

---

# TUTKIMUSSELOSTUS

---

## SISÄILMASTO JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS



**MIKKOLAN KOULU, VANTAA**

**VEGA, VENUKSENTIE 2**

**LYYRA, LYYRANPOLKU 2**

51392.79

5.12.2014

**Sweco**  
**Rakennetekniikka**  
Ratamestarinkatu  
7a  
P.O. Box 88  
FI-00521 Helsinki,  
Finland  
Telephone  
+358 207 393 300

**Finnmap Consulting Oy**  
VAT FI08711659  
Reg.no: 0871165-9  
Domicile: Helsinki  
[www.sweco.fi](http://www.sweco.fi)



## Sisältö

<b>YLEISTIEDOT</b>	<b>2</b>
<b>KÄYTETYT MITTA- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET</b>	<b>3</b>
<b>OSA 1 VEGA</b>	<b>3</b>
<b>1.1 RAKENTEET</b>	<b>3</b>
<b>1.2 MITTAUSTULOKSET JA HAVAINNOT</b>	<b>4</b>
1.2.1 Rakenteiden kosteus	4
1.2.2 Rakenteiden ilmatiiveys (merkkiainekokeet)	4
1.2.3 Paine-erojen seurantamittaukset	6
1.2.4 Sisäilman mikrobit	6
1.2.5 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet	6
1.2.6 Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut	6
1.2.7 Ilmanvaihdon ilmavirrat	7
1.2.8 Aistinvaraiset havainnot kohteessa	7
<b>1.3 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>9</b>
<b>1.4 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET</b>	<b>9</b>
<b>OSA 2. LYYRA</b>	<b>10</b>
<b>2.1 RAKENTEET</b>	<b>10</b>
<b>2.2 MITTAUSTULOKSET JA HAVAINNOT</b>	<b>10</b>
2.2.1 Rakenteiden kosteus	10
2.2.2 Rakenteiden ilmatiiveys (merkkiainekokeet)	10
2.2.3 Paine-erojen seurantamittaukset	11
2.2.4 Sisäilman mikrobit	12
2.2.5 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet	12
2.2.6 Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut	12
2.2.7 Aistinvaraiset havainnot kohteessa	12
<b>2.3 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>15</b>
<b>2.4 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET</b>	<b>15</b>
<b>LIITTEET</b>	<b>16</b>

## SISÄILMASTO JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

### YLEISTIEDOT

Tutkimuskohde: Mikkolan koulu  
Vega, Venuksentie 2  
Lyyra, Lyyranpolku 2  
Vantaa

#### Lähtötiedot:

Mikkolan koulu on yhtenäiskoulu, jossa opiskelee n. 820 oppilasta vuosiluokilla esi-9. Opetustiloja on kahdessa eri rakennuksessa. Vega on rakennettu 1970-luvulla ja tilat ovat yhdessä tasossa. Lyyra on vuonna 2006 valmistunut ja opetustiloja on kahdessa tasossa. Vega rakennusta on tutkittu aikaisemmin oireilun vuoksi ja rakenteita on osin tiivistetty. Rakennuksen alla on osittainen kellarikerros, jossa on lähinnä teknisiä tiloja sekä voimailusali.

Edelleen osassa opetustiloja koetaan oireilua (luokat 101, 130, 153, 171, 208, 209, 211 ja voimistelusalit Vegassa sekä musiikkiluokka ja erityisopettajan tila Lyyrassa.

Vegan kellaritiloissa on mitattu kohonneita rakennekosteusarvoja vuonna 2011-2012 (Finnmap consulting Oy). Tämän jälkeen kellarissa tehtiin alapohjien tiivistyskorjauksia sekä betonilaatan pintaan kosteuden nousun estävä pintakäsittely. Lisäksi kellarin ulkoseiniin tehtiin sisäpuoliset lämmöneristeet purettiin. Vegan opetustiloissa 164 ja 237 on todettu rakenteen ilmavuotoja ulkoseinärakenteesta sekä ala- ja yläpohjasta merkkiainetutkimuksen avulla (Finnmap consulting Oy, 25.11.2013). Aikaisemmassa tutkimuksessa luokkatiloissa 136, 166, 167 ja 171 ei havaittu ilmavuotoja yläpohjan ja seinien liittymissä (Finnmap consulting Oy, 7.12.2012). Kiinteistössä on suoritettu tämän jälkeen tiivistyskorjauksia opetustiloissa. Tiivistyskorjausten onnistumista ei ole kaikissa tiloissa varmistettu merkkiainekokeiden avulla. Opetustiloissa 130-135, 153 ja 238 sekä liikuntasalissa ei rehtorin tiedon mukaan ole suoritettu tiivistyskorjauksia.

Tilaaaja: Jouni Räsänen  
Vantaan Kaupunki  
Tilakeskus, Rakennusten kunnossapito  
Kielotie 13  
01300 Vantaa  
jouni.rasanen@vantaa.fi

#### Tutkimusryhmä:

Tutkimuksen tekijöinä olivat Sanna Pohjola, Sanni Kietäväinen ja Juha Tanner.  
Tutkimukset kohteessa tehtiin 27.10. - 10.11.2014.

#### Tutkimustavoite:

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sisäilman laatua ja laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tarkempia tutkimuksia tehtiin niissä tiloissa, joissa käyttäjät ovat kokeneet oireilua. Tutkimuksia tehtiin Vegan tiloissa 101, 130, 153, 171, 208, 209, 211 ja liikuntasali sekä Lyyran musiikkiluokassa 1177 ja erityisopettajan tilassa 2019.

Piirrustukset:

Rakennepiirrustukset, Mikkolan koulun lisärakennus (Lyyra) , A-insinöörit 2003  
 Arkkitehtikuvat, Mikkolan koulun lisärakennus (Lyyra), Arkkitehtitoimisto Esa  
 Piironen Oy 2003

Muut tutkimukset ja kartoitukset:

Yläpohjarakenteiden ilmatiiveys (Vega), Finnmap Consulting Oy 7.12.2011  
 Kellarin kosteus- ja ilmanvaihtotekniikka (Vega), Finnmap Consulting Oy 27.12.  
 2011  
 Merkkiainekokeet (Vega), Finnmap Consulting Oy 17.6.2013 ja 25.11.2013

## KÄYTETYT MITTA- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET

Sisäilman mikrobit	Ilmapumppu Thomas VTE 10, Andersen 6-vaihekeräin
VOC pumppu	SKC Model 222-3
Lämpötila- ja kosteusmittari	Vaisala HM40, anturi HMP110
Paine-eromittari	TSI Airflow PVM610
Pintakosteusilmaisoin	Gann hydrotest LG 1
Kosteusmittari	Vaisala HMP41 ja HM40, mittapäät HMP42 ja HMP44
Merkkiainelaitteisto	Sensistor XRS9012, Innova 1412
Alipaineistaja	BlowerDoor
Ilmavirtamittari	SwemaFlow 125D

## OSA 1 VEGA

### 1.1 RAKENTEET

AP1

80 mm betonilaatta  
 mahdollinen lämmöneriste

US1

tiili  
 mineraalivilla  
 tiili

US2

tiili  
 mineraalivillaeriste, koolaus  
 höyrynsulkumuovi  
 kipsilevy

## 1.2 MITTAUSTULOKSET JA HAVAINNOT

### 1.2.1 RAKENTEIDEN KOSTEUS

Ulkoseinä- ja lattiapinnoille tehtiin pintakosteuskartoitus kaikissa tutkittavissa tiloissa. Sisäpinnoilla ei havaittu kohonneita kosteuslukuarvoja eikä pintarakenteissa havaittu merkkejä kosteudesta lukuunottamatta Vegan käytävällä 106 olevan kattoikkunan vieressä olevaa akustolevyä (kuva 1). Vaurioitunut akustolevy tulee vaihtaa ja tarkastaa yläpuolisten rakenteiden kunto.



**Kuva 1.** Käytävän 106 kattoikkunan reunasta on päässyt vesi kastelemaan alapuolisia rakenteita.

Lattiapinnoitteen alapuolinen kosteus tarkastettiin viiltomenetelmällä muutamista Vegan luokista (liite 1). Pintarakenteen suhteellinen kosteus vaihteli eri mittauspisteissä 44-76 % välillä, mikä on normaali kosteus maanvastaisessa rakenteessa.

### 1.2.2 RAKENTEIDEN ILMATIIVEYS (MERKKIAINEKOKKEET)

Ulkoseinä- ja alapohjarakenteiden sisäkuoren ilmatiiveyttä tutkittiin merkkiainekokeen avulla Vegan luokkatiloissa 101, 130, 153, 171, 208, 209, 211 ja liikuntasalissa. Merkkiainekokeissa merkkikaasua johdettiin ulkoseinän eristetilaan ja alapohjalaatan alle ja merkkiaineen mahdollista kulkeutumista sisäilmaan seurattiin huoneissa kaasuanalysointorin avulla. Huonetilat olivat tutkimuksen aikaisissa olosuhteissa 10-21 Pascalia alipaineisia tutkittaviin rakennesoihin nähden. Tiloissa käytettiin BlowerDoor –alipaineistajaa, jotta tutkittavat rakennesosat saatiin riittävän alipaineisiksi. Merkkiainetutkimustulokset on esitetty liitteessä 4.



**Kuva 2.** Merkkikaasu laskettiin Vegan ulkoseinän eristetilaan tiilivuorauksen tuuletusaukkojen kautta luokissa 101, 130, 171 sekä liikuntasalissa. Sisäpihalle rajoittuvissa luokissa 153, 208 ja 211 merkkikaasu laskettiin ikkunapellitusten alle.

Vegan opetustiloissa oli suoritettu osassa luokista (tilat 136, 165, 166, 167, 171) tiivistyskorjauksia (Suunnitelmat 30.9.11 Finnmap Consulting Oy). Lisäksi koululla oli tiivistetty rehtorin mukaan muita luokkia. Opetustiloissa 130-135, 153 ja 238 sekä liikuntasalissa ei rehtorin tiedon mukaan ole suoritettu tiivistyskorjauksia.

Merkitäviä ilmavuotoja havaittiin alapohjarakenteesta luokassa 101, 130 ja 171 lattian ja seinän liittymäkohdista niistä kohdista, joissa havaittiin lattiapinnoitteessa vaurioita tai lattiapinnoitteen liittyminen seinään ei ollut täydellinen (liitteet 4.6, 4.8, 4.12). Luokissa 153, 208, 209 ja 211 ei alapohjarakenteesta havaittu lainkaan ilmavuotoja. Liikuntasalissa alapohjan merkkiainekoetta ei voitu suorittaa onnistuneesti, sillä maanvaraisen betonilaatan päällä oli puinen joustolattia. Jotta merkkiainekoe voitaisiin tilaan suorittaa, tulisi lattiapintaan tehdä rakenneavaus.

Ulkoseinärakenteesta havaittiin ilmavuotoja ikkunakarmin ja ulkoseinän liittymissä luokassa 130 ja liikuntasalissa (liitteet 4.7, 4.18) ja ikkunankarmin puuliitosten välistä luokissa 153, 171, 208, 211 (liitteet 4.9, 4.11, 4.13, 4.16). Seinän ja lattianrajasta havaittiin ilmavuoto luokassa 211. Tiivistyskorjaukset estivät ilmavuodot ikkunankarmin ja ulkoseinän liittymissä, sillä tiivistetyissä luokissa ei näissä vuotoja havaittu ja tiivistämättömissä luokissa 130 ja liikuntasalissa epätiiviyiskohtia havaittiin. Tiivistyskorjaus ei estänyt ilmavuotoja ikkunankarmien puuliitosten välistä, sillä vuotoja havaittiin myös korjatuista luokista.

### 1.2.3 PAINE-EROJEN SEURANTAMITTAUKSET

Tutkittujen tilojen painesuhteita ulkoilmaan nähden tutkittiin jatkuvatoimisten paine-eromittausten avulla Vegan luokkatiloissa 101, 130, 171, 208 ja opettajainhuoneessa. Tutkittavat tilat sijaitsivat rakennuksen eri seinustoilla.

Painesuhteiden seurantamittauskäyrät on esitetty liitteissä 3. Vegan opetustiloissa paine-ero vaihteli päiväaikaan -3...+3 Pascalia ulkoilmaan nähden. Yöaikaan ja viikonloppuisin alipaineisuus lisääntyi siten, että tilat olivat keskimäärin 3-6 Pascalia alipaineisia ulkoilmaan nähden. Opettajainhuoneen paine-ero poikkesi muista tiloista siten, että päiväaikaan tilan alipaineisuus lisääntyi (keskimäärin -12...-8 Pa) ulkoilmaan nähden ja yöaikaan sekä viikonloppuisin väheni (n. -5 Pa).

Lisäksi tilojen välisiä ilmapirtauksia tutkittiin hetkellisten, suuntaa-antavien paine-eromittausten avulla. Hetkellisten paine-eromittausten perusteella Vegan opettajainhuone on 8 Pascalia alipaineinen käytävätiloihin nähden. Muut opetustilat olivat joko tasapaineisia tai lievästi ylipaineisia käytävätiloihin nähden. Hetkellisten paine-eromittausten tulokset on esitetty mittapisteet pohjakuivissa liitteessä (liite 2).

### 1.2.4 SISÄILMAN MIKROBIT

Sisäilman mikrobinäytteet otettiin Vegan liikuntasalista ja luokista 101, 130, 171 kahden eri näytteenottokerran aikana.

Talviaikana, kun maa on roudassa, tutkimustuloksia verrataan Työterveyslaitoksen ehdottamiin toimistotyypisten työtilojen sisäilman mikrobipitoisuuksien ohjeellisiin arvoihin sekä Asumisterveysohjeen ohjearvoihin. Sulan maan aikana otetaan lisäksi ulkoilman vertailunäyte, johon sisäilmanäytteiden tuloksia verrataan.

Tutkittujen tilojen sieni-itiöpitoisuudet olivat tutkimusajankohtana alhaisia verrattuna ulkoilman vertailunäytteisiin. Liikuntasalissa analysoitiin vähäisiä määriä tavanomaisesta sisäilman laadusta poikkeavia mikrobeja (ns. kosteusvaurioindikaattorilajeja; *Aureobasidium*), joita ei analysoitu ulkoilman vertailunäytteistä. Kaikkien tilojen bakteeripitoisuus oli normaali.

### 1.2.5 SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteet otettiin tiloista Vegan luokkatiloista 130 ja 171.

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus, ns. TVOC -arvo, oli 9-10 µg/m<sup>3</sup> Vegan luokkatiloissa. Kokonaispitoisuudet olivat tavanomaisella tasolla. Yhdisteiden joukossa ei havaittu mitään yksittäistä yhdistettä kohonnutta määrää.

### 1.2.6 PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT

Pinnoille kahden viikon aikana laskeutuvien mineraalikuidujen pitoisuuksia selvitettiin tasopinnoille asennettujen keräysalustojen avulla Vegan luokkatiloissa 101 ja 130. Huoneista otettiin kahdet rinnakkaiset näytteet.



Kaikissa tiloissa mineraalikuitupitoisuus oli enintään 0,07 kpl/cm<sup>2</sup>. Pitoisuudet alittavat käytössä olevan ohjeellisen arvon.

### 1.2.7 ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT

Rakennuksessa mitattiin tulo- ja poistoilmamääriä pistokoemaisesti opetustiloissa 101, 153, 171 ja 209.

#### Mitattujen tulo- ja poistoilmavirtojen vertailua

Mitatut tilakohtaiset tuloilmavirrat vaihtelivat luokkatiloissa välillä 158 - 233 dm<sup>3</sup>/s. Mitattujen poistoilmavirtojen vaihteluväli oli 84 - 194 dm<sup>3</sup>/s. Osassa tiloista tuloilmavirta oli poistoilmavirtaa suurempi ja osassa poistoilmavirta oli tuloilmavirtaa suurempi. Merkittävin ilmavirtojen ero oli luokassa 209, missä tuloilmavirta oli 233 dm<sup>3</sup>/s ja poistoilmavirta 84 dm<sup>3</sup>/s. Tuloilmavirran tulisi olla yleensä noin 4 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden, jotta hiilidioksidipitoisuus tilassa ei nouse yli Terveydensuojelulain mukaisen ohje-arvon (1500 ppm).

#### Mitattujen ilmavirtojen vertailua vuoden 2003 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjearvoihin

Opetustiloissa tulisi tuloilmavirran olla 6 dm<sup>3</sup>/s henkeä kohden ja 3 dm<sup>3</sup>/s neliometriä kohden. Luokissa mitatut tuloilmavirrat riittävät 26-38 hengelle ja 52-77 m<sup>2</sup> kokoiseen tilaan. Pienin tuloilmavirta mitattiin luokassa 171 ja suurin luokassa 209. Tuloilmavirrat olivat luokissa käyttöön nähden riittävät. Mitatut tilakohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat on esitetty liitteessä 1.

### 1.2.8 AISTINVARAISET HAVAINNOT KOHTEESSA



**Kuva 3.** Vegassa on useita kattoikkunoita. Katolla ei havaittu puutteita tai merkittävästi roskaa. Kattokaivot olivat siistit ja kaadot riittävät.



**Kuva 4.** Vegan luokassa 153 oli luukku lattiassa. Luukku avattiin ja havaittiin todennäköisesti viemäriputken tarkastusluukku. Kun tila alipaineistettiin, tarkastusluukusta tuli luokkatilaan voimakas viemärinhaju. Normaali ilmanvaihdon toimintatilassa luukusta ei havaittu ilmavirtausta luokkatilaan päin, eikä poikkeavaa hajua.



**Kuva 5.** Vegan kantava alapohjalaatan yläpinta on paikoin lähellä ulkopuolisen maanpinnan tasoa. Sokkelin vierustat ovat siistit asfaltti tai sorapintaiset, sisäpihoilla mukulakivipintaiset. Luokissa ei havaittu kohonneita kosteuspitoisuuksia lattiapinnoitteen alapuolella.

Luokkatiloissa ei havaittu poikkeavaa hajua. Tutkimusten yhteydessä havaittiin, että Vegan opettajainhuoneessa oli sisäilmassa ajoittain mikrobiperäinen haju, joka keskittyi lähinnä ikkunaseinän lähelle. Tilassa tehtiin ulko- ja sisäilman välinen paine-eroseuranta. Paine-ero vaihteli tilassa enemmän kuin muissa Vegan tiloissa ja tilan alipaine oli muita tiloja suurampi. Tämän vuoksi rakenteiden kautta pääsee todennäköisesti tilaan enemmän epäpuhtauksia ilmapuotokohtien kautta.

### 1.3 JOHTOPÄÄTÖKSET

- Sisäilman laatu oli mittaushetkellä mikrobin, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja mineraalivillakuitujen osalta normaali. Vegan liikuntasalissa havaitut normaali sisäilmasta poikkeavat mikrobit pääsevät tilaan todennäköisesti rakenteen ilmapuotokohtien kautta.
- Vegan opettajainhuoneessa havaittiin sisäilmassa mikrobiperäinen haju, mikä on viite mikrobiperäisten mahdollisesti terveyshaittaa aiheuttavien yhdisteiden pääsystä sisäilmaan. Tilan paine-erot vaihtelivat enemmän ja tilan alipaine oli muita Vegan tiloja suurempi ulkoilmaan nähden, mikä lisää epäpuhtauksien siirtymistä rakenteen ilmapuotojen kautta sisäilmaan.
- Vegassa havaittiin ilmapuotokohtia seinän ja lattiarajassa niissä kohdin, joissa lattiapinnoitteessa havaittiin vaurioita tai lattiapinnoitteen liittyminen seinään ei ollut täydellinen. Tiivistyskorjaukset estivät ilmapuodot ikkunankarmin ja ulkoseinän liittymistä, mutta ei ikkunankarmien puuiliitosten välistä, sillä vuotoja havaittiin myös korjatuista luokista.
- Vegan opetustiloissa mitatut ilmamäärät olivat riittävät käyttöön nähden. Tulo- ja poistoilmamäärät olivat riittävän tasapainossa lukuunottamatta luokkaa 209, missä poistoilmamäärä oli 36 % tuloilmamäärästä.

### 1.4 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

- Kaikki rakenteissa havaitut epätiiviyyskohdat suositellaan tiivistämään ilmatiiviiksi. Tiivistämistyöt suositellaan suoritettavan koko rakennuksissa. Tiivistystyö tulee toteuttaa asiantuntijan laatiman suunnitelman mukaisesti. Tiivistystöiden laadunvarmistus suositellaan tehtäväksi merkkiainekokeiden avulla ennen pintamateriaalien asennusta.
- Opettajainhuoneen ilmanvaihto tulee säätää siten, että tilan alipaineisuus vähenee.
- Liikuntasalin lattiana on puinen joustolattia maanvaraisen betonilaatan päällä. Liikuntasalin lattian kunto suositellaan tarkastettavaksi rakenneavauksin ja ottamalla tarvittaessa rakennusmateriaalinäytteitä mikrobiviljelyä varten.
- Käytävän 106 vaurioitunut akustolevy tulee vaihtaa ja tarkastaa yläpuolisten rakenteiden kunto.

## OSA 2. LYYRA

### 2.1 RAKENTEET

#### AP1 Lyyra, musiikkiluokka (Rakennepiirrustusten mukaan)

70 mm tasausbetoni  
suodatinkangas  
30 mm äänieriste (Isora step)  
10 mm tasoite  
320 mm ontelolaattaelementit  
150 mm lämmöneristys (solupolystyreeni)  
1200 mm tuuletettu alustila  
7300 mm sepeli 6-32 mm  
suodatinkangas  
perusmaa

#### US1 Lyyra

pelti  
ilmaväli  
tuulensuojalevy  
mineraalivillaeriste, koolaus  
höyrynsulkumuovi  
kipsilevy

### 2.2 MITTAUSTULOKSET JA HAVAINNOT

#### 2.2.1 RAKENTEIDEN KOSTEUS

Ulkoseinä- ja lattiapinnoille tehtiin pintakosteuskartoitus musiikkiluokassa 1177 ja erityisopettajan tilassa 2019. Sisäpinnoilla ei havaittu kohonneita kosteustaluarvoja eikä pintarakenteissa havaittu merkkejä kosteudesta.

#### 2.2.2 RAKENTEIDEN ILMATIIVEYS (MERKKIAINEKOKEET)

Ulkoseinärakenteen sisäkuoren ilmatiiveyttä tutkittiin merkkiainekokeen avulla Lyyran musiikkiluokassa ja väliseinärakenteen tiiveyttä Lyyran erityisopettajan tilassa 2019. Lisäksi musiikkiluokassa tutkittiin alapohjarakenteen ilmatiiveyttä. Merkkiainekokeissa merkkikaasua johdettiin ulkoseinän eristetilaan ja ryömintätilaan ja merkkiaineen mahdollista kulkeutumista sisäilmaan seurattiin huoneissa kaasuanalysaattorin avulla. Huonetilat olivat tutkimuksen aikaisissa olosuhteissa 7-20 Pascalia alipaineisia tutkittaviin rakenneseisiin nähden. Merkkiainetutkimustulokset on esitetty liitteessä 4.

Lyyran musiikkiluokassa merkkikaasua laskettiin alapuoliseen ryömintätilaan. Ryömintätila oli 10 Pascalia ylipaineinen huonetilaan nähden. Alapohjalaatassa ei havaittu ilmavuotoja. Ulkoseinä on Lyyrassa levyrakenteinen. Merkkikaasua laskettiin ulkoseinän eristetilaan ulkoseinäpeltipaneelin läpi porattujen reikien kautta. Merkittäviä ilmavuotoja havaittiin pistorasioista, ikkunankarmin ja

ulkoseinän liittymissä, pilarin ja ulkoseinän liittymissä sekä ulkoseinän ja lattian liittymissä (liitteet 4.1-4.2).



**Kuva 6.** Lyyran musiikkiluokan ulkoseinärakenteessa havaittiin merkittäviä ilmavuotoja

Lyyran 2. kerroksessa sijaitsevassa erityisopettajan tilassa 2019 tutkittiin tilan viereisestä sähkökaapista tulevia ilmavuotoja erityisopettajan tilaan. Erityisopettajan tilassa ei havaittu ilmavuotoja (liite 4.4). Sähkökaapin ja viereisen erityisopettajan tilan välisessä seinässä oli sähkökaapelin läpivienti.

### 2.2.3 PAINE-EROJEN SEURANTAMITTAUKSET

Tutkittujen tilojen painesuhteita ulkoilmaan nähden tutkittiin jatkuvatoimisten paine-eromittausten avulla Lyyran musiikkiluokassa ja erityisopettajan tilassa. Tutkittavat tilat sijaitsivat rakennuksen eri seinustoilla.

Painesuhteiden seurantamittauskäyrät on esitetty liitteissä 3. Erityisopettajan tila oli seurantajakson alkupuolella keskimäärin tasapainossa ja painesuhteet vaihtelivat vain vähän. Seurantajakson puolivälissä käyrä muuttuu siten, että tila on päiväaikaan noin 10 Pascalia ylipaineinen ulkoilmaan nähden, mutta yöaikaan ylipaineisuus laskee ja oli korkeimmillaan yli 20 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden. Musiikkiluokka oli pääsääntöisesti 10-20 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden koko seurantajakson ajan. Paine-eroletku oli todennäköisesti tukkeutunut sadevedestä muutaman päivän ajan (paine-ero laskee jyrkästi, eikä käyrässä nähdä normaalia hajontaa). Nämä jakson poistettiin liitteessä 3.1 esitettävästä seurantakäyrästä.

Lisäksi tilojen välisiä ilmavirtauksia tutkittiin hetkellisten, suuntaa-antavien paine-eromittausten avulla. Hetkellisten paine-eromittausten perusteella tutkittavat tilat olivat tasapaineisia käytävätiloihin nähden. Hetkellisten paine-eromittausten tulokset on esitetty mittapisteet pohjakuviissa liitteessä (liite 2).

#### **2.2.4 SISÄILMAN MIKROBIT**

Sisäilman mikrobinäytteet otettiin erityisopettajan tilasta 2019 kahden eri näytteenottokerran aikana.

Talviaikana, kun maa on roudassa, tutkimustuloksia verrataan Työterveyslaitoksen ehdottamiin toimistotyyppisten työtilojen sisäilman mikrobipitoisuuksien ohjeellisiin arvoihin sekä Asumisterveysohjeen ohjearvoihin. Sulan maan aikana otetaan lisäksi ulkoilman vertailunäyte, johon sisäilmanäytteiden tuloksia verrataan.

Tutkitun tilan sieni-itiöpitoisuudet olivat tutkimusajankohtana alhaisia verrattuna ulkoilman vertailunäytteisiin. Tilan bakteeripitoisuus oli normaali.

#### **2.2.5 SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET**

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteet otettiin musiikkiluokasta 1177.

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus, ns. TVOC -arvo,  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kokonaispitoisuus oli tavanomaisella tasolla. Yhdisteiden joukossa vallitsevaa tasoa selvästi korkeampana pitoisuutena havaittiin näytteessä 1,4-ksyyleeniä, jota käytetään liuottimena. Todennäköisesti yhdiste on peräisin siivouskemikaaleista.

#### **2.2.6 PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT**

Pinnoille kahden viikon aikana laskeutuvien mineraalikuitujen pitoisuuksia selvitettiin tasopinnoille asennettujen keräysalustojen avulla Lyyran musiikkiluokasta. Huoneesta otettiin kahdet rinnakkaiset näytteet. Tilassa mineraalikuitupitoisuus oli enintään  $0,07 \text{ kpl}/\text{cm}^2$ . Pitoisuus alittaa käytössä olevan ohjeellisen arvon.

#### **2.2.7 AISTINVARAISET HAVAINNOT KOHTEESSA**

Lyyran erityisopettajan huoneen ja sähkökaapin välisessä seinässä on yksi sähköputkiläpivienti. Pääosa kaapeleista oli vedetty sähkökaapista käytävän alaslasketun katon yläpuolelle (Kuva 7).



**Kuva 7.** Erityisopettajan tilan viereisen sähkökaapin sähköjohdot oli vedetty käytävän alaslasketun katon yläpuolelle. Alaslasketun katon yläpuolella oli avointa mineraalivillaa, mikä suositellaan poistettavan.



**Kuva 8.** Luukku ryömintätilaan oli musiikkiluokan ulkopuolella käytävällä. Ryömintätilan luukun kautta havaittiin ilmavirtaus huonetilaan päin (paine-ero 10 Pa). Luukku tulee tiivistää ilmatiiviiksi. Ryömintätilan ilmanvaihto suositellaan tasapainotettavan siten, että tila on alipaineinen yläpuolisiin huonetiloihin nähden.



**Kuva 9.** Ryömintätilassa havaittiin avoin viemäriiitos, josta jätteet olivat pääseet suoraan ryömintätilaan. Kiinteistöhoitaja tilasi välittömästi loka-auton puhdistamaan kohdan sekä paikkaamaan putken.



**Kuva 10.** Muualla ryömintätila oli siisti, soraa on riittävästi, eikä tilassa havaittu kosteuden aiheuttamia jälkiä. Ontelolaattavälipohja on eristetty alapuolelta EPS-levyillä. Muutama levy oli pudonnut pois paikoiltaan. Suositellaan eristelevyjen kiinnittämistä paikoilleen.



## 2.3 JOHTOPÄÄTÖKSET

- Sisäilman laatu oli mittaushetkellä mikrobin, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja mineraalivillakuitujen osalta normaali.
- Lyyrassa havaittiin merkittäviä ilmavuotokohtia ulkoseinärakenteessa, mutta ilmavuotoja ei havaittu ryömintätilasta sisäilmaan päin, vaikka ryömintätila oli ylipaineinen suhteessa sisäilmaan. Erityisopettajan tilassa ei havaittu ilmavuotoja viereisestä sähkökaapista opetustilaan päin.
- Musiikkiluokan painesuhteet ulkoilmaan nähden vaihtelivat seurantajakson aikana voimakkaasti. Tämä voi johtua tuuliolosuhteista mittauskohdassa. Tila oli pääsääntöisesti yli 10 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden, mikä lisää epäpuhtauksin siirtymistä rakenteen ilmavuotokohtien kautta sisäilmaan.

## 3 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

- Kaikki rakenteissa havaitut epätiiviyyskohdat suositellaan tiivistämään ilmatiiviiksi. Tiivistämistyöt suositellaan suoritettavan ainakin niissä tiloissa, joissa on havaittu oireilua. Tiivistystyö tulee toteuttaa asiantuntijan laatiman suunnitelman mukaisesti. Tiivistystöiden laadunvarmistus suositellaan tehtäväksi merkkiainekokeiden avulla ennen pintamateriaalien asennusta.
- Rakennuksen ilmanvaihdon säätäminen siten, että huoneilma on keskimäärin lähes tasapainossa suhteessa ulkoilmaan kaikkina vuorokauden aikoina. Lisäksi tuulettuvan alapohjatilan ilmanvaihto tulee säätää siten, että tila on alipaineinen yläpuolisiin huonetiloihin nähden. Luukku tulee tiivistää ilmatiiviiksi.
- Käytävän alaslasketun katon yläpuolella oli avointa mineraalivillaa, mikä suositellaan poistettavan.
- Tuulettuvan alapohjatilan pudonneet eristelevyt suositellaan kiinnitettävän paikoilleen.

Helsingissä, 5.12.2014  
Sweco Rakennetekniikka - Finnmap Consulting Oy



Sanna Pohjola  
MML, projektipäällikkö



Ilkka Jerkku  
DI, yksikön päällikkö

## LIITTEET

Liite 1	Mittaustulokset
Liite 2	Mittauspisteet pohjakuvissa
Liite 3	Paine-erojen seurantakuvaajat
Liite 4	Merkitietutkimustulokset