysteen kestävyysvarmistamiseksi.

## 4.9 Ilmanvaihdon toiminta ja olosuhdeseuranta

### 4.9.1 Havainnot ja johtopäätökset ilmanvaihtokoneet ja IV-kanavisto

Rakennus on varustettu koneellisella tulo-poisto – ilmanvaihdolla. Rakennuksen ja ilmanvaihdon rakentamisvuosi on 2002. Keittiöön tuloilma otetaan omalla sulkupellillä varustetulla haaralla ja poistoilmalle on erillinen puhallin PF2. Ilmanvaihto toimii pääosin hyvää sisäilman laatua ylläpitävänä. Ilmanvaihtojärjestelmässä havaittiin muutamia asioita, joiden korjaamisella voidaan edelleen parantaa sisäilman laatua.

Ilmanvaihtokoneen TK01 tuloilmajärjestelmä on toteutettu yksiportaisella F7-luokan suodatuksella. Suodatinkehys on tiivis. Suodatinkammiossa on havaittavissa vähäisiä vesijälkiä. Tuloilmapuolella myös LTO-kennosta alavirtaan on nähtävissä vähäisiä vesijälkiä. Muutoin ilmanvaihtokone on kokonaisuudessaan erittäin siisti ja hyväkuntoinen. Raitisilmäsäleikkö ja raitisilmakammio antaa kohtuullisen hyvän suojan ulkopuolista kosteutta vastaan. Suodattimelle pääsevä ylimääräinen kosteus voi kuitenkin aiheuttaa tunkkaisuutta sisäilmaan, koska IV-koneet ovat täysin seis yöaikaan ja viikonloppuisin.

Raitisilmäsäleikön seulaverkko on toteutettu liian pienellä, 10 mm silmäkoolla, jolloin verkon tietyissä sääolosuhteissa jäätyminen on mahdollista. Tämä voi johtaa rakennuksen alipaineisuuden kasvuun tuloilmavirtojen ollessa rajoitetut. Suositeltava silmäkoko on 18 mm. Tarkastettaessa seulaverkossa ei ollut ilman liikettä estäviä tukoksia kuten lehtiä tai havuja. Puita ei ole välittömässä läheisyydessä (liite1, valokuvat).

Lämmöntalteenotto on toteutettu ristivirtakennolla. Poistoilman suodatusaste ennen LTO-kennoa on riittävä karkeasuodatus, G3 ja suodatinten tiiveys hyvä. LTO-kenno on puhdas.

Puhallinkammion jälkeiset äänenvaimentimet on toteutettu reikäpellin alle asennetulla mineraalivillalla, jossa on sidontapinta. (liite1, valokuvat). Asennustyö vaikuttaa siistiltä. Piirustusten mukaan IV-kanavistossa ei ole erillisiä kanavaäänenvaimentimia tuloilmakanavistossa. Todennäköisesti IV-järjestelmän äänenvaimennusosat eivät vaikuta sisäilman kuitupitoisuuteen.

Taajuusmuuttajat ohjaavat tulo- ja poistopuhaltimia kanavapaineeseen perustuen pyrkien pitämään tulo- ja poistoilmavirrat vakiona suodattimien likaantumisasteesta riippumatta. Järjestelmä auttaa oikein toimiessaan pitämään yllä tulo- ja poistoilmavirtojen hyvää tasapainoa.

IV-järjestelmän käyntiajat ovat arkisin 05:00 – 18:00 täysi nopeus, muutoin erillispoistoja lukuun ottamatta ilmanvaihto on täysin seis. Erillispoistot on saadun tiedon mukaan lukittu nopealle käyntiasetukselle. Ryömintätilan poistopuhallin PF01 käyntiaika on epäselvä. Järjestelmästä saadun tiedon mukaan puhallin käy jatkuvasti hitaalla nopeudella, jonka suunnitteluarvo on -50 l/s poistoilmaa ryömintätilasta. Aikaohjelman mukaan puhallin on osan

aikaa seis ja osan aikaa nopealla käyntinopeudella. Puhaltimen Ilmavirtaa ei mitattu. Ryömintätilan olosuhteita ja tuuletuksen riittävyttä arvioidaan tarkemmin raportissa jäljempänä tilojen olosuhdeseurannan yhteydessä.

Sammutettaessa ja käynnistettäessä ilmanvaihtojärjestelmä kokonaisuudessaan havaittiin, että keittiön poistoilmapuhaltimen käynnistyessä rakennus on merkittävästi (-30..-50 Pa) alipaineinen hetkellisesti noin minuutin ajan. Todennäköinen syy on se, että keittiön poistoilmakone PF2 (-550 l/s) kiihtyy nopeasti täyteen pyörimisnopeuteensa ja vastaavasti tuloilmakoneen pellit avautuvat merkittävästi hitaammin. Voimakas hetkellinen alipaineisuus ei näy paine-ero seurannassa mutta voi aiheuttaa ilmavuotoja mineraalivillaeristeiden lävitse kuljettaen mineraalikuituja sisäilmaan. Tämä on mahdollinen syy sille, että teollisia mineraalikuituja havaittiin sisätiloissa suosituksia suurempia määriä (tulokset jäljempänä).

Tarkastettaessa järjestelmää havaittiin myös, että keittiön poistoilmapuhaltimen PF2 käyntiajat eivät täsmänneet tuloilmakoneen käyntiaikoihin. Tämä näkyy paine-ero – seurannassa (tulokset jäljempänä). Keittiön poistoilmakoneen käyntiajat muutettiin kiinteistönhoitajan kanssa vastaamaan tuloilmakoneen käyntiaikoja (paine-ero – seurannan loputtua). Liiallisen poistoilmavirran aiheuttama alipaineisuus on myös voinut toimia teollisia mineraalikuituja sisäilmaan kuljettavana tekijänä. Rakennuksen yläpohjan näkyvissä olevissa mineraalivillaeristeissä havaittiin ilmavuodon jälkiä (eristeen tummeneminen pölyn ja ulkoilman noen vaikutuksesta). Alakatot ovat pinnoitettua mineraalivillalevyä ja niiden ilmanpitävyys on reuna-alueilla heikko, joten mineraalivillakuitujen kulkeutuminen sisätiloihin alakattojen yläpuolelta on voimakkaan hetkellisen alipaineen vaikutuksesta mahdollista.

Keittiön yläpuolisen välipohjan paloeristysten suunnitelmienmukaisuus tulee tarkastaa. Keittiön poistoilmanvaihdolle on tehty ylimääräisiä läpivientejä, joiden tiivistys vaikuttaa puutteelliselta. Myös käytössä olevien läpivientien tiiveys ja poistokanavan paloeristys suositellaan tarkastamaan.

Piirustuksiin ei ole merkitty eikä kohteessa havaittu sulkupeltiä keittiön poistoilmakoneella. Ilmanvaihtokoneiden ollessa seis WC-tilojen erillispoistoja lukuun ottamatta keittiön poistoilmakanavan toimiminen korvausilmareittiä on mahdollista. IV-konehuoneen puolella keittiön poistoilmanvaihdon lämmön-/paloeristeissä havaittiin kosteusjälkiä, jotka voivat olla seurausta kondenssista poistokanavan pellin kylmään pintaan.

#### 4.9.2 Havainnot ja johtopäätökset IV-kanaviston puhtaus

Tutkimuksen kohteena olevien huonetilojen tulo- ja poistoilmaventtiilit olivat yli 4 metrin korkeudessa eikä kyseisiä säleikköjä voitu siten tarkastaa. IV-kanavisto kulkee alaslasketun levykaton yläpuolella pääosin noin 5 metrin korkeudessa. Riittävän edustavat näytteet ilmanvaihtokanaviston puhtaudelle saatiin tutkittujen huonetilojen yläpuolisesta ja viereisestä tuloilmakanavistosta. Ilmanvaihtokanavisto on visuaalisesti arvioiden hyvin



puhdas, pölykertymä selvästi alle P1 luokan puhdistusraja-arvon  $2,0 \text{ g/m}^2$ . Myös päätelaitteiden puhtaus on hyvää tasoa. Pölykertymän vähäisyys tuloilmakanavistossa osoittaa suodatinten olevan tiiviit. (liite1, valokuvat).

Poistoilmakanaviston pölykertymää ei tarkistettu kanaviston hankalan sijainnin takia. Poistoilmaventtiilit on sijoitettu yli neljän metrin korkeuteen huonetiloissa eivätkä ole ilman tornitelinettä tavoitettavissa. Silmämääräisesti ei havaittu pölyn kertymistä poistoilmaventtiileihin. (liite1, valokuvat)

#### 4.9.3 Toimenpide-ehdotukset

Raitisilmasäleikköjen seulaverkot suositellaan vaihtamaan 18 mm silmäkokoan verkon mahdollisen jäätyneen ja sitä seuraavan tuloilmavajeen sekä rakennuksen alipaineisuuden välttämiseksi.

Keittiön poistoilmakoneelle suunnitellaan ja rakennetaan moottoroitu sulkupelti, jolloin rakennukseen ei aiheuteta tarpeetonta alipaineisuutta puhaltimen käynnistyessä. Sulkupelti rajoittaa poistoilmavirtauksen kasvun samaan nopeuteen jolla tuloilmavirta kasvaa. Lisäksi toimenpiteellä estetään kylmän ulkoilman ilman virtaus sisätiloihin keittiön poistoilmakanavaa pitkin. Välittömästi hetkellistä alipaineisuutta voi pienentää siten, että keittiön poistoilmapuhallin asetetaan automaatiojärjestelmässä ensin hitaalle nopeudelle, esimerkiksi puolen tunnin ajaksi, jonka jälkeen nostetaan täydelle nopeudelle.

TK01 tulo-poistokoneen osalta suositellaan nopean käyttöajan ulkopuolella käyttämään konetta osanopeudella, esim. 25 % täydestä nopeudesta, jolloin estetään mikrobikasvu ja suodattimen tunkkaisuuden lisääntyminen ulkoa tulleeseen veden/lumen kostuttamalla suodattimella. IV-koneen käydessä osanopeudella erillispoistot suositellaan asettamaan myös osanopeudelle tarpeettoman alipaineisuuden välttämiseksi.

#### 4.9.4 Havainnot ja johtopäätökset huonetilojen ilmavirrat ja olosuhteet

##### Ilmavirrat

Huonetilojen ilmavirtoja ei mitattu venttiilien sijoituksen takia (yli 4m:n korkeudessa). Ilmanvaihdon riittävyys ja suunnitelmienmukaisuus arvioitiin kanavarungoista mitattujen ilmavirtojen ja suunnitelmien sekä CO<sub>2</sub>-pitoisuuden ja ilmanvaihdon tasapaino rakennuksen painesuhteen avulla.

Kanavarungoista mitattiin kaksi pistettä; poistoilma halkaisija 315 mm, suunnitteluvirtaama -415 l/s, mittausarvo -365 l/s, poikkeama -12 %. Tuloilmarunko halkaisija 400 mm, suunnitteluvirtaama +690 l/s, mitattu +690 l/s.

IV-koneen tarkistuksen ja mitattujen runkokanavien havaintojen perusteella ovat ilmavirtaamat kokonaisuudessa suunnitteluarvojen luokkaa. Sisäilman laatu oli aistinvaraisesti arvioiden hyvä. Seuraavassa arvioidaan tutkittujen tilojen ryhmähuone 108 ja lepohuone 109 ilmavirtojen riittävyttä

hiilidioksidimittauksen perusteella. Tulokset on koottu seuraavan sivun taulukkoon 1.

Hiilidioksidipitoisuus ei nouse tutkituissa tiloissa yli 1050 ppm. Mittausten perusteella ilmanvaihdon riittävyys on kohtuullisen hyvää tasoa, ilmanvaihdon nykymääräysten mukaisen tason johtaessa suurempaan hiilidioksidipitoisuuteen 1200 ppm. Suunnitelmien mukaiset ilmavirrat ovat ryhmähuoneessa  $108 \pm 70$  l/s ja lepohuoneessa  $109 \pm 60$  l/s. Havaintojen perusteella ilmavirrat ovat hyväksyttävissä rajoissa suunnitelmien mukaiset. Ikkunatuuletuksella voidaan tehostaa hetkellisesti ilman vaihtuvuutta tarpeen mukaan.

Taulukko 1: Olosuhdeseurannan keskiarvotulokset suhteellisen kosteuden, lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden sekä ulkovaipan yli mitatun paine-eron osalta.

4.9– 11.9.13		olosuhteet				painesuhde keskiarvo (Pa)
huonetila	RH keskiarvo (%)	tila LT keskiarvo (°C)	tuloilma LT keskiarvo (°C)	CO2 maksimi (ppm)		
lepohuone 109	55	21,0	22	1050	-1	
ryhmähuone 108	54	21,5	22	900	-1	
lepohuone 141	56	21,0	-	1000	-1	
ulkoilma	81	16				
ryömintätila	99	16			0	

### Sisäilman kosteuslisä

Tilakohtainen kosteuslisä laskettiin huoneilman ja tuloilman vesisisällön hetkellisten erotusten keskiarvona koko seurantajakson yli. Kosteuslisä on vähäinen, kaikkina mittaushetkinä alle  $1,5 \text{ g/m}^3$  sekä viikon keskiarvona laskettuna luokkaa  $0,2 \text{ g/m}^3$ . Arvo on mittaustarkkuuden alarajoilla. Ilmanvaihto, joka on vähimmillään  $6-8 \text{ dm}^3/\text{s}$  henkeä kohden, poistaa ihmisistä vapautuvan kosteuden erittäin tehokkaasti.

### Paine-ero -seuranta

Paine-ero – seurannan tulokset on esitetty liitteessä 2. Tuloksista havaitaan ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtojen olevan kohtuullisen hyvin tasapainossa painesuhteen ollessa välillä  $0..-5 \text{ Pa}$ . Päiväsaikaan painesuhde on lähellä  $0 \text{ Pa}$ . Rakennuksen vähäinen alipaineistuminen (alle  $-5 \text{ Pa}$ ) erillispoistojen vaikutuksesta johtua myös rakenteiden heikosta ilmanpitävyydestä.

Painesuhteiden epäsäännölliseen muutokseen vaikuttaa keittiön poistoilmapuhaltimen ohjauksen epäsäännöllinen käyntiaika. Käyntiaika muutettiin vastaamaan tuloilmapuhaltimen käyntiaikaa seurantajakson jälkeen.  $-5 \text{ Pa}$  alipaineisuus on vähäinen eikä todennäköisesti vaikuta

sisäilman laatuun merkittävästi, vaikka ilmavirtausta paikoitellen rakenteiden läpi tapahtuukin. Alapohjarakenteen läpi tapahtuvat vuotoilmavirtaukset tulee estää tiivistämällä alapohjan läpiviennit sekä pyrkimällä saattamaan ryömintätila alipaineiseksi sisätiloihin nähden.

Teollisia mineraalivillakuituja pienissä määrin sisäilmaan on mahdollisesti kuljettanut keittiön poistoilmapuhaltimen synnyttämä hetkellinen alipaine, mikä ei näy 10 minuutin välein tallennetuissa paine-eroissa (kuitutulokset jäljempänä).

Ulkolämpötila vaihteli tutkimusjaksolla +6 .. +24 °C välillä päivälämpötilojen vaihdellessa +20 asteen molemmin puoli. Sisätilojen lämpötilat ovat tavanomaisesti pysytelleet enimmän osan aikaa +20 .. +24 °C välillä tilojen ollessa käytössä.

#### 4.10 Sisäilman pölyt ja teolliset mineraalikuidut

Havaintojen perusteella sisäilman pölyisyys ei ole ongelmallinen kohtuullisen hyvän siivoustason ansiosta. Teollisia mineraalikuituja on mittausten perusteella hieman suositusarvoja enemmän.

##### 4.10.1 Havainnot teolliset mineraalikuidut

###### Mittaustulokset

Teollisten mineraalivillakuitujen esiintyminen kahden viikon aikana laskeutuneessa pölyssä on esitetty liitteessä 6. Ryhmähuoneessa 108 oli viite kuitujen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta kuitupitoisuuden ollessa 0,5 kuitua/cm<sup>2</sup>. Lepuhuoneessa 108 kuitupitoisuus oli heikosti koholla, 0,3 kuitua/cm<sup>2</sup>. Työterveyslaitoksen suositusarvo sisäilman kuitupitoisuuden ylärajaksi on 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>, mikä ylittyy hieman. Mittauspaikan tarkka sijainti vaikuttaa näytteen tulokseen merkittävästi.

Vertailun vuoksi kuitupitoisuus mitattiin myös tuloilmakanavasta (ryhmähuone 108 ullakko). Äänenvaimennusosien tutkimuksen perusteella tuloilmajärjestelmässä ei ole merkittäviä kuitulähteitä. Tuloilmakanavan pinnalta otetussa näytteessä esiintyi 0,6 kuitua/cm<sup>2</sup>. IV-kanavan pinnoilta otetuille (ts. erittäin harvoin siivotuilla pinnoilla) mineraalikuitumäärille ei ole virallisia raja-arvoja mittaustuloksen ollessa riippuvainen monesta eri tekijästä kuten rakentamistavasta, edellisestä puhdistusajankohdasta sekä mittauspaikasta. Kokemusperäisesti arvioiden yli 10 kuitua / cm<sup>2</sup> on tavallista korkeampi arvo. Näytteen tulos tukee havaintoja siitä, ettei IV-järjestelmä toimi olennaisena teollisten mineraalivillakuitujen lähteenä sisäilmaan.

###### Kuitulähteet

Mahdollisia kuitulähteitä sisäilmaan ovat alakattolevyjen yläpuoliset lämmöneristeet, joista teollisten mineraalivillakuitujen kulkeutuminen sisätilaan ilmavuotojen seurauksena on mahdollista höyrynsulkumuovien epätuiviyyskohdista.

#### 4.10.2 Havainnot tasopintojen pölykertymä

Kerättäessä geeliteippiin kahden viikon laskeutuneen pölyn kuidut arvioitiin myös laskeutuneen pölyn määrää puhdistetuilta laskeumalevyiltä. Pölyä kertyy huonetiloissa tavanomaisesti (liite1, valokuvat). Vertailun vuoksi kuvaliitteessä on Illenpuiston päiväkodin epätavanomaisen suuri pölyn kertymä kahden viikon aikana.

Kokonaisuudessaan pölyn kertymä lepohuoneiden sänkykaappien ylätasolle oli tavanomainen.

#### 4.10.3 Johtopäätökset teolliset mineraalivillakuidut ja sisätilojen pölyt

Sisäilmassa olevat teolliset mineraalivillakuidut voivat mahdollisesti jossakin määrin aiheuttaa ärsytysoireita.

#### 4.10.4 Toimenpide-ehdotukset kuidut ja pölyt

Kuitujen kulkeutumista sisätiloihin voi todennäköisesti vähentää keittiön poistopuhaltimen sulkupellin rakentamisella kuten edellä on kuvattu. Hyvällä siivouksella poistetaan tehokkaasti hiukkasmaisia epäpuhtauksia kuten mineraalivillakuituja.

## 5 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Rakenteet ovat suunnitelmien mukaan kosteusteknisesti toimivia. Rakenneavauksia ei nähty tarpeelliseksi tehdä. Rakennuksen ilmanpitävyyttä tarkastellessa todettiin ryömintätilasta mahdollisia ilmayhteyksiä sisäilmaan rakennuksen ollessa alipaineinen. Ryömintätilan kosteuden hallinta ja vaurioiden ennaltaehkäisy on suositeltavaa raportissa edellä kuvatuin toimenpitein. Ryömintätilassa kulkevien muoviviemäreiden liitosten irtoamisen riski on ilmeinen.

Lappeen suuntaisesti eristetty yläpohja on hyvin tuulettuva, joten kertaluontoiset vesikaton vuodot eivät todennäköisesti ole merkittäviä tekijöitä sisäilman kannalta. Vesikaton ja kattoikkunoiden tiiveys tulee varmistaa.

Tutkimuksien perusteella pölykertymä tiloissa on tavanomainen ja siivouksen taso hyvä. Teollisia mineraalikuituja havaittiin sisätiloissa hieman suosituksia suurempia määriä. Todennäköisenä lähteenä on ulkovaipan eristevillat, joiden kuitujen kulkeutuminen sisätiloihin alipaineisuuden vaikutuksesta ilmanvaihdon muutostilanteissa on mahdollista. Ilmanvaihtojärjestelmä ei havaintojen perusteella ole teollisten mineraalikuitujen lähde.

Siivouksella voidaan vaikuttaa merkittävästi sisäilman laatuun. Tyypillisesti huonepöly sisältäessä monista eri lähteistä peräisin olevia tekijöitä, kuten esimerkiksi kodeista ja ulkoilmasta kulkeutuneita allergeeneja ja hiukkasmaisia sekä kemiallisia tekijöitä kuten tekstiilikuituja, näiden lisäaineita sekä pesuainejäämiä.

Lattiapinnoitteena käytetty linoleum on VOC-mittausten perusteella emissioiltaan hieman poikkeava. Toisaalta aistinvaraisesti sisäilma oli erittäin hyvälaatuaista ja raikasta. Saatujen tietojen perusteella rakennuksessa koettu oireilu on yksittäisen henkilön kokemaa, jolloin ei ole syytä epäillä lattiapinnoitteella olevan merkittävää vaikutusta sisäilmaan.

Edellä raportissa esitettyjen ilmanvaihtoon liittyvien toimenpide-ehdotuksen toteuttaminen parantaa sisäilman laatua ja siten olosuhteiden terveellisyyttä. Hyvää siivoustasoa on hyödyllistä ylläpitää. Ryömintätilan olosuhteiden hallinta ja viemäroinnin kannakkeiden korjaaminen on osa kosteusvaurioita ja sisäilmasto-ongelmia ehkäisevää toimintaa.

Oy Insinööri Studio  
Rakentamisen palvelut

Petri Lönnblad  
RI, RTA H/Rakter. 003/04

Antti Laakso  
DI, tutkimusinsinööri

Antti Ahola  
RI, tutkimusinsinööri

## 6 LIITTEET

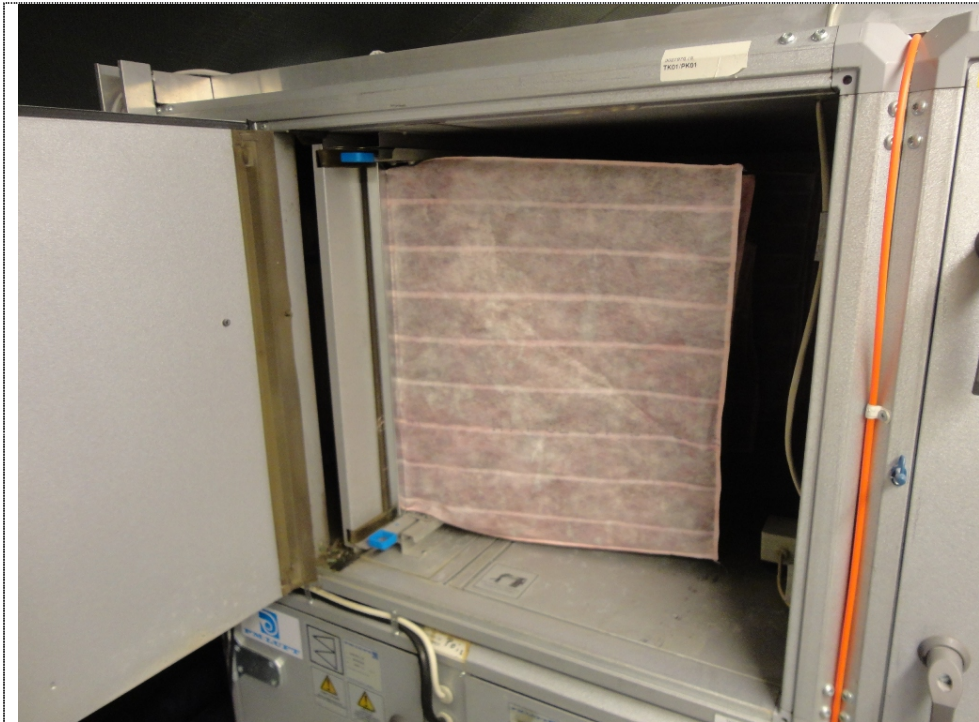
Liite 1	Valokuvat
Liite 2	Paine-ero – seuranta tilakohtaisesti
Liite 3	Olosuhdeseuranta lämpötila ja suhteellinen kosteus
Liite 4	Hiilidioksidipitoisuuden seuranta tilakohtaisesti
Liite 5	Analyysivastaus (232595) VOC-yhdisteet
Liite 6	Analyysivastaus (236129b) teolliset mineraalivillakuidut



Kuva 1: Alapohjan ontelolaattojen läpiviennit ovat tiivistämättä. On mahdollista että alapohjan epäpuhtaudet kulkeutuvat vuotoilmana sisäilmaan läpivientien kautta.



Kuva 2: Ilmanvaihtokonehuoneen välipohjan käyttämätön/tiivistämätön läpivienti. Välipohja on palo-osastoitu rakenne, joka ei tällaisena täytä sille asetettuja vaatimuksia.



Kuva 3: Tuloilman suodatinkammiossa on havaittavissa merkkejä ylimääräisen kosteuden pääsystä suodattimille.



Kuva 4: Raitisilmasäleikön seulaverkko on toteutettu liian pienellä, 10 mm silmäkoolla, jolloin verkon jäätyminen on mahdollista. Suositeltava silmäkoko on 18 mm.





Kuva 5: Puhallinkammion jälkeiset äänenvaimentimet on toteutettu hyvällä sidontapinnalla (reikäpellin alla) ja listoituksella. Kuitujen irtoaminen tuloilmavirtaan on epätodennäköistä.



Kuva 6: Tuloilmakanava käytävän 111 tuloilmalaitteelta nähtynä. Ilmanvaihtokanavisto on visuaalisesti arvioiden kohtuullisen puhdas, pölykertymä selvästi alle P1 luokan puhdistusraja-arvon  $2,0 \text{ g/m}^2$ .



Kuva 7: Tuloilman suutinosä käytävän 111 laitteella on erittäin puhdas. Myös tuloilmalaatikon puhtaus on hyvää tasoa. Laatikon äänenvaimennusmateriaali on polyesteripohjainen.



Kuva 8: Poistoilmaventtiilit lepohuoneen 109 katossa ovat puhtaat. Venttiilit on sijoitettu yli neljän metrin korkeuteen.



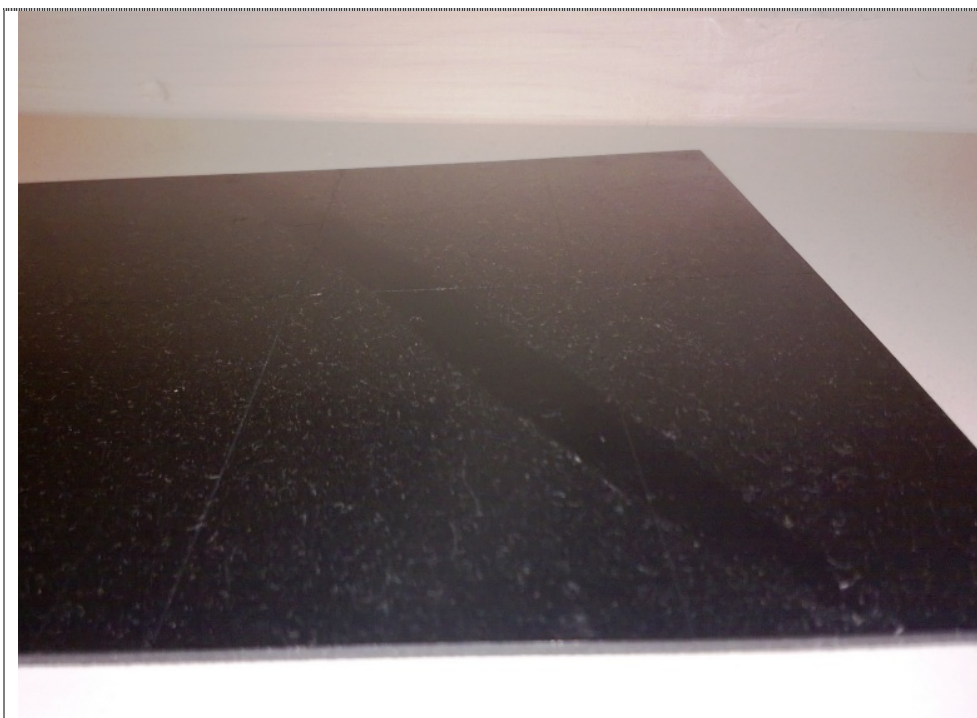
Kuva 9: Ryömintätöilan koneellisen poiston päädyssä kosteus kondensoituu metalliosiin, sepeliin sekä betoniholviin. Ilman suhteellinen kosteus on 100 % lähes koko mittausjaksolla.



Kuva 10: Viemäriputkiston kannakointi on virheellinen. Kokemuksesta tiedetään tällä tavoin kannakoitujen viemäreiden liitosten irronneen omia aikojaan. Kannakointi tulee korjata viemäri valmistajan ohjeiden mukaiseksi suunnitellun käyttöön saavuttamiseksi.



Kuva 11: Lämmönjakohuoneessa olevasta ryömintätilan korvausilmaventtiilistä ei merkksavulla havaittu ilmavirtausta ryömintätilaan.



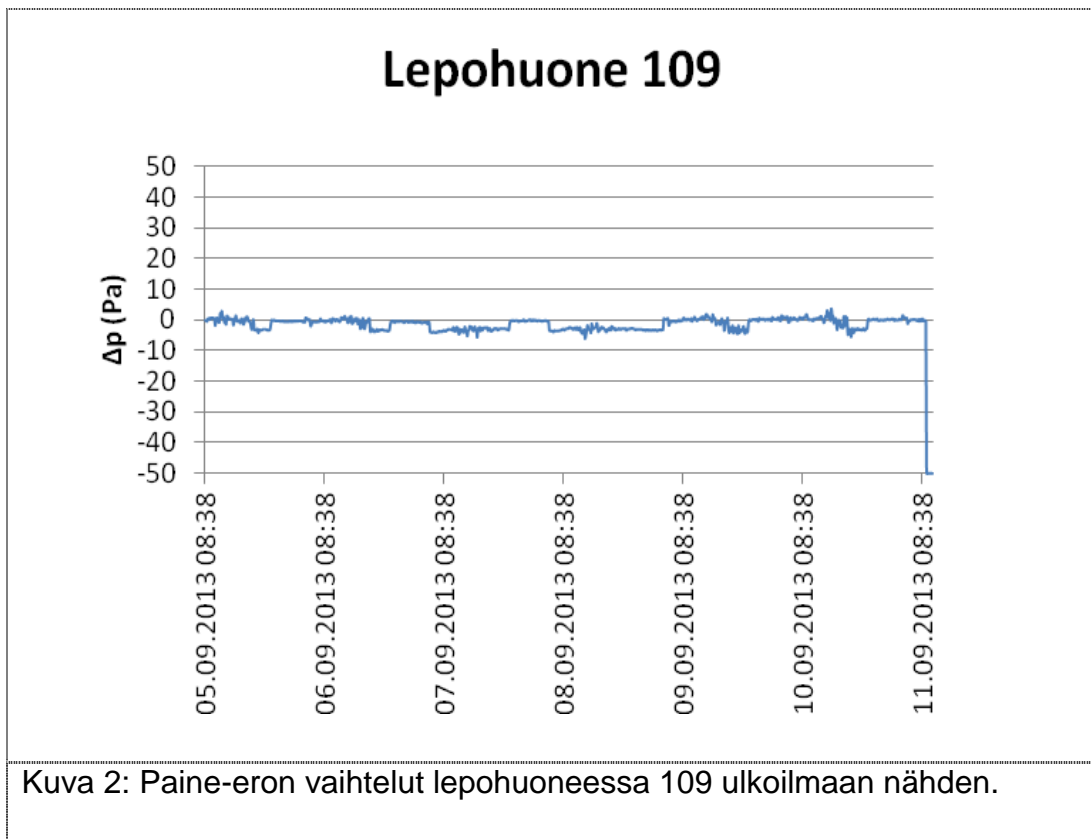
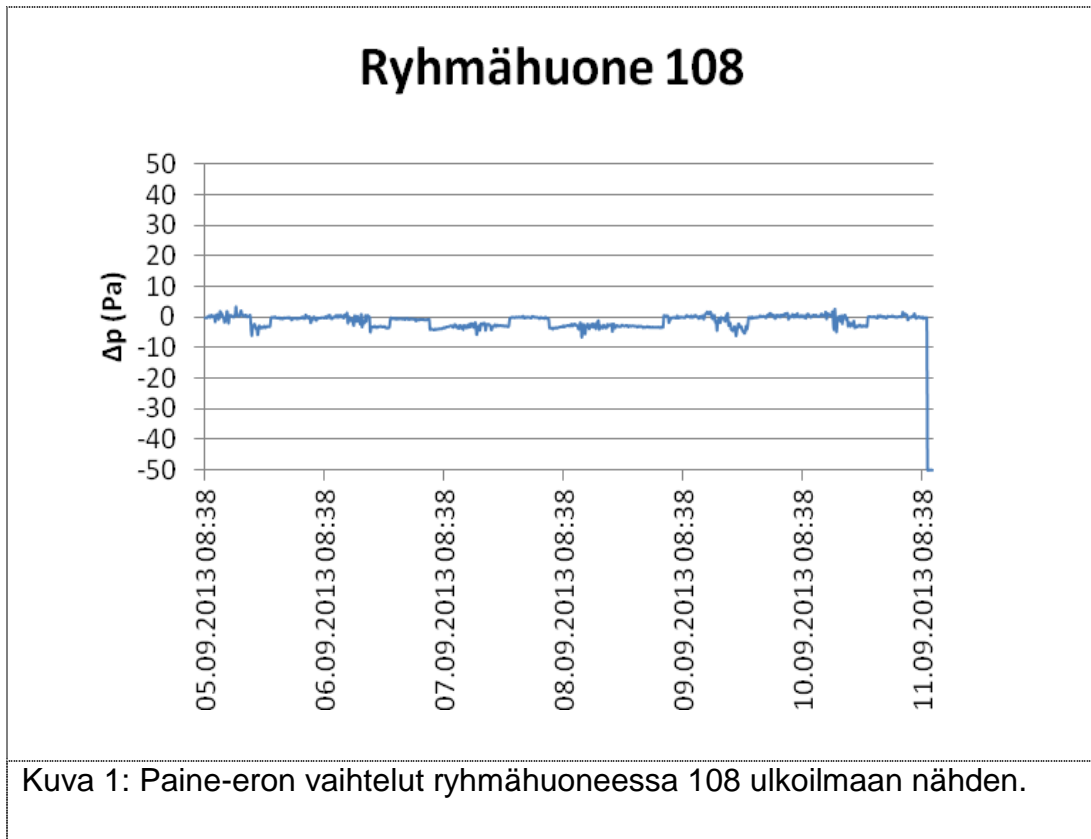
Kuva 12: Lepohuoneessa 109 kaapin päälle asetetulle 20 cm x 20 cm keräyslevylle kahden viikon aikana lasketunut pölykertymä on tavanomaista tasoa.

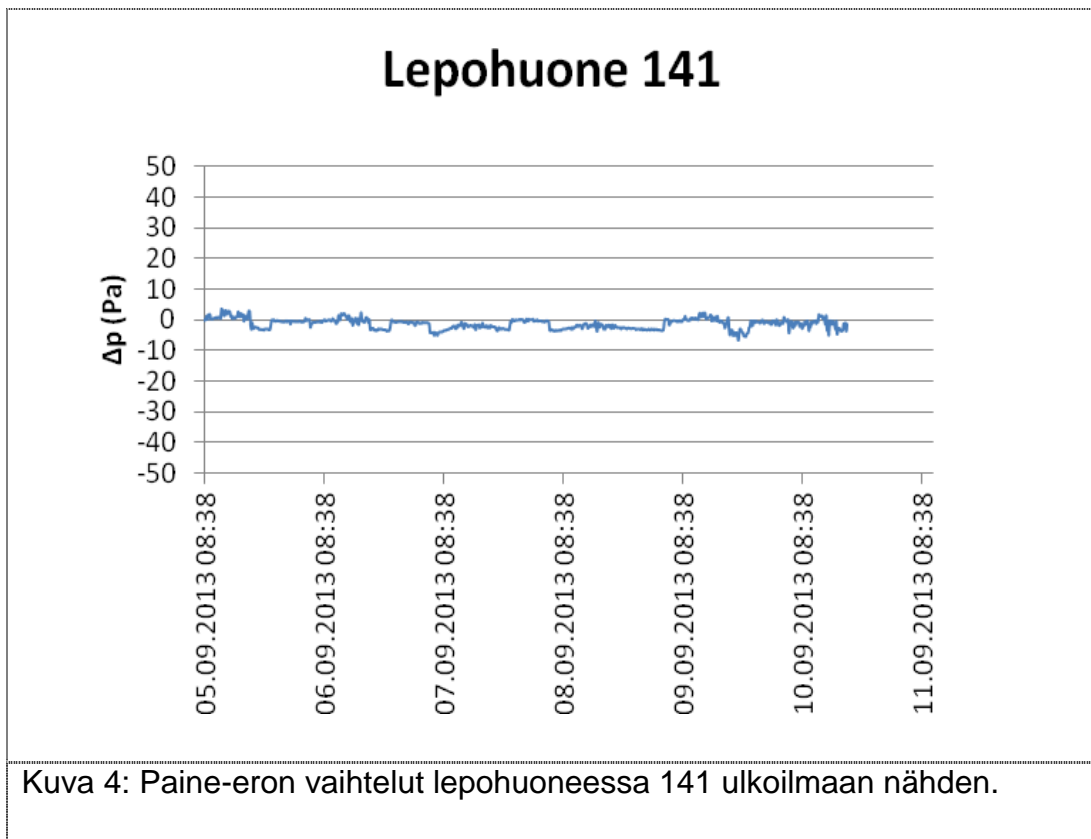
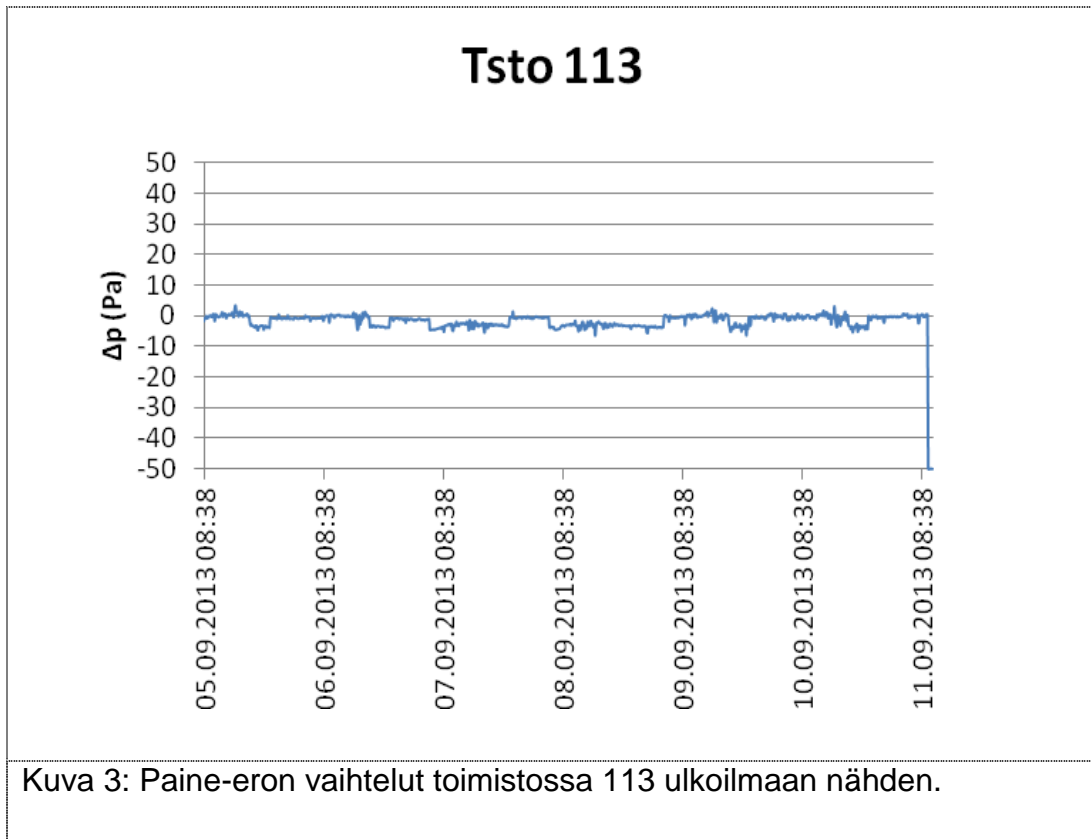


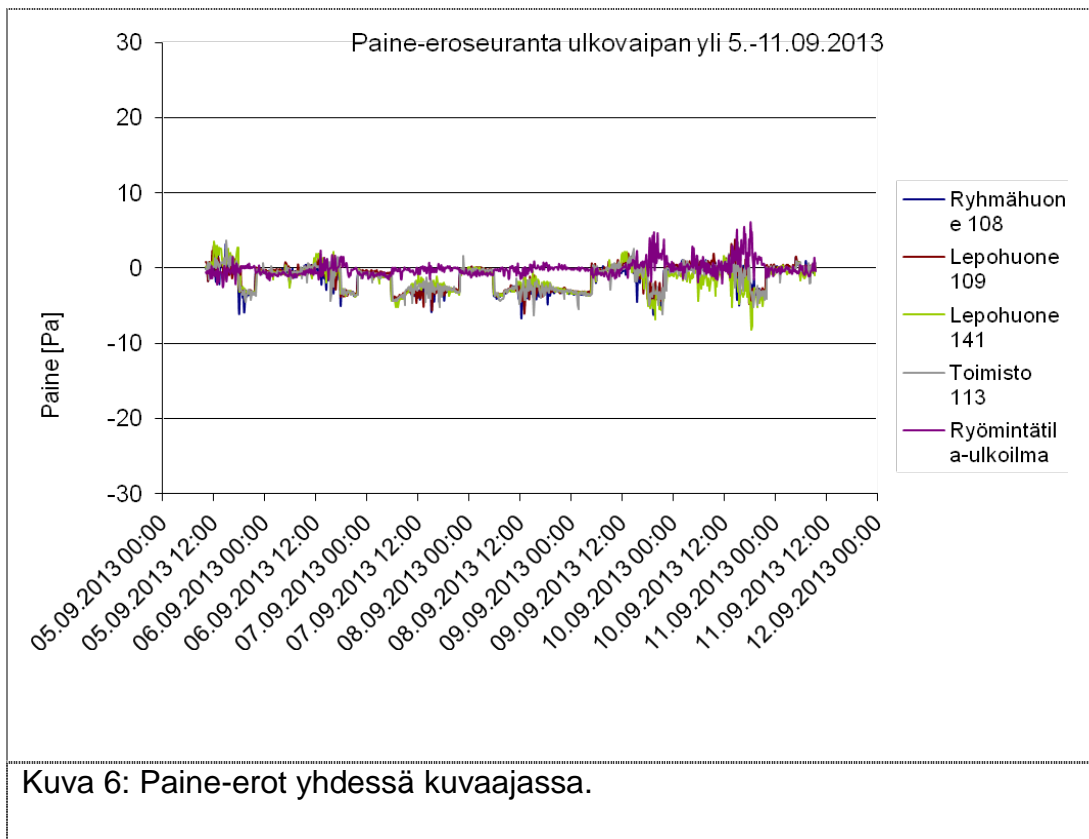
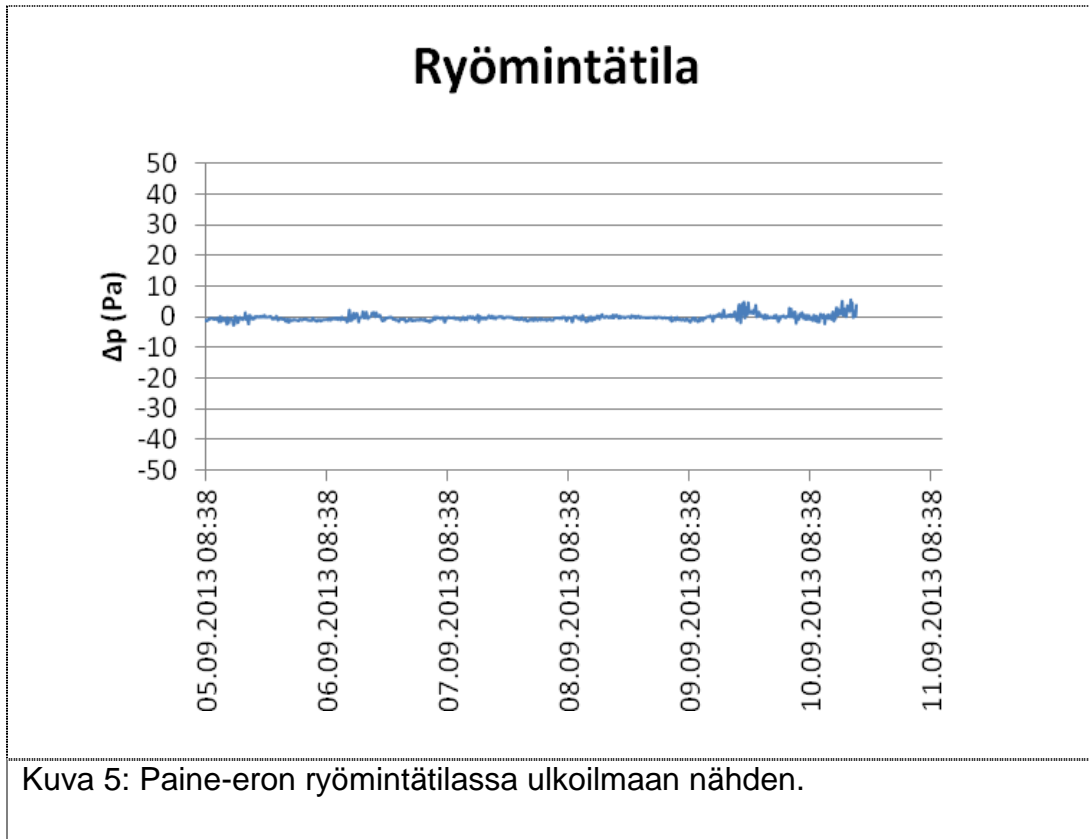
Kuva 13: Vertailukohtana viereisen Illenpuiston päiväkodin kaapin päälle asetetulle 20 cm x 20 cm keräyslevylle kahden viikon aikana laskeutuneen pölyn määrä. Silmämääräisesti arvioiden pölykertymä on moninkertainen Illenpihan laskeutuneen pölyn määrään.



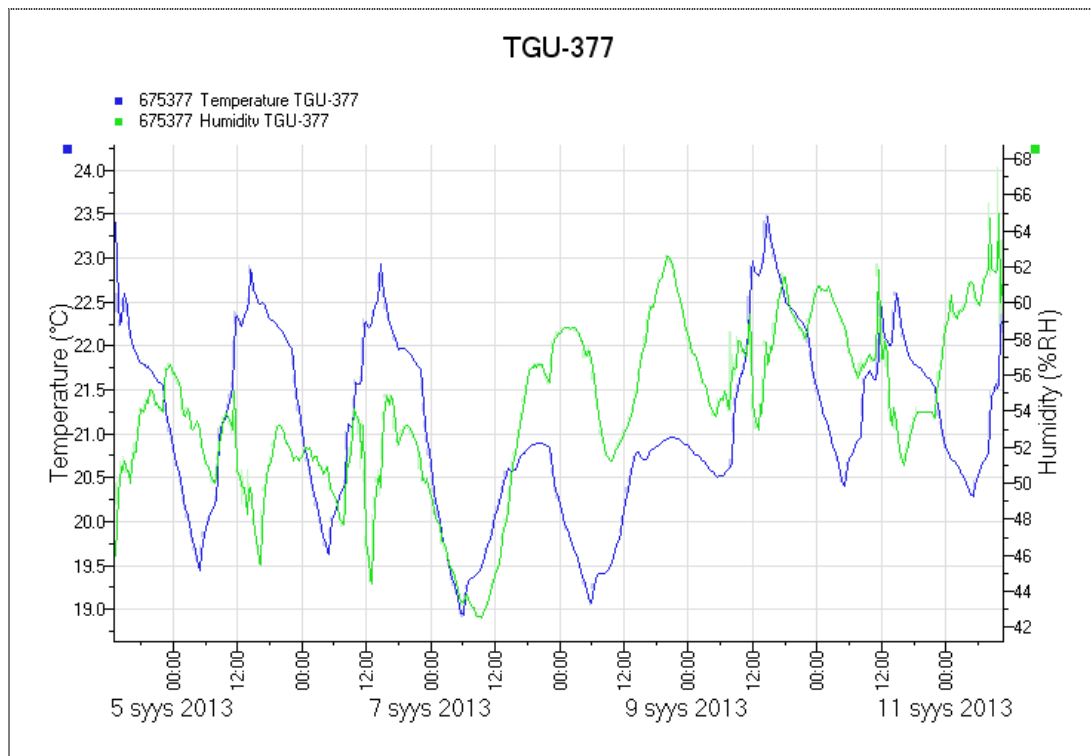
Kuva 14: Työhuoneen 138 vasemmanpuoleisen ikkunan ulkopuitteen havaittiin sateella vuotavan vettä sisä- ja ulkolasien väliin. Ikkunan ulkopuitteen tiivisteet tulee tarkastaa ja korjata.



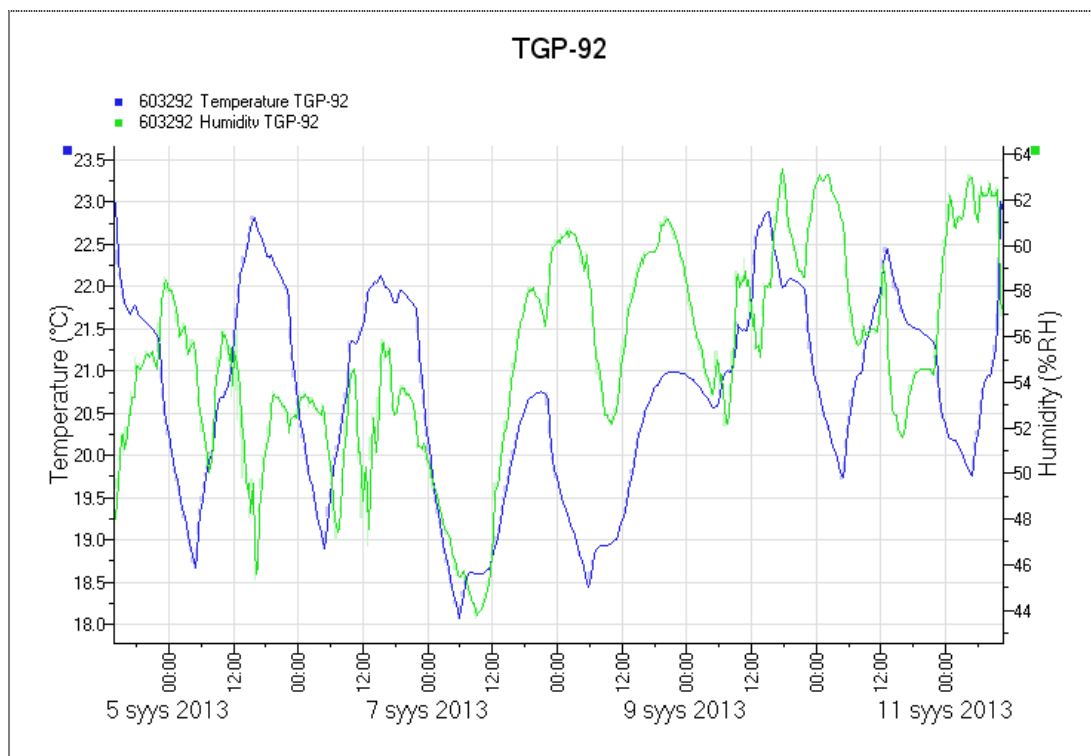




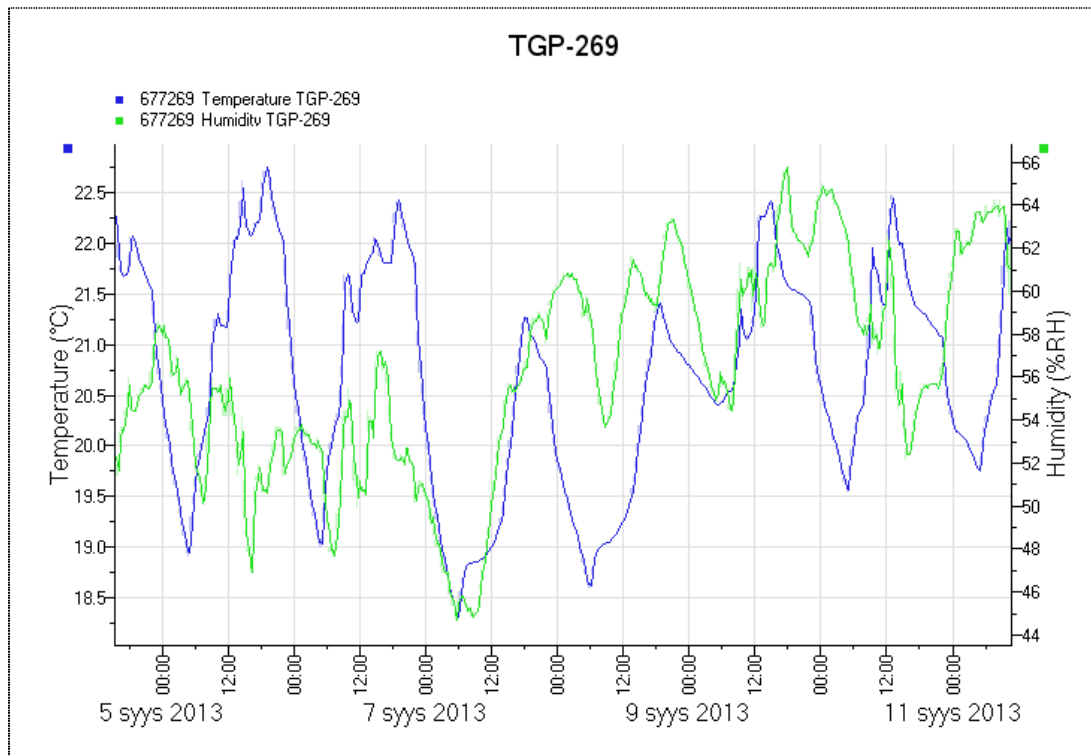




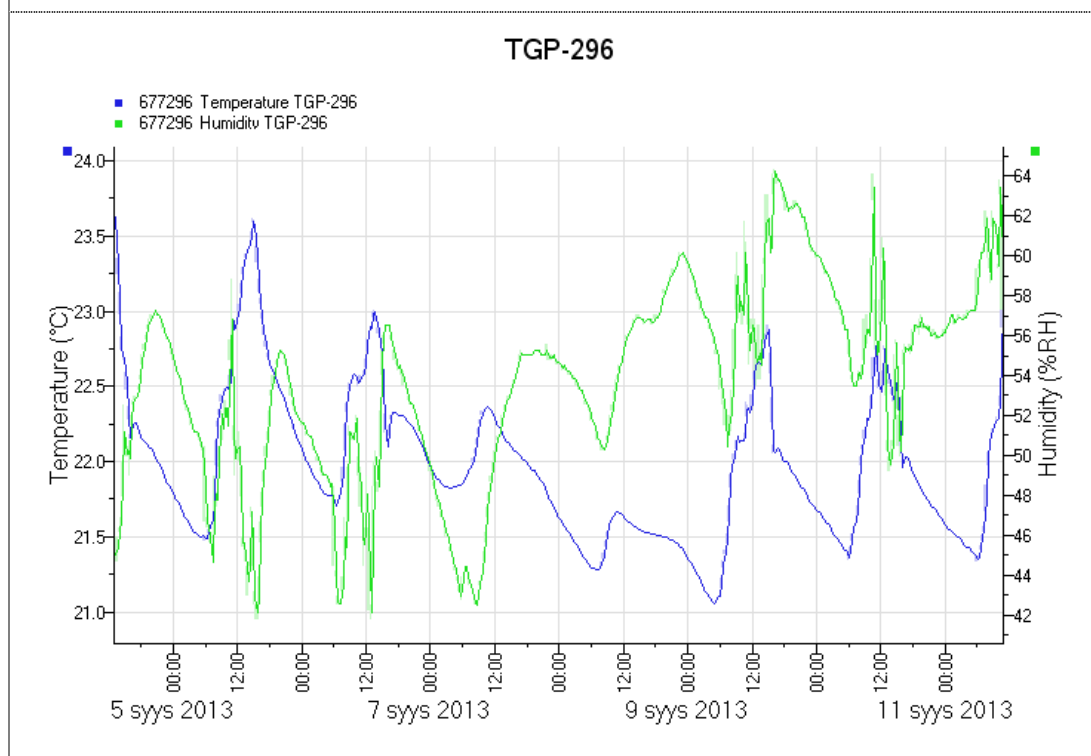
Kuva 1: Huoneilman lämpötilä ja suhteellinen kosteus, ryhmähuone 108.



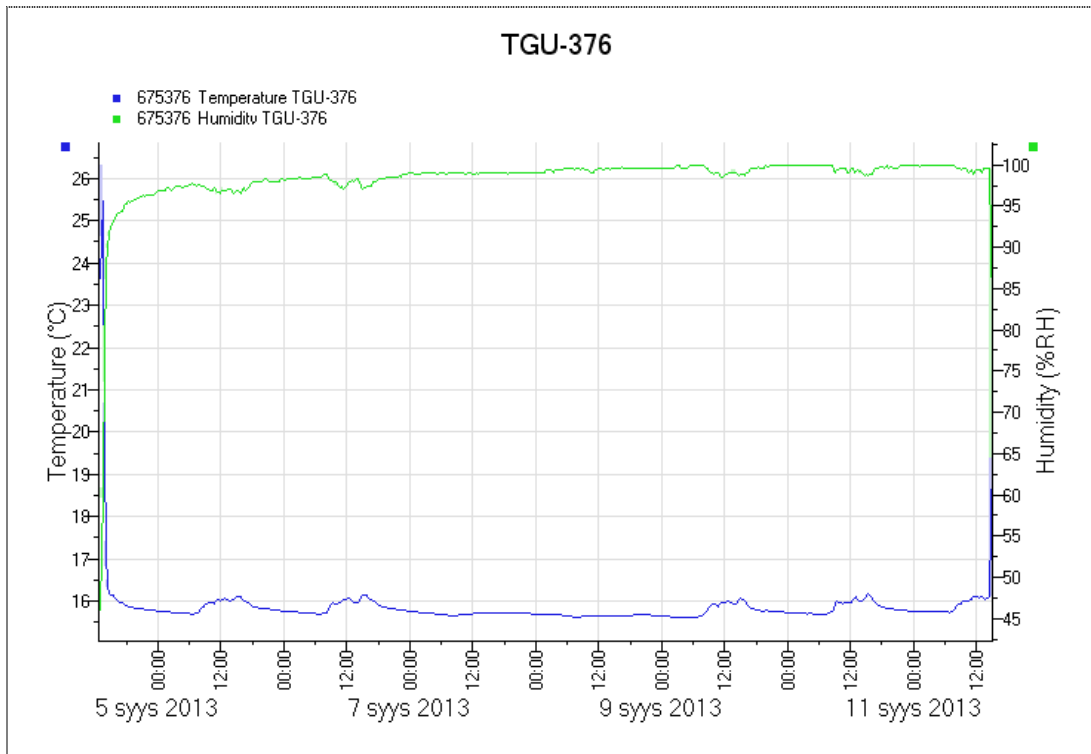
Kuva 2: Huoneilman lämpötilä ja suhteellinen kosteus, lepohuone 109.



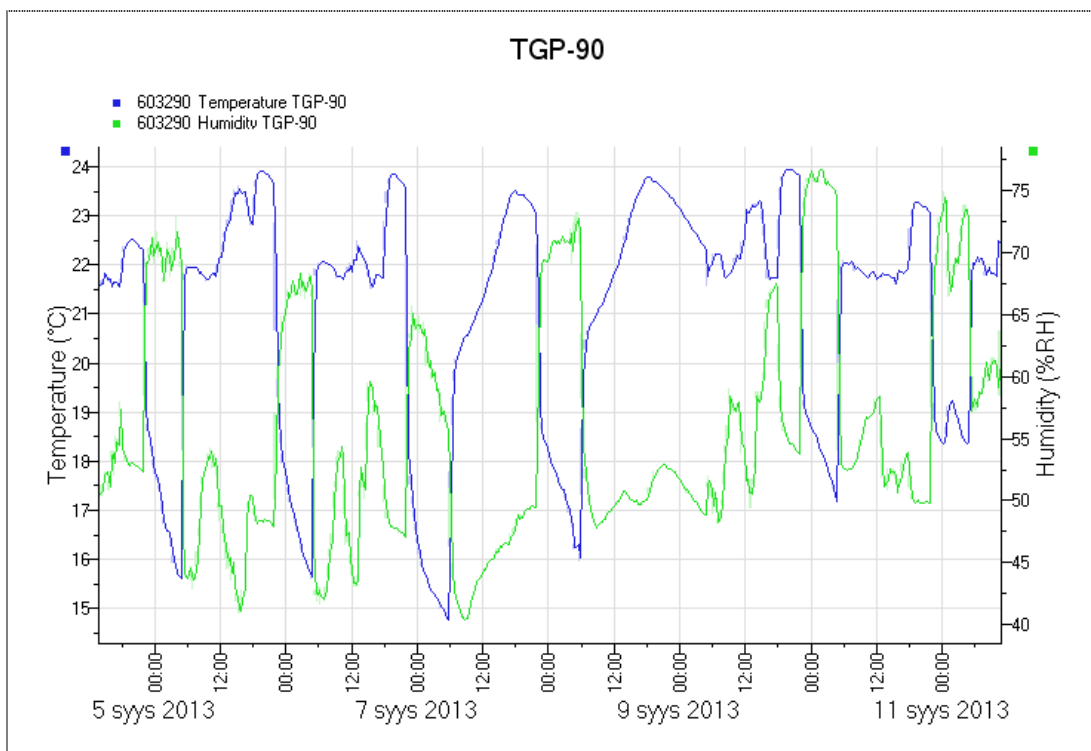
Kuva 3: Huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, lepohuone 141.



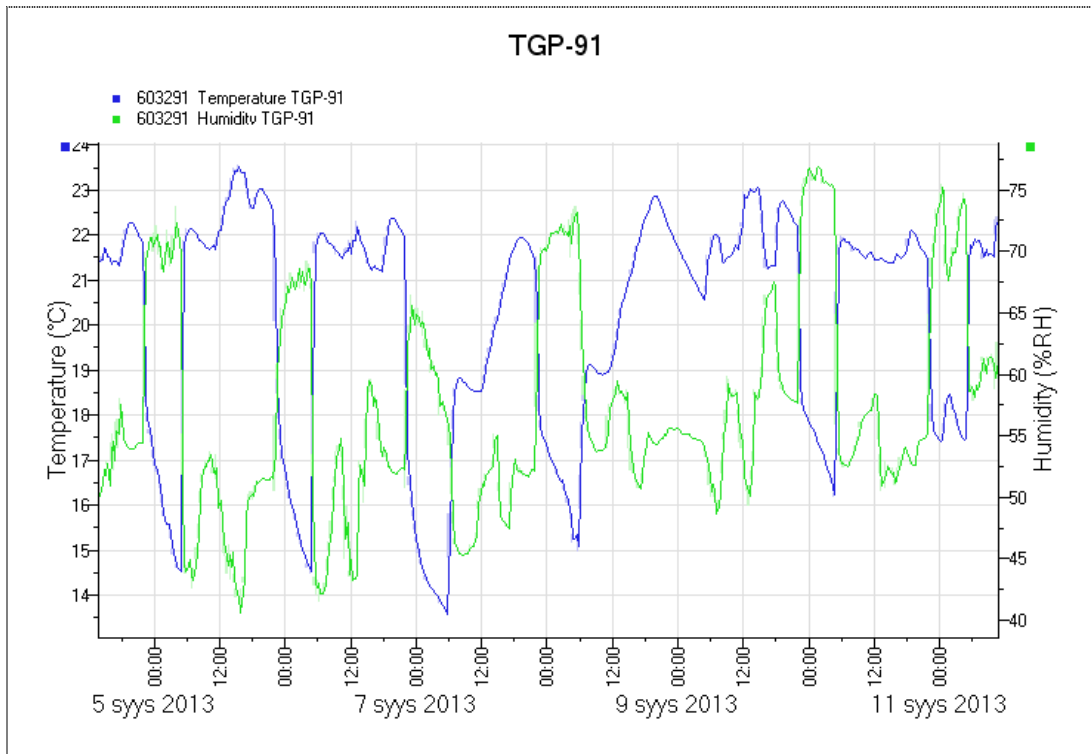
Kuva 5: Huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, keittiö.



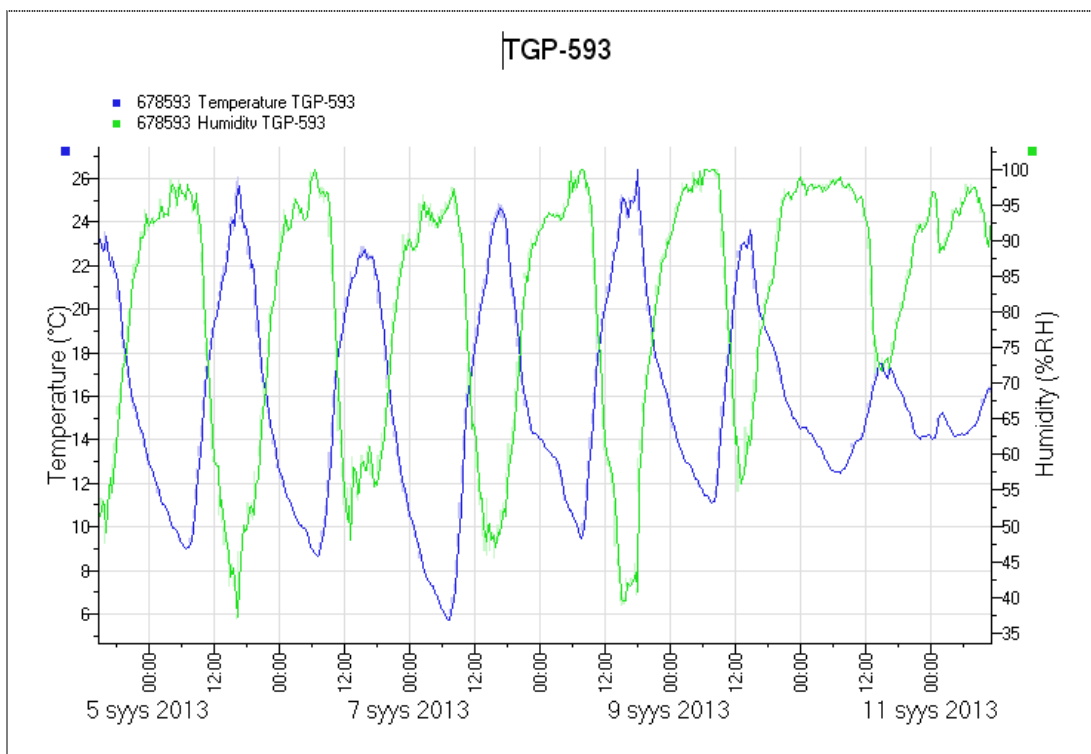
Kuva 6: Ryömintätilan lämpötila ja suhteellinen kosteus.



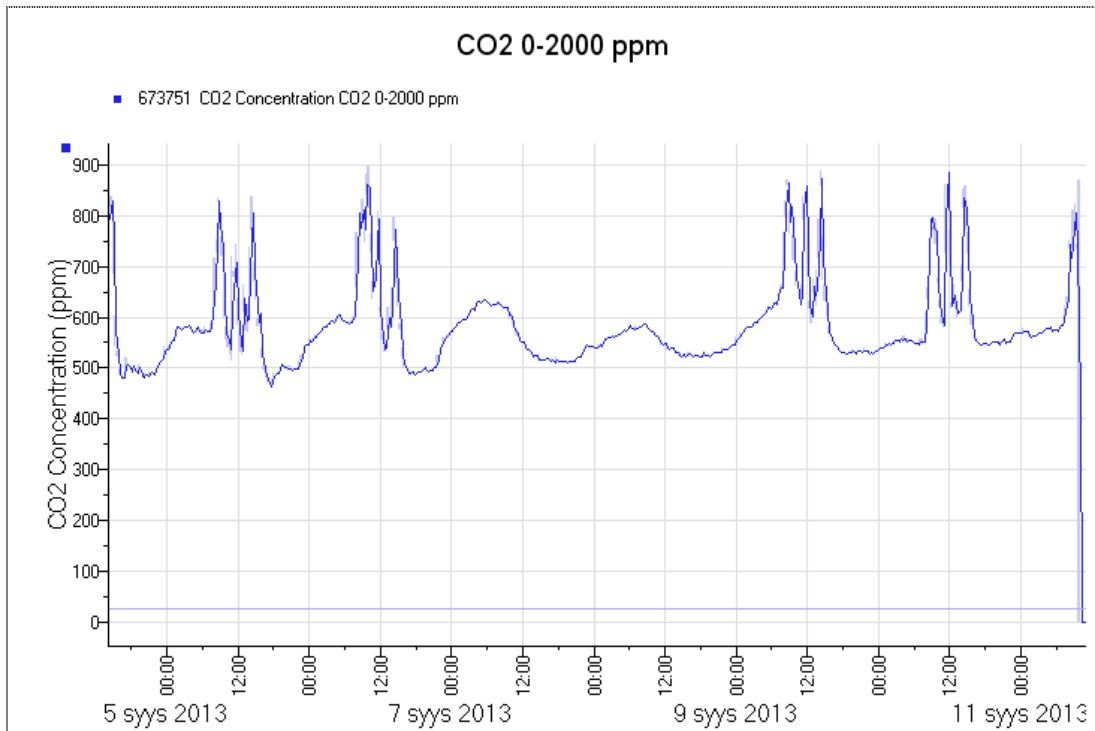
Kuva 7: Tuloilman lämpötila ja suhteellinen kosteus aulaassa.



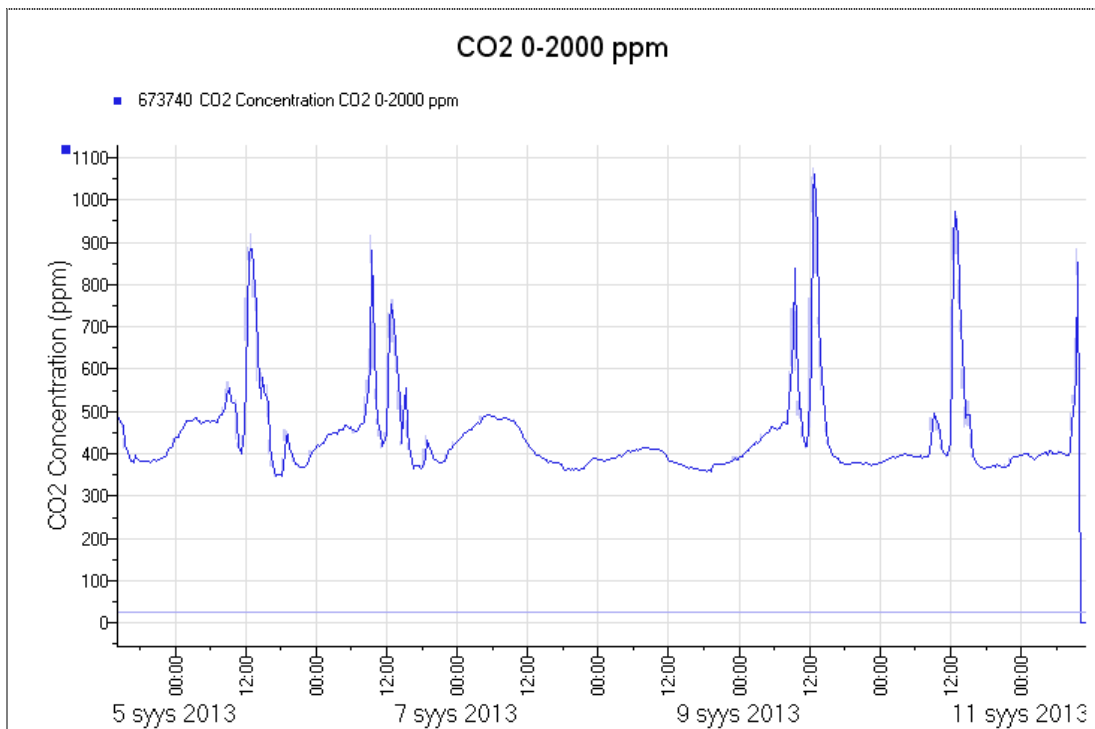
Kuva 8: Tuloilman lämpötila ja suhteellinen kosteus huone 108 yläkerta.



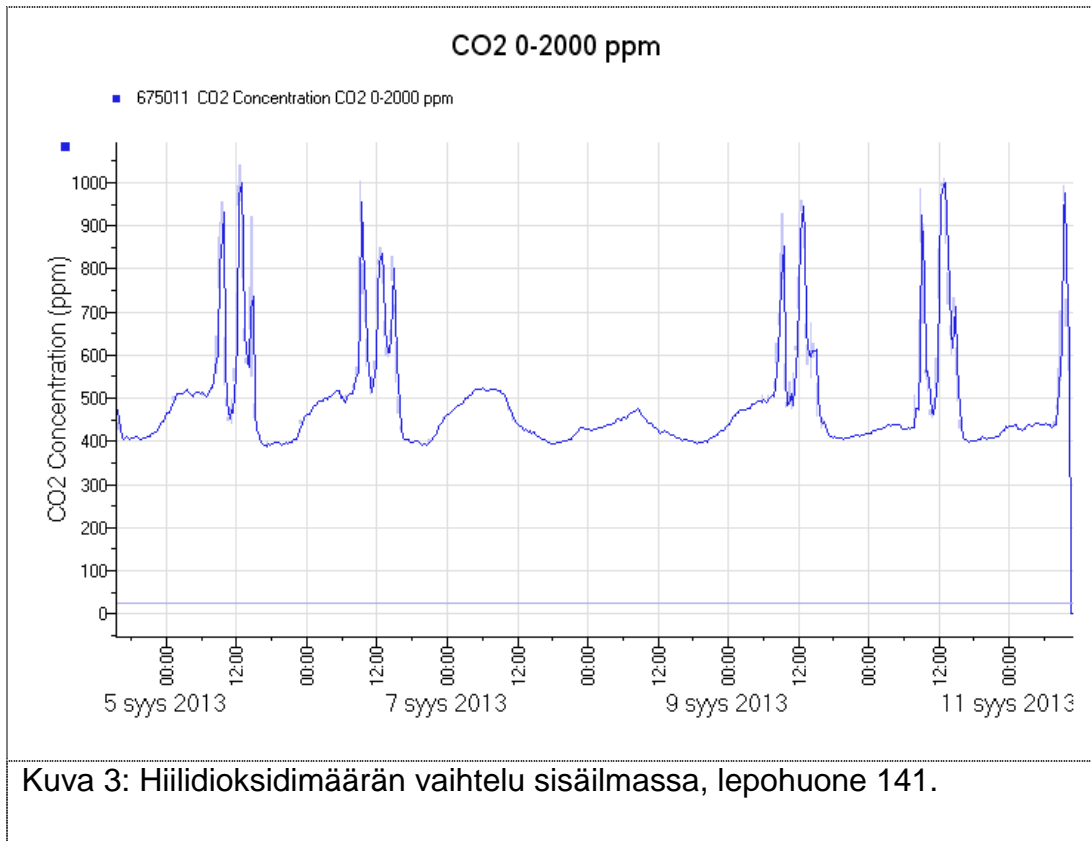
Kuva 9: Ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.



Kuva 1: Hiilidioksidimäärän vaihtelu sisäilmassa, ryhmähuone 108. Anturivian takia CO<sub>2</sub> pohjataso on 500 ppm.



Kuva 2: Hiilidioksidimäärän vaihtelu sisäilmassa, lepohuone 109.



Osakeyhtiö Insinööri Studio  
Antti Ahola  
Tornatorintie 3  
48100 KOTKA



## VOC-analyysi ilmanäytteestä

Asiakasviite: T13059  
Analyysin kuvaus: Haihtuvat orgaaniset yhdisteet; ATD-GC-MS,  
Tulopvm.: 06.09.2013  
Käsittelijä(t): Terhi Leiviskä, Kirsi Hack

### Analysointimenetelmä

Näytteet on kerätty Tenax-adsorptioputkeen ja analysoitu kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet on tunnistettu puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST-massaspektritietokannan avulla.

Näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalenttina. TVOC on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina.

Yksittäisiä yhdisteitä on kvantitoitu 1-40 kpl tai niin monta, että vähintään 2/3 TVOC-alueen piikkien yhteispinta-alasta on selvitetty.

Näytteistä on määritetty myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaispitoisuus tolueeniekvivalenttina ja TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden yksittäisiä pitoisuuksia, mikäli pitoisuudet ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä.

Tulokset ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään/keräysaikaan. Analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa (luottamusväli 95 %) on aktiivinäytteille 9-59 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 19 %. Passiivinäytteille mittausepävarmuus on vastaavasti 13-68 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 24 %. Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden, samoin usein myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat edellä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmääritys on semikvantitatiivinen. Menetelmän määritysraja on yhdistekohtainen, ollen keskimäärin 4 ng/näyte eli  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  10  $\text{dm}^3$ :n aktiiviselle tai 15 vrk:n passiiviselle näytteelle.

## TYÖTERVEYSLAITOS

## ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 232595

13.09.2013

CK13-01949-1                      Näyte/keräin: K399  
Mittauspaikka:                      Illenpihan päiväkoti,  
Mittauskohde:                      huone 108  
Analysointipvm.:                    090913/tle  
Näytteenottoaika:                  04.09.2013 07:39 - 04.09.2013 09:21  
Ilmamäärä:                          9,49 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
ALIFAATTISET HIILIVEDYT		
Heksaani	0,8	µg/m <sup>3</sup>
Heptaani	0,7	µg/m <sup>3</sup>
Metyyliisoklopentaani	0,5	µg/m <sup>3</sup>
Oktaani	0,5	µg/m <sup>3</sup>
AROMAATTISET HIILIVEDYT		
Bentseeni	2	µg/m <sup>3</sup>
Etyylibentseeni	1	µg/m <sup>3</sup>
Ksyleenit (p,m)	4	µg/m <sup>3</sup>
Ksyleeni (o)	2	µg/m <sup>3</sup>
1,2,4-Trimetyylibentseeni	1	µg/m <sup>3</sup>
Tolueeni	7	µg/m <sup>3</sup>
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET		
3-Kareeni	2	µg/m <sup>3</sup>
a-Pineeni	6	µg/m <sup>3</sup>
b-Pineeni	0,6	µg/m <sup>3</sup>
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
1-Butanoli	2	µg/m <sup>3</sup>
MONIARVOISET ALKOHOLIT		
1,2-Propaanidioli eli propyleeniglykoli	8	µg/m <sup>3</sup>
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT		
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	2	µg/m <sup>3</sup>
ALDEHYDIT		
Heksanaali	3	µg/m <sup>3</sup>
Heptanaali	0,5	µg/m <sup>3</sup>
Nonanaali	5	µg/m <sup>3</sup>
Pentanaali	1	µg/m <sup>3</sup>
HAPOT		
Butaanihappo eli voihihappo	2	µg/m <sup>3</sup>
Etikkahappo	1) 52	µg/m <sup>3</sup>
Heksaanihappo, kapronihappo	11	µg/m <sup>3</sup>
Nonaanihappo**	2	µg/m <sup>3</sup>
Oktaanihappo**	2	µg/m <sup>3</sup>
Pentaanihappo, valeriaanahappo	4	µg/m <sup>3</sup>
Propaanihappo	7	µg/m <sup>3</sup>
ESTERIT JA LAKTONIT		



## TYÖTERVEYSLAITOS

## ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 232595

13.09.2013

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
n-Butyyliasetaatti	0,6	µg/m <sup>3</sup>
Texanol 2)	0,9	µg/m <sup>3</sup>
TXIB 3)	0,6	µg/m <sup>3</sup>
PIIYHDISTEET		
Dekametyylisyklopentasiloksaani	4	µg/m <sup>3</sup>
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	80	µg/m <sup>3</sup>

- 1) TVOC-alueen ulkopuolella  
Pitoisuus suuntaa-antava, yhdiste läpäisee keräimen helposti  
Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen  
ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä  
tavallista suurempi virhe.
- 2) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyyraatti
- 3) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyyraatti

CK13-01949-2                      Näyte/keräin: U153  
Mittauspaikka:                      Illenpihan päiväkoti,  
Mittauskohde:                      huone 109  
Analysointipvm.:                    090913/tle  
Näytteenottoaika:                  04.09.2013 07:37 - 04.09.2013 09:23  
Ilmamäärä:                            10,77 dm<sup>3</sup>

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
ALIFAATTISET HIILIVEDYT		
Heksaani	0,6	µg/m <sup>3</sup>
Heptaani	0,7	µg/m <sup>3</sup>
2-Metyylipentaani 1)	0,8	µg/m <sup>3</sup>
Nonaani	0,9	µg/m <sup>3</sup>
Oktaani	0,8	µg/m <sup>3</sup>
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	0,5	µg/m <sup>3</sup>
AROMAATTISET HIILIVEDYT		
Bentseeni	1	µg/m <sup>3</sup>
Etylibentseeni	1	µg/m <sup>3</sup>
Ksyleenit (p,m)	3	µg/m <sup>3</sup>
Ksyleeni (o)	1	µg/m <sup>3</sup>
1,2,4-Trimetyylibentseeni	0,9	µg/m <sup>3</sup>
Toluenei	12	µg/m <sup>3</sup>
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET		
3-Kareeni	2	µg/m <sup>3</sup>
a-Pineeni	5	µg/m <sup>3</sup>
b-Pineeni	0,6	µg/m <sup>3</sup>
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
1-Butanoli	2	µg/m <sup>3</sup>
2-Metyyli-1-propanoli	0,5	µg/m <sup>3</sup>
MONIARVOISET ALKOHOLIT		
1,2-Propaanidioli eli propyleeniglykoli	3	µg/m <sup>3</sup>
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT		

## TYÖTERVEYSLAITOS

## ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 232595

13.09.2013

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	1	µg/m <sup>3</sup>
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	4	µg/m <sup>3</sup>
2-Fenoksietanoli	0,5	µg/m <sup>3</sup>
ALDEHYDIT		
Bentsaldehydi	2	µg/m <sup>3</sup>
Dekanaali	4	µg/m <sup>3</sup>
Heksanaali	5	µg/m <sup>3</sup>
Heptanaali	0,8	µg/m <sup>3</sup>
Nonanaali	7	µg/m <sup>3</sup>
Pentanaali	2	µg/m <sup>3</sup>
KETONIT		
Asetofenoni	0,9	µg/m <sup>3</sup>
HAPOT		
Butaanihappo eli voi-happo	2	µg/m <sup>3</sup>
Etikkahappo	2) 34	µg/m <sup>3</sup>
Heksaanihappo, kapronihappo	11	µg/m <sup>3</sup>
Nonaanihappo**	2	µg/m <sup>3</sup>
Oktaanihappo**	1	µg/m <sup>3</sup>
Pentaanihappo, valeriaanahappo	4	µg/m <sup>3</sup>
Propaanihappo	7	µg/m <sup>3</sup>
ESTERIT JA LAKTONIT		
n-Butyyliasettaatti	0,9	µg/m <sup>3</sup>
2-(2-Butoksietoksi)etyyliasettaatti	0,6	µg/m <sup>3</sup>
Texanol	3) 0,9	µg/m <sup>3</sup>
TXIB	4) 1	µg/m <sup>3</sup>
PIIYHDISTEET		
Dekametyylisyklopentasiloksaani	0,7	µg/m <sup>3</sup>
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	80	µg/m <sup>3</sup>

- 1) TVOC-alueen ulkopuolella
- 2) TVOC-alueen ulkopuolella  
Pitoisuus suuntaa-antava, yhdiste läpäisee keräimen helposti  
Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen  
ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä  
tavallista suurempi virhe.
- 3) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti
- 4) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyraatti

## Tulosten tarkastelu

Kahdella tähdellä (\*\*) merkityt aineet on määritetty tolueeniekvivalenttina ja tunnistettu käyttäen Wileyn tai NISTin massaspektritietokantaa. Näiden aineiden pitoisuudet ovat semikvantitatiivisia. ISO 16000-6 -standardin mukaan TVOC-pitoisuus määritetään tolueeniekvivalentteina (tolueenivasteina). Osa yksittäisistä yhdisteistä määritetään niiden omilla vasteilla, jotka voivat poiketa huomattavastikin tolueenin vasteesta. Tästä johtuen yksittäisten yhdisteiden summa saattaa olla suurempi kuin TVOC.

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 232595

13.09.2013

Työterveyslaitos Asiakasratkaisut on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013 , SFS-EN ISO/IEC 17025.  
Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristön kehittämispalvelut

---

Terhi Leiviskä  
asiantuntija  
Helsinki

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.



Oy Insinööri studio  
Antti Laakso  
Tornatorintie 3  
48100 Kotka

ANALYYSIVASTAUS 236129b

25.6.2013

## Näytteet Illenpihan päiväkoti

19.9.2013

Olemme laskeneet geeliteippiin keräämienne mineraalivillakuitujen (MMMF) pitoisuudet stereomikroskooppisesti.

### Analyysitulokset

teippi nro	mittauspiste	MMMF pitoisuus yli 20 µm:n kuitua/cm <sup>2</sup>
7	108. ryhmähuone, hyllyn päältä, 2 vko pöly	0,5
8	109. lepohuone, hyllyn päältä, 2 vko pöly	0,3
9	109. parvi, tuloilmakanava pöly	0,6

Kuitujen lukumäärälle pinnoilla ei ole virallisia ohjearvoja. Työterveyslaitoksen suositus ohjearvoksi kuitutiheydelle kahden viikon pöylaskeumassa on 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>. Ohjearvon ylittävissä pitoisuuksissa on suositeltavaa selvittää kuitulähteet ja mahdollisuudet kuitupitoisuuksien vähentämiseen.

Kari Korhonen  
Erikoistyöhygieenikko  
Työympäristön kehittämispalvelut

Tarja Seppänen  
Laboratoriomestari  
Työympäristön kehittämispalvelut