

# TUTKIMUSSELOSTUS

TOIJALAN YHTEISKOULU  
ERITYISOPETUS- JA OPPILASHUOLTOSIIVET, 1.KRS

JÄLKISEURANTATUTKIMUKSET  
SISÄILMAN ALTISTISTUMISOLOSUHTEIDEN ARVIOINTI

31.1.2022



**Sisällys**

1	Yleistiedot .....	3
2	Kohteen kuvaus ja tutkimuksen tausta .....	4
3	Tutkimusmenetelmät .....	7
4	Jälkiseurantatutkimukset, havainnot ja mittaustulokset.....	8
4.1	Aistinvaraiset havainnot.....	8
4.2	Kosteusmittaukset .....	14
4.3	Merkitseväkokeet.....	15
4.4	Seurantamittaukset.....	19
5	Sisäilman altistumisolosuhteiden arviointi.....	21
6	Yhteenveto jälkiseurannasta ja toimenpide-ehdotukset.....	24

## 1 Yleistiedot

### Tutkimuskohde

Toijalan yhteiskoulu  
Erityisopetus- ja oppilashuoltosiivet, 1.krs  
Kurisjärventie 18  
37800 Akaa

### Tilaaaja

Akaan kaupunki  
Myllytie 3  
37800 Akaa

### Yhteyshenkilö:

Kari Turva, rakennuttaja-asiantuntija  
puh. 040 335 3062, [kari.turva@akaa.fi](mailto:kari.turva@akaa.fi)

### Tutkimuksen tavoite

Rakennukseen vuosina 2019–2021 tehdyissä sisäilma- ja kosteusteknisissä kuntotutkimuksissa on todettu sisäilman laatuun liittyviä puutteita. Vuonna 2020 rakennuksen ensimmäisen kerroksen erityisopetussiipeen ja terveydenhoitosiipeen on tehty sisäilmakorjauksia, jotka käsittivät pääosin rakenteiden ilmatiivyyden parantamista. Nyt tehtyjen jälkiseurantatutkimusten tavoitteena oli selvittää tehtyjen korjaustoimenpiteiden onnistumista ja päivittää kyseisiä siipiä koskeva vuosien 2019–2021 tutkimusten perusteella laadittu sisäilman altistumisolosuhtearvio.

### Tutkimusajankohta

Jälkiseurantatutkimukset kohteessa suoritettiin 30.12.2021. Paine-eron seurantamittaukset tehtiin aikavälillä 30.12.2021-17.1.2022.

### Tutkimuksen tekijät

Vahanen Rakennusfysiikka Oy  
Tampellan esplanadi 2  
33100 Tampere

Natalia Kajava, DI, RTA p. 044 7688 449, [natalia.kajava@vahanen.com](mailto:natalia.kajava@vahanen.com)  
Tuomas Ryhänen, TkK

Projekti: TAFY600/01

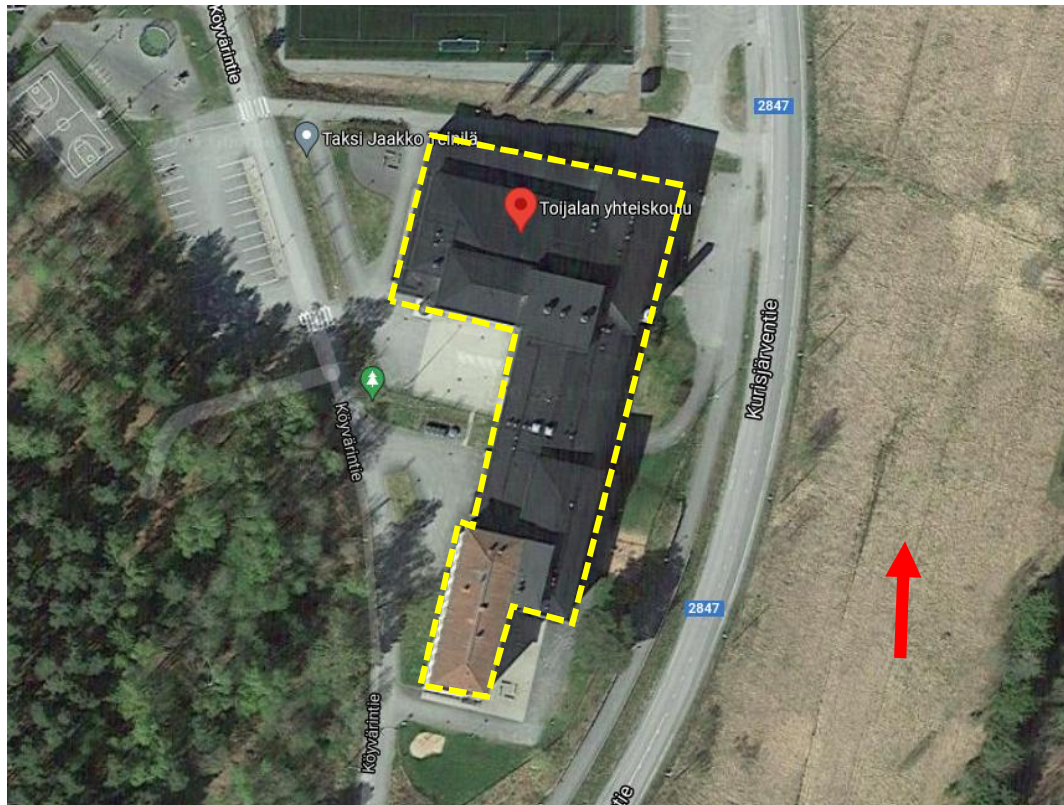
## 2 Kohteen kuvaus ja tutkimuksen tausta

### Kohteen kuvaus

Toijalan yhteiskoulu on valmistunut 1950-luvulla ja sitä on laajennettu 1970-luvulla. Kiinteistö on peruskorjattu kolmessa vaiheessa vuosien 2010–2012 aikana, jolloin mm. rakennuksen LVIA-tekniikkaa on uusittu laajasti. 1950-luvulla rakennettu rakennuksen osa on viisikerroksinen ja 1970-luvulla rakennettu osa kolmekerroksinen. Molempien rakennusten alimmat kerrokset ovat kokonaan tai osittain maanpinnan alapuolella.

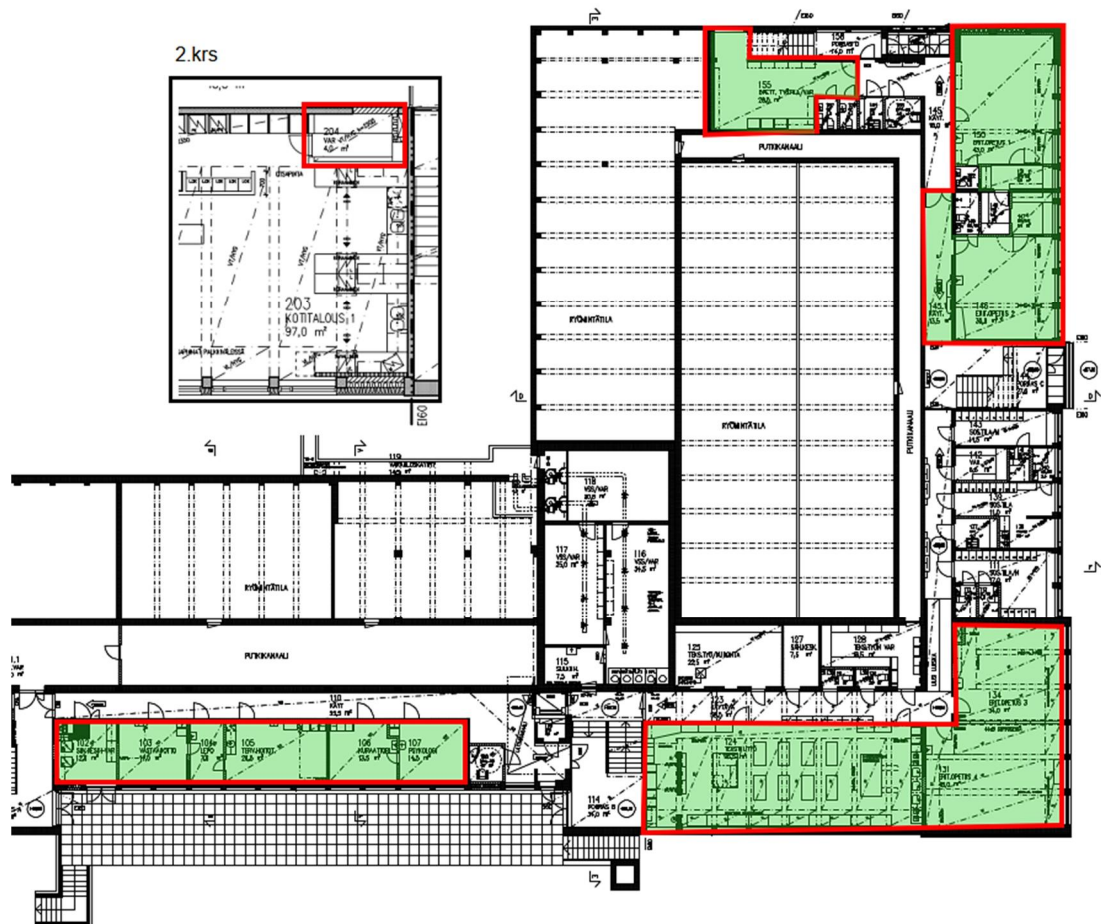
Kantavat rakenteet ovat betonia tai massiivitiiltä. Alapohjat ovat osin maanvastaisia ja osin ryömintätilaisia betonirakenteita. Välipohjat ovat eristekerroksellisia ylä-/alalaatta-palkistoja. Ulkoseinärakenteet ovat vanhalla osalla massiivitiiliseiniä ja uudella osalla tiili-villa-tiilirakenteisia. Peruskorjauksen yhteydessä ulkoseiniin on asennettu eristerrappaus. Vanhalla osalla vesikate on betoniitiiltä ja uudemmalla osalla konesaumattu peltikate.

Rakennus on esitetty alla olevassa ilmakuvassa.



Kuva 1. Ilmakuva kohteesta (Google Maps). Toijalan yhteiskoulu on rajattu kuvaan keltaisella viivalla. Pohjoinen ilmansuunta on osoitettu punaisella nuolella.





Kuva 2. Toijalan yhteiskoulu, 1. kerros. Jälkiseurantatutkimuksen kohteena olleet erityisopetuksen ja oppilashuollon siipien tilat on merkitty punaisella pohjavärillä. Lisäksi alueeseen kuului 2. kerroksen varasto 204.

### Aiemmissa tutkimuksissa todetut sisäilmapuutteet

Kohteeseen on tehty viime vuosina useita eriasteisia tutkimuksia ja selvityksiä. WSP Finland Oy:n 10.10.2020 päivätty tutkimusselostus käsittelee Toijalan yhteiskoulu kokonaisuutena ja muut tutkimukset ovat lähinnä täydentäviä selvityksiä, jotka kohdistuvat yksittäisiin tiloihin. Tutkimuksissa todettuja, merkittävimpiä sisäilman laatuun ja rakenteiden kosteustekniseen toimintaan liittyviä puutteita olivat:

- Ryömintätilojen epäpuhtaudet ja läpivientien ilmatiiviyspuutteet.
- Ala- ja välipohjarakenteiden paikalliset kosteuspoikkeamat ja VOC-materiaalinäytteiden viitteet muovimattopäällysteen kosteusvaurioitumisesta.
- Ala-/välipohjien kaksoislaattojen eristetilojen (mineraalivilla) paikalliset kohonneet kosteudet ja ko. rakenteiden ilmatiiviyspuutteet.
- Tekniikkakoteloiden (tilat 146 ja 204) epäpuhtauslähteet/hajut ja ilmatiiviyspuutteet.
- Julkisivun, lähinnä ikkunapellitysten paikalliset vesitiiviyspuutteet.
- Ulkoseinä-rakenteissa olevien vanhojen ikkunatilkkeiden paikalliset mikrobikasvut ja ikkunaliittymien ilmatiiviyspuutteet.

- Rakennuksen painesuhteiden voimakas vaihtelu ylipaineesta alipaineeseen johtuen tulo- ja poistoilmavirtojen epätasapainosta.

### Tehdyt sisäilmakorjaukset

Vuonna 2020 on tilaajalta saadun listauksen mukaan tiloissa suoritettu seuraavia korjauksia:

- Ulkoseinien ja ikkunarakenteiden liitosten sekä ulkoseinien ja lattiarakenteiden (AP/VP) liitosten ilmatiivyyden parantaminen
  - Erityisopetuksen siiven tilat 155, 150, 151, 146, 147, 134, 131, 124
  - Oppilashuollon siiven tilat 103–107
  - Oppilashuollon siiven tiloissa alapohjien tiivistämisen yhteydessä on ulkoseinien vierustoilta uusittu muovimattoa 300 mm leveydeltä.
- Tekniikkahormin sisällä olevien läpivientien tiivistys erityisopetuksen siiven tilassa 147. Tekniikkahormin uudelleen rakentaminen sekä kotelarakenteiden liitosten tiivistys viereisiin lattia- ja seinärakenteisiin.
- Ulkoseinän läpivientien (ei patterikiinnikkeitä) sekä ulkoseinä- ja portaikkorakenteen liitoksen ilmatiivyyden parantaminen erityisopetussiiven tilassa 155.
- Muovimaton hitsaussaumojen tarkistus ja uusiminen tarvittavilta osin erityisopetuksen siiven tilan 146 viereisellä käytävällä.
- Alapohjan uusiminen kokonaisuudessaan ja uusien vedeneristysten asennus oppilashuollon siiven siivouskeskuksessa 102.
- Hormin purku ja läpivientien tiivistys. Hormin uudelleen rakentaminen sekä hormiin liittyvien seinä- ja lattiarakenteiden liitosten tiivistys toisen kerroksen varastotilassa 204.

Tutkimusselostusta laadittaessa on ollut käytettävissä seuraava lähtöaineisto:

- Kuntotutkimus, WSP Finland Oy, 20.9.2019
- Kuntotutkimus, WSP Finland Oy, 10.10.2019
- Lausunto Toijalan yhteiskoulun sisäilmatutkimusten terveydellisestä merkityksestä, Terveystalo, 28.10.2019
- LVIA-järjestelmien jatkotutkimukset, WSP Finland Oy, 31.12.2019
- Kuntotutkimus, jatkoselvitykset, WSP Finland Oy, 18.2.2020
- Kuntotutkimus, Keittiö ja auditorio, WSP Finland Oy, 17.3.2020
- Keittiön ilmanvaihdon tutkimukset, WSP Finland Oy, 26.5.2020
- Kuntotutkimus, Kotitalousluokka 203, WSP Finland Oy, 17.6.2020
- Rajattu asbesti- ja haitta-ainekartoitus, WSP Finland Oy, 17.6.2020
- VOC-ilmanäytteet, WSP Finland Oy, 29.7.2020 (päivitetty 30.10.2020)
- Sisäilmatutkimus, Opinto-ohjaajan huone 210, WSP Finland Oy, 18.9.2020
- Merkkiainemittaus ja altistumisolosuhteen arviointi, tilat 146 ja 150, WSP Finland Oy, 13.10.2020

### 3 Tutkimusmenetelmät

#### Aistinvarainen arviointi

Tilojen pinnat tarkastettiin aistinvaraisesti rakennetta rikkomatta niiltä osin, kun ne olivat huonekalujen ja irtaimen puolesta tarkastettavissa. Samalla arvioitiin tilojen hajuja ja aistinvaraista sisäilman laatua.

#### Pintakosteuskartoitus

Kenttätutkimuksissa käytettiin aistinvaraisten havaintojen apuvälineenä pintakosteusilmaisinta Gann Hydrotest LB70 teleskooppipinta-anturi ja LG1 -lukulaiteyhdistelmää, asteikko 0-173. Pintakosteudenilmaisimien kohdistettiin mitattavaan rakenteen pintaan ja laitteistolla havaitut arvot luettiin mittapähän kytketyn lukulaitteen näytöstä. Pintakosteustutkimukset ovat ainetta rikkomattomia vertailututkimuksia, missä samasta rakenteesta eri kohdista havaittuja arvoja verrataan keskenään. Näin saadaan kartoitettua alueet, joissa on mahdollisesti muusta alueesta poikkeavia lukemia. Pintakosteudenilmaisimen toiminta perustuu materiaalien sähkönjohtavuuteen, johon kosteuden lisäksi vaikuttavat useat tekijät, mm. suolakerrostumat, teräkset, eri materiaalien koostumukset ja rakenteiden pintaosien vaihtelut.

#### Viilto mittaukset

Lattiapäällysteiden alapuolinen suhteellinen kosteus ja lämpötila mitattiin Vaisala Oy:n HMP42-mittapäillä. Mittaus tehtiin asentamalla mittapää lattiapäällysteen alle päällysteeseen tehdyn viillon kautta. Viilto tiivistettiin ja mittapään annettiin tasaantua vähintään 15 min ajan, minkä jälkeen tulokset luettiin Vaisala HMI41-lukulaitteella. Mittausten välissä mittapäiden annettiin tasaantua mitattavan tilan olosuhteisiin ennen uuden mittapisteen viiltoa. Mittapään mittaustarkkuus suhteellisen kosteuden osalta on noin  $\pm 2\%$ . Kosteusmittauksissa käytetyt mittapäät kalibroidaan Vahanen Rakennusfysiikka Oy:ssä vähintään neljän kuukauden välein.

#### Merkkiainekokeet

Rakenteiden ilmatiiveyttä tutkittiin merkkiainetutkimuksin, jotka suoritettiin ohjekortin *RT 14-11197 Rakenteiden tarkastelu merkkiainekokein* mukaisesti. Merkkiainekokeessa laskettiin kaasua (5 % H<sub>2</sub> + 95 % N<sub>2</sub>) tutkittavan rakenteen sisälle eriste- tai täyttökerrokseen. Sensistor 9012 WRS-merkkiaineanalysaattorilla paikallistettiin rakenteista kohdat, joista kaasu virtasi huonetilaan. Merkkiainekokeen yhteydessä tila alipaineistettiin tutkittaviin rakenteisiin nähden noin 10 Pa alipaineeseen Retrotec-puhaltimen avulla ja hetkelliset paine-erot mitattiin Testo 512-paine-eromittarilla.

#### Painesuhteiden seurantamittaukset

Tilojen painesuhteita tarkasteltiin sisä- ja ulkoilman sekä sisäilman ja ryömintätilan välisillä paine-eromittauksilla. Sisäilman ja ulkoilman välisten painesuhteiden seurantamittaukset toteutettiin jatkuvatoimisilla paine-eromittauksilla Beck- ja Tinytag Plus-mittalaite – tiedonkerääjäyhdistelmillä noin kahden viikon mittausjaksolla.

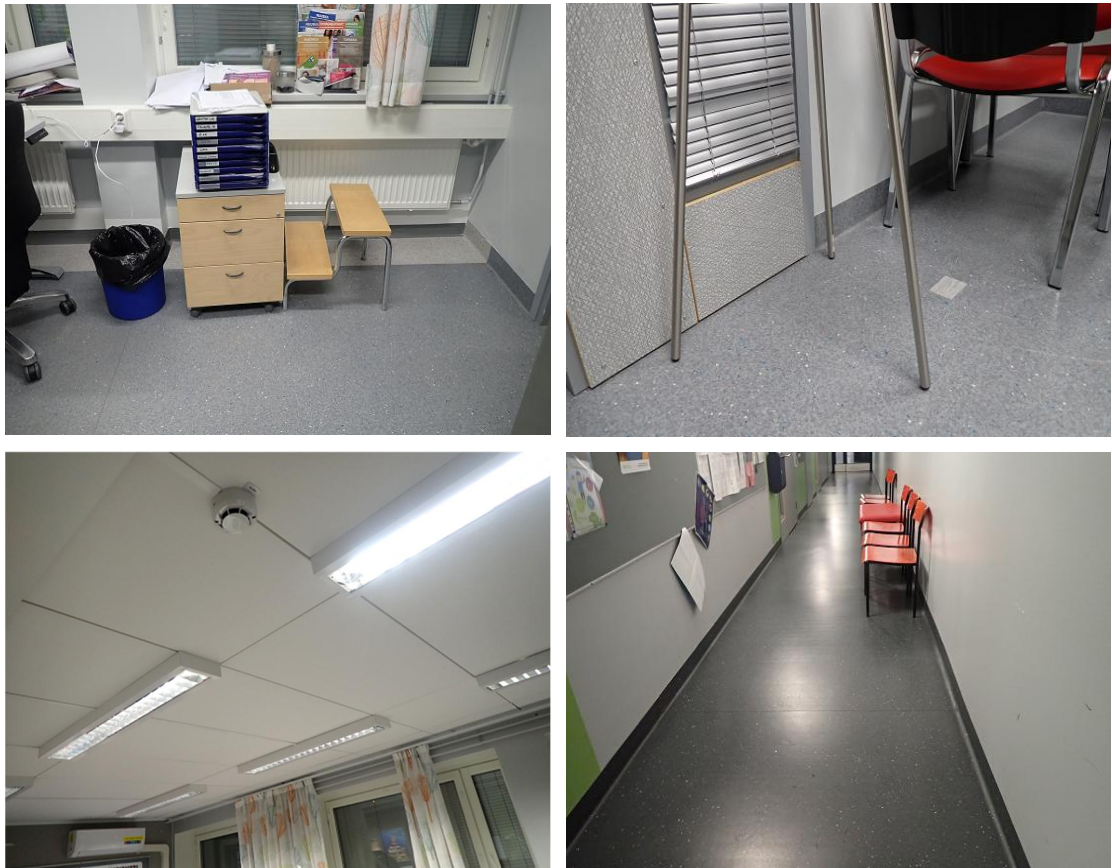
## 4 Jälkiseurantatutkimukset, havainnot ja mittaustulokset

### 4.1 Aistinvaraiset havainnot

Tutkimusten yhteydessä tiloihin tehtiin aistinvarainen tarkastus, jonka yhteydessä havainnoitiin tilojen sisäilman laatua ja tarkasteltiin tehtyjen korjausten laatua silmämääräisesti. Lisäksi avattiin alakattorakenteita pistokoeluentoisesti ja arvioitiin niiden puhautta ja mahdollisia epäpuhtauslähteitä.

Joulukuun 30. päivä tehdyllä kohdekäynnillä havaittiin lievästi tunkkaista/ryömintätilan hajua erityisopetuksen siiven porrashuoneessa 144 (ei varsinaista tutkimusaluetta). Oppilashuollon siiven käytävällä 110 havaittiin lievästi muovimaista hajua, käytävällä ei havaittu ilmanvaihtoa. Muilta osin tutkituissa tiloissa ei tehty havaintoja tavanomaista poikkeavista hajuista ja sisäilman laatu arvioitiin aistinvaraisesti hyväksi. Siivottavuus havaittiin pääosin hyväksi, yksittäisillä ikkunalaudoilla oli varastoituna tavaraa.

Alla olevissa kuvissa on selostettu tarkemmin tiloista tehtyjä aistinvaraisia havaintoja.

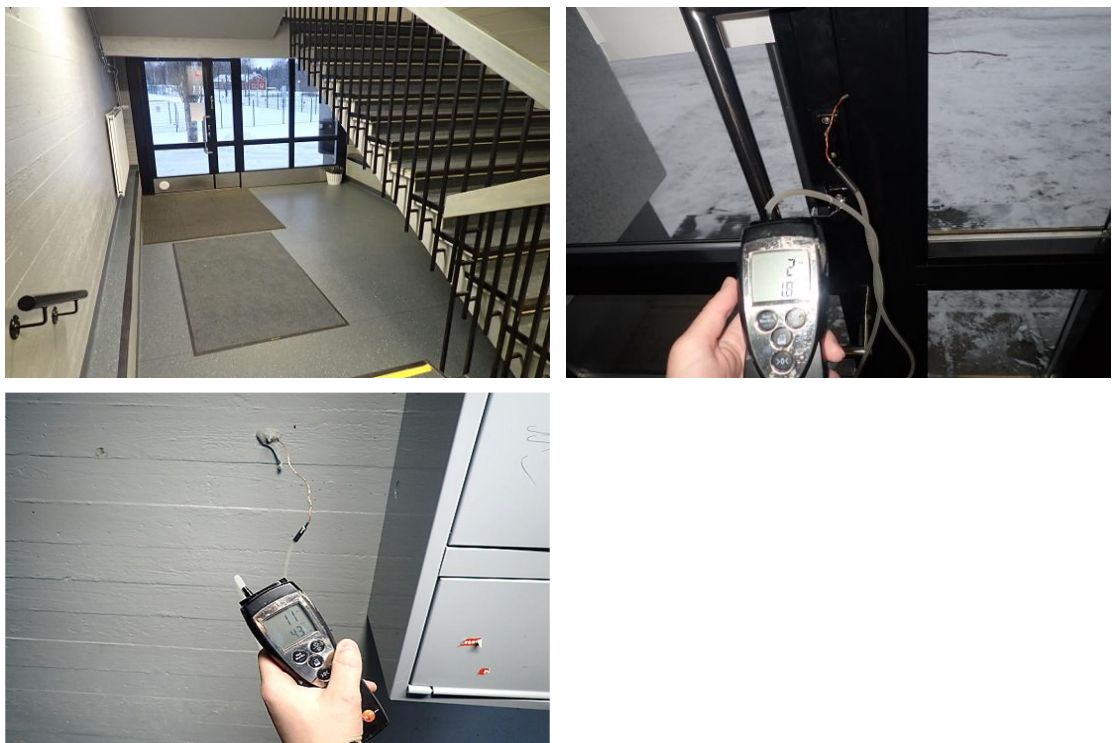


*Kuva 3 a...d. Yleiskuvia oppilashuollon siiven tiloista. Tilat olivat siistit eikä niissä havaittu aistinvaraisesti merkittäviä puutteita. Paikoin ikkunalaudoilla säilytetään tavaroita (kuva a). Käytävällä 110 havaittiin muovimaista hajua. Lattioissa on paikoin vanhojen mittauskohtien paikkauksia (kuva b).*





*Kuva 4 a...d. Yleiskuvia erityisopetussiiven tiloista. Tilat olivat siistit eikä niissä havaittu aistinvaraisesti merkittäviä puutteita. Käytävien muovimatoista on paikoin auennut saumojen (kuva d).*



*Kuva 5 a...c. Erityisopetussiiven porrashuoneessa havaittiin tunkkaista/ryömintätilan hajua. Hetkellisten paine-eromittausten mukaan porrashuone oli ylipaineinen ulkoilmaan (n. 2 Pa) ja viereiseen putkikanaaliin (n. 11 Pa) nähden.*

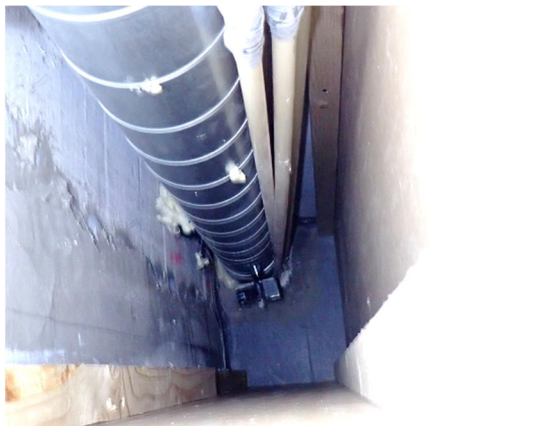


*Kuva 6 a...d. Yleiskuvia tutkittujen tilojen korjauksista. Alapohjan ja ulkoseinien, välipohjan ja ulkoseinien sekä ikkunoiden ja ulkoseinien välisiä rakenneliittymiä on tiivistetty Ardex-tuotteilla. Siivouskeskuksen 102 alapohjarakenne on lähtötietojen mukaan uusittu (kuva d).*



*Kuva 7 a...b. Kotitalousluokan varastotila 204, jonka levyrakenteinen hormi on lähtötietojen mukaan uusittu. Hormin liitos välipohjan alapintaan on tiivistetty uretaanivaahdolla. Putkiläpivientejä hormiin ei ole aistinvaraisen tarkastelun perusteella tiivistetty. Tilassa ei havaittu poikkeavia hajuja.*

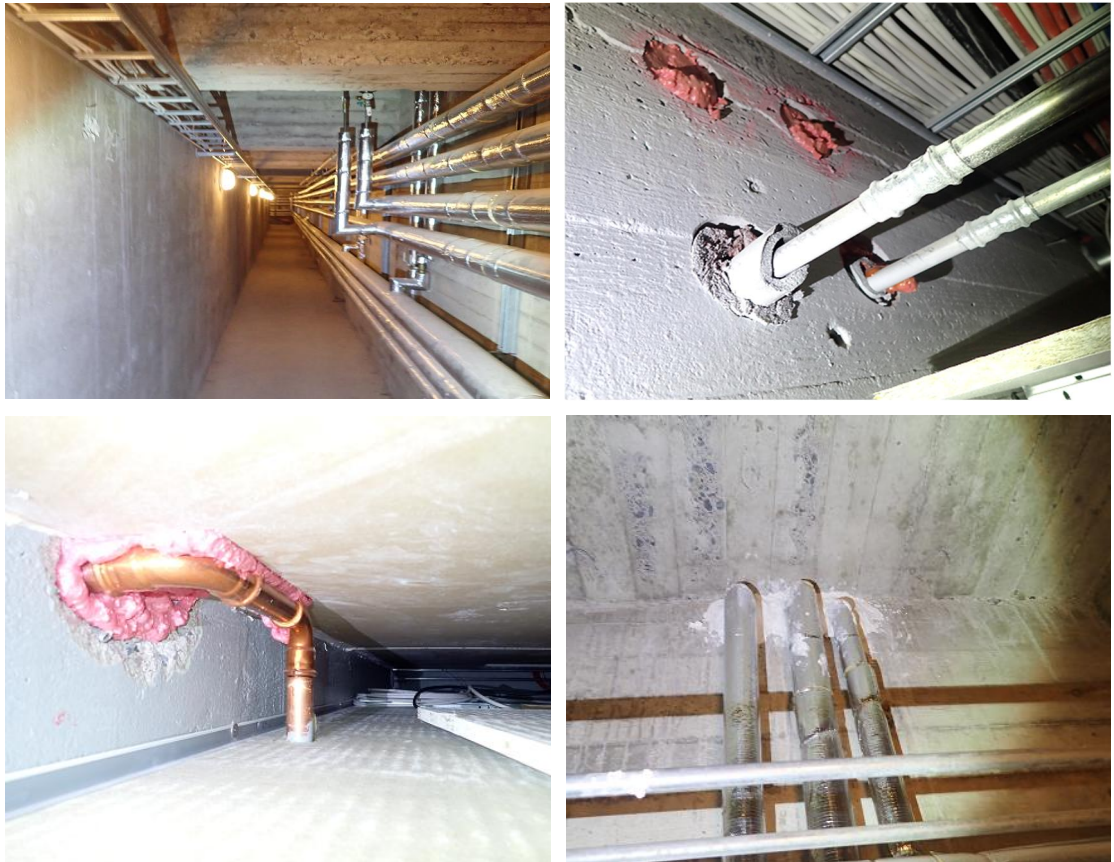




*Kuva 8 a...d. Korjausten kohteena ollut levyrakenteinen hormi erityisopetuksen tilassa 146. Hormissa olevien kanava- ja sähköjohtojen läpiviennit ala- ja välipohjaan on tiivistetty polyuretaanivaahdolla. Aistinvaraisessa tarkastelussa hormissa ei havaittu puutteita tai poikkeavia hajuja.*



*Kuva 9 a...b. Alakatot tarkastettiin pistokoeluontoisesti eikä niiden puhtaudessa todettu merkittäviä puutteita.*



*Kuva 10 a...d. Yleiskuvia erityisopetussiiven käytävien 145 ja 123 viereisestä putkikaanalista ja sen läpiviennistä. Läpiviennit kanaalin seinässä on tiivistetty molemmilta puolin polyuretaanivaahdolla / elastisella massalla. Merkkisavulla ei läpivientien kohdalla havaittu ilmavirtauksia.*



*Kuva 11 a...b. Käytävän 123 alakaton yläpuolisessa tilassa välipohjan (katon) liikuntasaumaa on tiivistetty liimamassalla. Saumaa ei ole tiivistetty kauttaaltaan ja paikoin liikuntasauman eriste (puulevy tai vastaava) on näkyvissä. Merkkisavulla havaittiin ilmavirtaus alakattotilasta liikuntasaumaan päin.*





*Kuva 12 a...f. Yleiskuvia erityisopetuksiiven tilojen alla sijaitsevista ryömintätiloista. Ryömintätiloissa on poistoilmanvaihto/tuuletus, merkisavulla ja aistinvaraisesti havaittiin voimakas ilmavirtaus ryömintätilasta ulkoilmaan päin. Ryömintätilojen rakenteet ovat paikalla valettua betonia, rakenneliittymät ovat aistinvaraisesti tarkasteltuna ilmatäiviit. Ryömintätilan katossa on viemäriämpivientejä yläpuolisiin WC-tiloihin. Aistinvaraisesti tarkasteltuna läpiviennit vaikuttivat alapuolelta epätiiviltä, merkisavulla ei kuitenkaan havaittu ilmavirtauksia läpivientien kohdalla.*

## 4.2 Kosteusmittaukset

Tutkituissa tiloissa on lattiapäällysteenä muovimatto. Pintakosteuskartoituksessa todettiin alueen vertailulukemiin nähden kohonneita pintakosteuslukemia erityisopetussiiiven tiloissa 155 (opett. työtila / var.), 145 (käytävä), 144 (porras), 142 (var.) ja 123 (käytävä). Kosteuspoikkeama-alueille tehtiin 3 kpl viiltomittauksia. Viiltomittausten tulokset on esitetty taulukossa 1. Pintakosteuskartoituksen tulokset tiloittain on esitetty liitteessä 1.

*Taulukko 1. Lattiapäällysteen alapuolelle 30.12.2021 tehtyjen viiltomittausten tulokset. Taulukossa on esitetty lämpötila (t) ja suhteellinen kosteus (RH) sekä ilman kosteussältö (abs). Sisäilman olosuhteet on mitattu lattian rajasta kosteusmittauspisteen vierestä.*

Tila	Mittaussyvyys	Mittapää (nro)	°C	%RH	abs [g/m <sup>3</sup> ]
V1, käytävä 145.1	muovimaton alta	H2	17,6	67,0	10,1
	sisäilma	H1	18,3	22,0	3,4
V2, opett.työtila 155	muovimaton alta	H3	16,5	75,2	10,6
	sisäilma	H1	18,7	21,2	3,5
V3, käytävä 123	muovimaton alta	H1	20,6	84,4	15,1
	sisäilma	H3	20,2	19,6	3,4



*Kuva 13. V1, 67 % RH. Ei poikkeavaa hajua, maton tartunta hyvä. Kiinnitysliimassa ei poikkeavuuksia.*



*Kuva 14. V2, 75,2 % RH. Ei poikkeavaa hajua, maton tartunta kohtalainen. Kiinnitysliimassa ei poikkeavuuksia.*



*Kuva 15. V3, 84,4 % RH. Ei poikkeavaa hajua, matto irti alustastaan. Kiinnitysliimassa ei poikkeavuuksia.*



### 4.3 Merkkiainekokeet

Rakenteisiin tehtiin yhteensä neljä merkkiainekoetta, joista kaksi alapohja- ja kaksi ulkoseinärakenteeseen. Merkkiainekokeissa selvitettiin lattian eristetilan/maaperän ja huonetilojen sekä ulkoseinän eristetilan ja huonetilojen välisiä ilmapuotoreittejä. Kaasua syötettiin alapohjan täyttö-/eristerrokseen laatan läpi poratun reiän kautta ja ulkoseinässä sisäkuoren läpi poratun reiän kautta. Kaasua syötettiin 3...5 l/min virtausnopeudella noin 10–15 minuutin ajan. Merkkiainekokeita varten tutkittavat tilat alipaineistettiin 10 Pa alipaineeseen alapohjaan/ulkoseinään nähden.

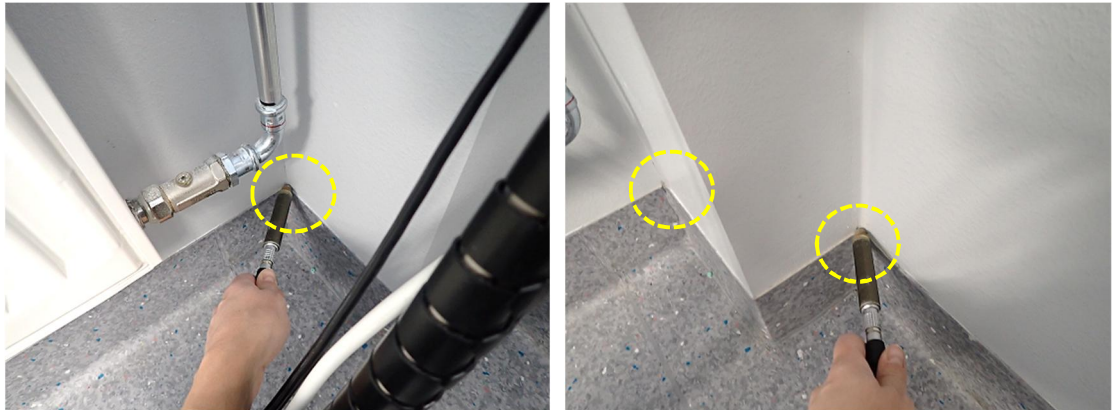
Merkkiainekokeissa todettiin pistemäisiä/vähäisiä ilmapuotoja. Merkkiainekokeissa tehtyjä havaintoja on esitetty seuraavissa valokuivissa ja merkkiainekokeiden tarkemmat sijainnit on esitetty liitteessä 1.



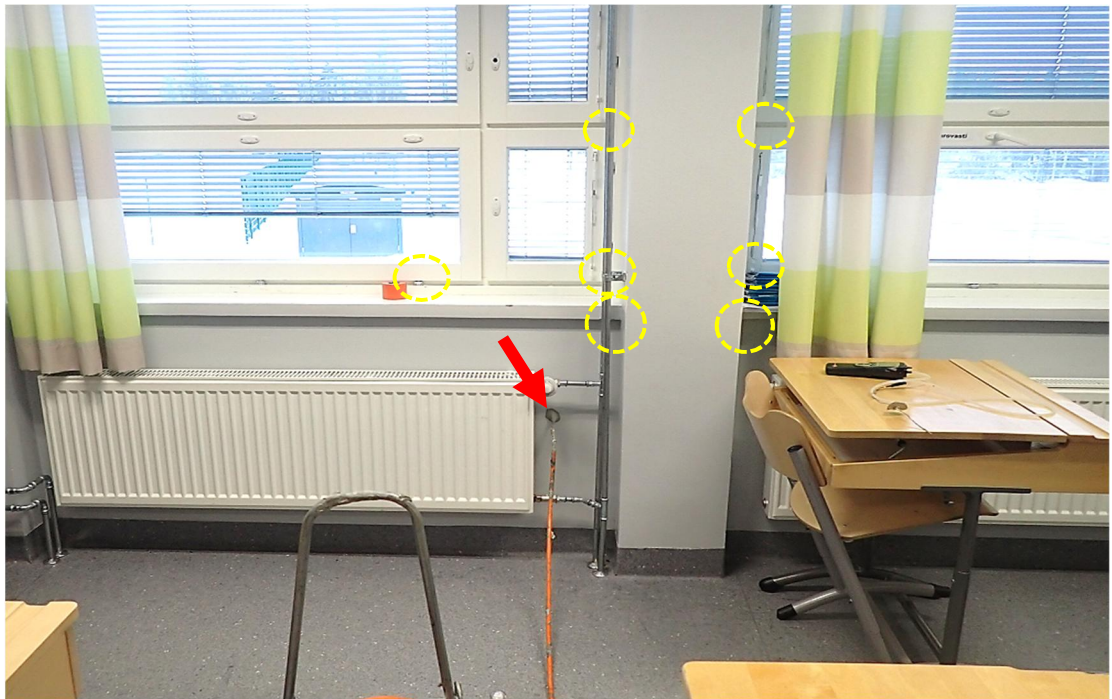
Kuva 16 a...b. Yleiskuvat tutkimusjärjestelyistä. Tilat alipaineistettiin merkkiainetutkimuksia varten n. 10 Pa alipaineeseen tutkittavaan rakenteeseen nähden.



Kuva 17. Yleiskuva merkkiainekokeen MA1 AP suorituspaikasta huoneessa 146 erityisopetus. Merkkiainekaasua laskettiin ryömintätalaisen alapohjan askeläänikerrokseen. Kaasun syöttöreikä on merkittyä punaisella nuolella. Merkkiainekokeessa todettiin pistemäisiä ilmapuotoja pilarin nurkkakohdissa laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).

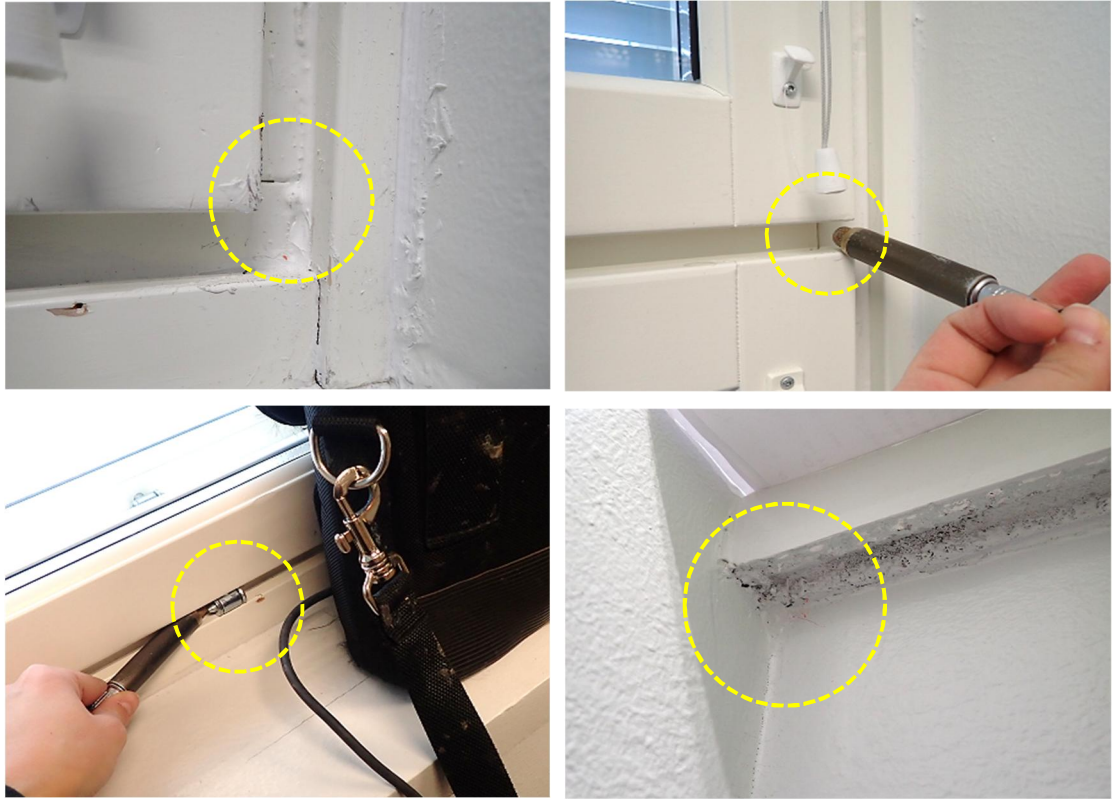


Kuva 18 a...b. Merkkiainekokeessa MA1 AP todettiin pistemäisiä ilmavuotoja pilariliitetyssä, muovimaton ylösnostojen nurkkakohdissa, laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).

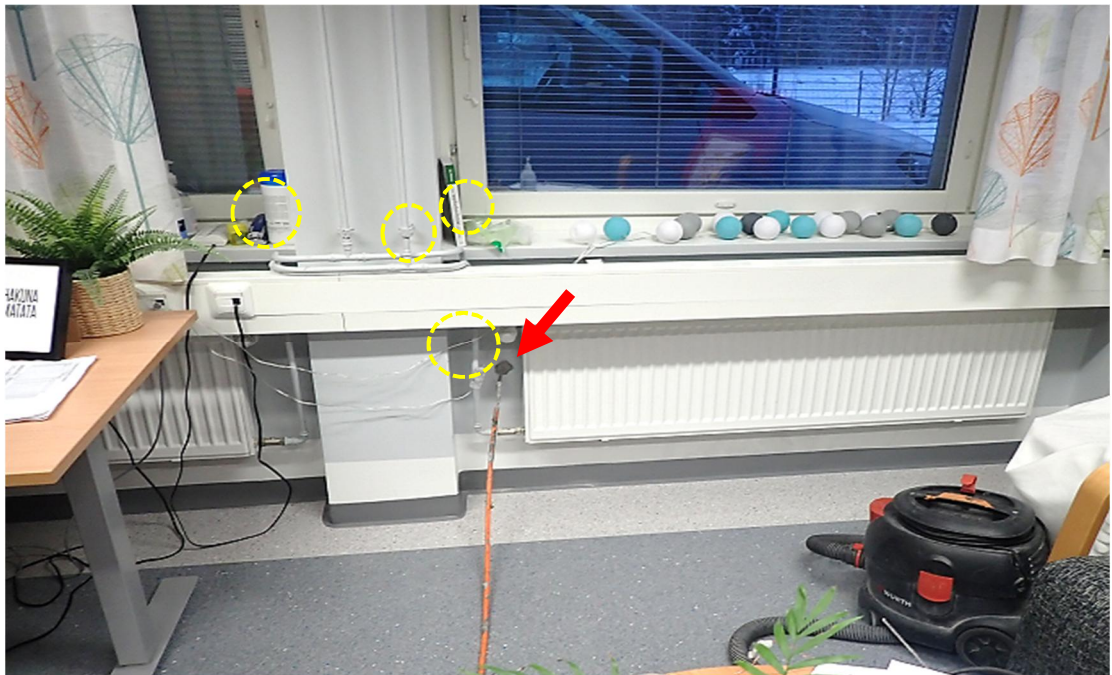


Kuva 19. Yleiskuva merkkiainekokeen MA2 US suorituspaikasta huoneessa 134 erityisopetus. Merkkiainekaasua laskettiin ulkoseinän lämmöneristyskerrokseen. Kaasun syöttöreikä on merkittyä punaisella nuolella. Merkkiainekokeessa todettiin pistemäisiä ilmavuotoja laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).





Kuva 20 a...d. Merkkiainekokeessa MA2 US todettiin pistemäisiä ilmavuotoja ikkunoiden sormiliitoksissa, saranoissa ja ikkunapenkin nurkissa laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).



Kuva 21. Yleiskuva merkkiainekokeen MA3 US suorituspaikasta huoneessa 106 kuuraattori. Merkkiainekaasua laskettiin ulkoseinän lämmöneristyskerrokseen. Kaasun syöttöreikä on merkittyä punaisella nuolella. Merkkiainekokeessa todettiin pistemäisiä ilmavuotoja laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).



Kuva 22 a...d. Merkkiainekokeessa MA3 US todettiin pistemäisiä ilmavuotoja ikkunoiden sormiliitoksissa, patteriputken kannakkeessa ja ikkunapenkin nurkissa laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).



Kuva 23. Yleiskuva merkkiainekokeen MA4 AP suorituspaikasta huoneessa 107 psykologi. Merkkiainekaasua laskettiin maanvastaisen alapohjan alustäyttöön. Kaasun syöttöreikä on merkittyä punaisella nuolella. Merkkiainekokeessa todettiin vähäisiä/pistemäisiä ilmavuotoa laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).



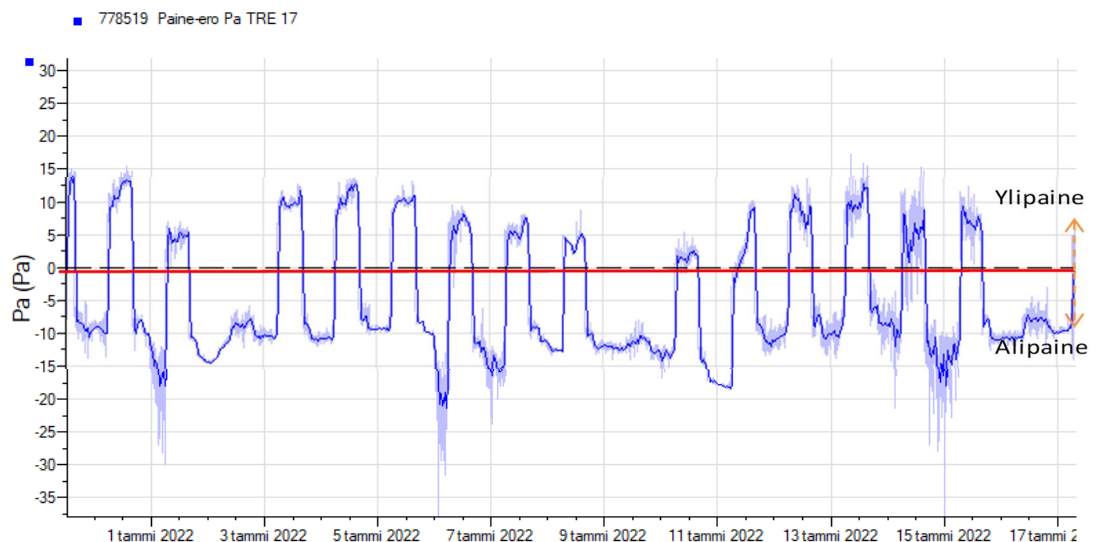


Kuva 24 a...d. Merkkiainekokeessa MA2 US todettiin pistemäisiä/vähäisiä ilmavuotoja pilarin nurkkakohdassa sekä väliseinän ja alapohjan liittymässä (maton saumassa) laitteen herkkyydellä 5 (pieni herkkyys).

## 4.4 Seurantamittaukset

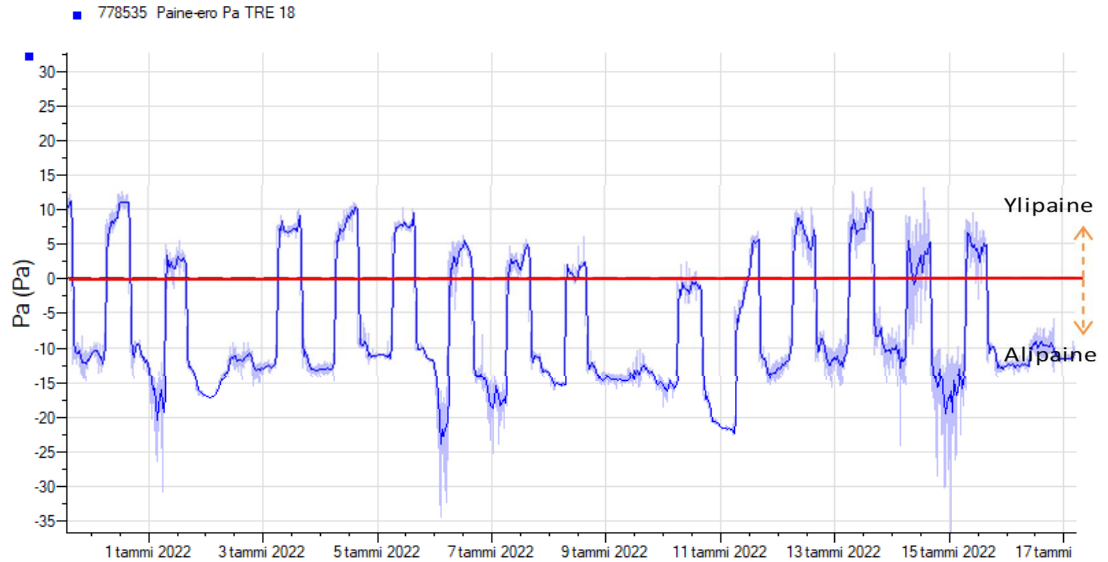
Sisäilman ja ulkoilman sekä sisäilman ja ryömintätilan välistä paine-eroa mitattiin seurantamittauksena aikavälillä 30.12.2021-17.1.2022. Seurantamittausten tulokset on esitetty seuraavissa kuvaajissa. Paine-eron ollessa positiivinen on ilmavirtaus huone-tiloista ulkoilmaan tai ryömintätilaan päin ja paine-eron ollessa negatiivinen on ilmavirtaus vastaavasti ulkoilmasta tai ryömintätilasta huonetiloihin päin. Seurantamittalaitteiden sijainnit on merkitty liitteen 1 pohjapiirustuksiin.

Pa TRE 17



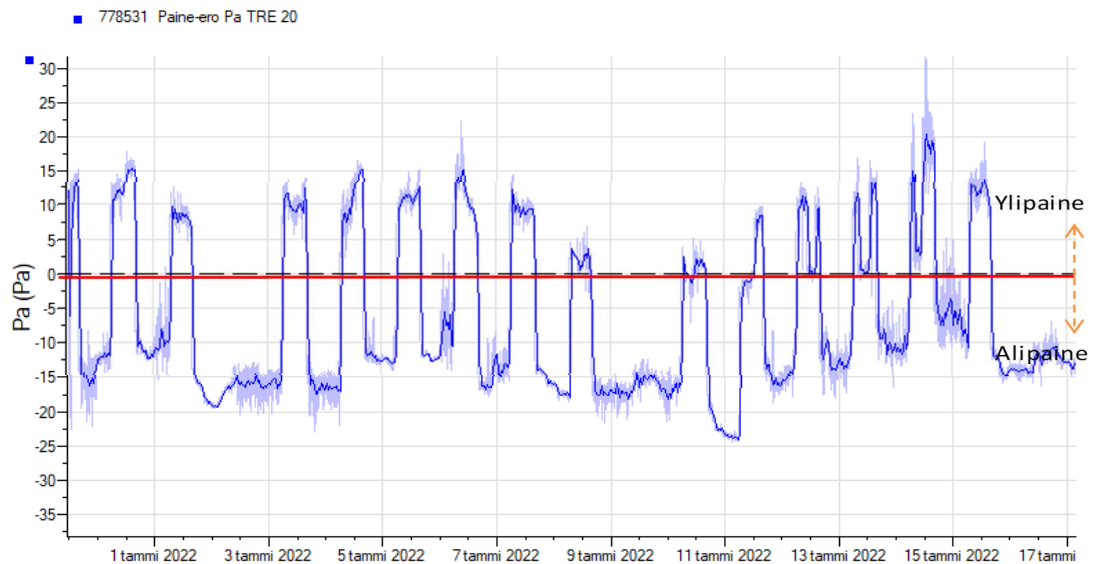
Kuvaaja 1. Sisäilman ja ulkoilman välinen paine-ero seurantajakson 30.12.2021-17.1.2022 ajan erityisopetuksen tilassa 146.

## Pa TRE 18



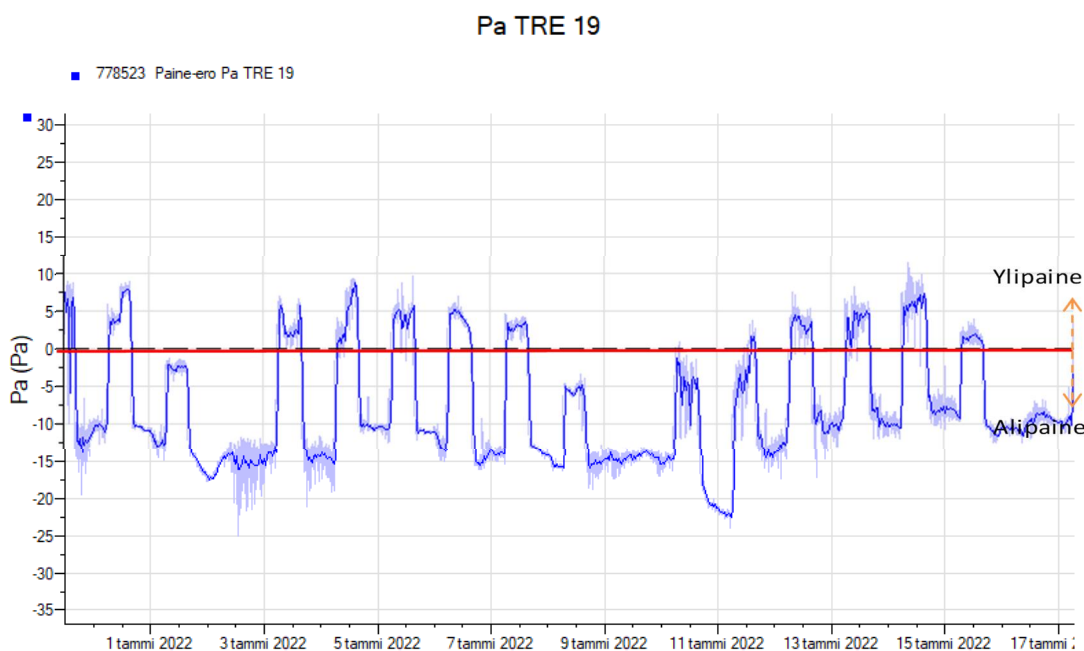
Kuvaaja 2. Sisäilman ja ryömintätilan välinen paine-ero seurantajakson 30.12.2021-17.1.2022 ajan erityisopetuksen tilassa 146.

## Pa TRE 20



Kuvaaja 3. Sisäilman ja ulkoilman välinen paine-ero seurantajakson 30.12.2021-17.1.2022 ajan tekstiilityön tilassa 124.





Kuvaaja 4. Sisäilman ja ulkoilman välinen paine-ero seurantajakson 30.12.2021-17.1.2022 ajan terveydenhoitajan tilassa 105.

## 5 Sisäilman altistumisolosuhteiden arviointi

Tutkimusten perusteella tehtiin sisäilman altistumisolosuhteiden arviointi Työterveyslaitoksen julkaisun *Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, 2017* mukaisesti.

Arvioinnissa kiinnitetään huomiota sisäilman laadun toimenpide-, ohje- ja viitearvoihin, rakenteiden mikrobivaurioitumiseen, ilmapuoretteihin, kuitulähteisiin, betonirakenteiden poikkeaviin kosteuspitoisuuksiin sekä mahdollisiin haitta-aine-esiintymiin. Arviointi kattaa rakennuksen käyttötilat, ei esim. teknisiä tiloja tai varastotiloja, joissa ei lähtökohtaisesti oleskella pitkiä aikoja.

Altistumisolosuhteiden arviointi tehdään seuraavien osa-alueiden perusteella:

- A. Mikrobivaurioiden laajuus rakenteessa
- B. Ilmayhteys ja ilmapuoretit epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen paine-erot
- C. Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilmaston laatuun
- D. Rakennuksesta peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet (mm. mineraalivillakuidut, materiaaliemissiöt, muovimattojen hajoamistuotteet, kreosootin haju, asbesti)

Altistumisen todennäköisyys ilmoitetaan neliportaisella asteikolla:

1. Tavanomaisesta poikkeava olosuhde epätodennäköinen
2. Tavanomaisesta poikkeava olosuhde mahdollinen
3. Tavanomaisesta poikkeava olosuhde todennäköinen
4. Tavanomaisesta poikkeava olosuhde erittäin todennäköinen

Altistumisolosuhteiden arvioinnin ja muiden tehtyjen selvitysten ja tutkimusten perusteella terveysviranomainen tai työterveyshuolto voivat tehdä terveydellisen merkityksen arvioinnin.

### A. Mikrobit

Rakenteiden mikrobiologista kuntoa on selvitetty vuosina 2019–2021 materiaalinäytteillä (yhteensä 11 kpl). Oppilashuoltosiiven ja erityisopetussiiven rakenteista on otettu neljä mikrobimateriaalinäytettä, joissa ei todettu mikrobikasvua. Rakennetyyppien (tiilivilla-tiili-ulkoseinät ja betoni-villa-betonialapohjat) kosteustekniset riskit ja julkisivuissa todetut vesitiiviyspuutteet huomioiden paikalliset mikrobikasvustot rakenteiden eristeiloissa ovat todennäköisiä, mutta viitteitä laajasta mikrobivaurioitumisesta ei ole todettu. Ikkunoiden ja vanhojen karmien välisissä tilkkeissä on materiaalinäyttein todettu paikallisia mikrobikasvustoja rakennuksen ylemmissä kerroksissa.

Alapohjien alla olevissa täyttökerroksissa (mm. ryömintätiloissa) on täyttömateriaalista johtuen mikrobiepäpuhtauksia. Rakennuksen ryömintätiloissa on myös jäämiä vanhoista muottilautoista, joissa saattaa esiintyä vanhoja mikrobikasvustoja.

### B. Ilmayhteys ja paine-erot

Rakenteiden ilmatiiveyttä on tutkittu vuosina 2019–2021 aistinvaraisesti, merkkisavulla ja merkkiainekokein (tilat 146, 150, 124). Merkkiainekokeissa on todettu pistemäisiä/vähäisiä ilmavuotoja ulkoseinien sisäkuoren kiinnikkeissä, välipohja- ja väliseinärakenteen liitoksissa ja hormin tarkastusluukussa. Merkkisavutarkasteluissa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa on havaittu läpivientien osalta puutteita ryömintätilan ja käyttötilojen välisessä betonirakenteessa. Tilojen 146 ja 204 levyrakenteisissa horneissa on havaittu poikkeavaa, mikrobiperäistä hajua.

Painesuhteita on selvitetty 22.08. – 05.09.2019 (ulkoilma-sisäilma / tilat 150, 155) ja 11.01. – 25.01.2021 (tila 148 / ryömintätila). Sisä- ja ulkoilman välinen painesuhde vaihteli tiloissa välillä -29...+ 20 Pa ja keskiarvo oli -2...-4 Pa. Tilat olivat pääsääntöisesti ylipaineisia koulun käyttöaikana, klo 6–18 välillä. Kouluajan ulkopuolella ja viikonloppuisin painesuhde muuttui alipaineiseksi.

Erytisopetussiiven varaston ja ryömintätilan välinen painesuhde vaihteli välillä -28...+11 Pa ja keskiarvo oli -12 Pa. Varasto on keskiarvollisesti alipaineinen ryömintätilaan verrattuna. Varaston paine-ero muuttui alipaineisesta ylipaineiseksi joka arkipäivä noin klo 06–16 välisenä aikana.

#### Tutkimukset 12/2021

Tässä tutkimuksessa tehdyissä merkkiainekokeissa todettiin n. 10 Pa alipaineessa tiivistyskorjatuissa rakenteissa pistemäisiä/vähäisiä ilmavuotoja ulkoseinä- ja alapohjarakenteista pilarien ja ikkunautojen nurkkakohdissa, ikkunoiden sormiliitoksissa ja sarranoissa sekä ulkoseinän sisäkuoren kiinnikkeessä.

Joulukuun 2021 ja tammikuun 2022 välillä tehtyjen paine-eromittausten mukaan tutkitut tilat olivat arkipäisin klo 6–16.30 välisenä aikana pääsääntöisesti noin 5...15 Pa ylipaineisia ulkoilmaan nähden ja noin 2...12 Pa ylipaineisia ryömintätilaan nähden. Mittausjaksolla oppilashuollon siipi on ajoittain ollut myös päiväaikaan klo 6–16.30 lievästi alipaineinen (noin -2...5 Pa) ulkoilmaan nähden. Tilojen normaalin käyttöajan ulkopuolella arkisin klo 16.30–6 ja viikonloppuisin tutkitut tilat olivat noin 10...20 Pa alipaineisia ulkoilmaan nähden. Ryömintätilaan nähden tilat olivat vastaavasti alipaineisia noin 10...20 Pa.

Seurantamittausten perusteella rakennuksen nykyiset painesuhteet mahdollistavat epäpuhtauksien kulkeutumisen epäpuhtaista tiloista ja rakenteista käyttötiloihin erityisesti normaalin käytönajan ulkopuolella, jolloin niillä arvioidaan olevan heikentävä vaikutus tilojen sisäilman laatuun. Tilojen normaalin käytön aikana painesuhteiden vaikutus on selvästi pienempi.

### C. Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihdon toimintaa ja rakennuksen painesuhteita on tutkittu kattavasti vuosina 2019–2021. Ilmanvaihtojärjestelmän ilmamäärissä sekä ilmamäärien tasapainossa on todettu paikoin merkittäviä puutteita. Ilmamäärissä on todettu merkittäviä poikkeamia suunnitteluarvoihin ja myös suunnitelmissa on havaittu puutteita (suunnitelmat ja järjestelmät on suositeltu päivitettäväksi). Tilakohtaisten tulo- ja poistoilmavirtojen epätasapaino aiheuttaa yli- tai alipaineisuutta tiloihin.

Sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta on mitattu vuonna 2019 (22.08. – 05.09.2019) tiloista 107, 146 ja 150. Sisäilman lämpötila vaihteli tuolloin +20...+27 °C välillä keskiarvon ollen välillä +21...23 °C. Mittausjakson aikana tilojen lämpötila pysyivät toimenpiderajojen sisäpuolella. Sisäilman suhteellinen kosteus vaihteli 40...74 % välillä ollen tavanomaisella tasolla mittausjakson aikana. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus vaihteli välillä 335...1068 ppm ja keskiarvopitoisuus välillä 420...562 ppm. Mittausjakson aikana hiilidioksidipitoisuudet pysyivät toimenpiderajojen sisällä.

### D. Rakennuksesta peräisin olevat epäpuhtaudet

Vuosien 2019–2020 kosteusmittauksissa oli ala- ja välipohjarakenteissa todettu paikallisia kastuneita alueita. Kosteusongelmia oli nyt tutkittujen tilojen osalta todettu oppilashuollon siiven siivouskeskuksen 102 alapohjassa ja erityisopetussiiven tekstiilityön luokan 124 välipohjassa. Viiltomittaustuloksen ylittäessä 75 RH% oli se tutkimusselostuksissa tulkittu kohonneeksi kosteuspitoisuudeksi. Muovimaton ja mattoliiman vaurioituminen alkaa tavanomaisesti kosteuspitoisuuden ylittäessä 85 RH%, joten yli 75 RH% kosteuspitoisuus ei automaattisesti viittaa päällysteen kosteusvaurioitumiseen.

Muovimattopäällysteiden vaurioitumista on tutkittu myös VOC-mittauksilla materiaalinäytteistä (tilat 124, 107, 155), joissa on todettu paikoin viitteitä vaurioitumisesta (tilat 124, 155). VOC-materiaalinäyte ei kuitenkaan kuvaa lattiapäällysteen todellista pintaemisiota vaan otetun näytepalan eri pintojen kokonaisemisiota, jolloin sen tuloksista ei voida suoraan tehdä johtopäätöksiä tilojen sisäilman laatuun liittyvistä vaikutuksista. Myös tilojen sisäilmasta on otettu VOC-näytteet (tilat 124, 145) kesäkuussa 2020. Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) olivat matalat (<15µg/m<sup>3</sup> ja 38 µg/m<sup>3</sup>). Myös näytteiden yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet olivat matalat jääden välille <1,0...8,6 µg/m<sup>3</sup>. Tulokset olivat tavanomaisia eivätkä viittaneet esimerkiksi muovimattojen kosteusvaurioitumiseen.

Tilojen sisäilman mineraalikuitujen pitoisuutta on tutkittu 14 vuorokauden laskeumanäyttein 6 tilasta, josta tila 131 oli tutkimusalueella. Kaikkien näytteiden mineraalikuitupitoisuudet alittivat toimenpiderajan (0,2 kpl/cm<sup>2</sup>).

Rakennus on valmistunut ajankohtana, jolloin asbestin ja muiden haitta-aineiden käyttö on ollut tavanomaista. Tilojen vanhat pintamateriaalit on todennäköisesti suurelta osin poistettu tai päällystetty peruskorjauksissa, jolloin niistä ei ole riskiä sisäilman laadulle. Rakenteiden sisällä olevia haitta-aineita (erityisesti PAH-yhdisteitä) on tutkittu vuosien 2019–2020 kuntotutkimuksissa. Tutkittujen materiaalien PAH-yhdistepitoisuudet olivat matalat, eikä niillä arvioida olevan vaikutusta tilojen sisäilman laatuun.

### Tutkimukset 12/2021

Tutkimusalueella todettiin paikallisilla alueilla kohonneita pintakosteuslukemia muutamissa erityisopetussiiven tiloissa. Kosteuspoikkeama-alueille tehdyissä viiltomittauksissa ei todettu lattiapäällysteen kosteusvaurioitumisen näkökulmasta kriittisen korkeita kosteuspitoisuuksia (yli 85 %RH) eikä päällysteiden alustiloissa havaittu vaurioon viittaavia merkkejä, esimerkiksi hajuja tai värimuutoksia. Korjatussa siivouskeskuksen 102 lattiassa ja tekstiilityön luokan 124 lattiassa ei pintakosteuskartoituksessa todettu alueen vertailulukemiin nähden poikkeavia pintakosteusarvoja.



### Arvio altistumisolosuhteesta

Tehtyjen tutkimusten perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on erityisopetussiiven ja oppilashuollon siiven 1. kerroksen tiloissa tilojen **normaalina käyttöaikana** (arkisin n. klo 6.00–16.30) **mahdollinen**. Tavanomaisesta poikkeava olosuhde on **tilojen normaalin käytön aikojen ulkopuolella** (arkisin klo n. 16.30–6.00 ja viikonloppuisin) **todennäköinen**.

Tasapainottamalla tilojen ja ulkoilman/ryömintätilan väliset painesuhteet voidaan tavanomaisesta poikkeava olosuhde arvioida myös tilojen normaalin käytön ulkopuolella alustavasti tasolle **mahdollinen**.

Tekemällä kuntotutkimusraporteissa esitetyt peruskorjaustasoiset (pääasiassa raken- teita purkavat / uusivat) korjaustoimenpiteet, voidaan tavanomaisesta poikkeava olo- suhde arvioida alustavasti tasolle **epätodennäköinen**.

## 6 Yhteenveto jälkiseurannasta ja toimenpide-ehdotukset

Tutkituissa tiloissa havaittiin joitakin sisäilman laatuun liittyviä puutteita, joilla arvioi- daan olevan heikentävää vaikutusta ko. tilojen sisäilman laatuun. Tiivistyskorjattujen alapohja-/välipohja- ja ulkoseinärakenteiden rakenneliittymissä havaittiin pistemäi- siä/vähäisiä ilmapuutokohtia, joiden kautta ulkoseinien ja lattiarakenteiden epäpuhtau- det voivat kulkeutua sisäilmaan, kun tilat ovat merkittävän alipaineisia ulkoilmaan näh- den (ilta- ja viikonloppuajat). Erityisopetussiiven käytävän alakattotilassa havaittiin vä- lipohjan liikuntasaumassa merkittäviä ilmatiivyspuutteita. Liikuntasauaman kautta väli- pohjarakenteen eristyskerroksesta sekä saumasta itsestään (orgaaninen levy) voi kul- keutua epäpuhtauksia sisäilmaan. Suosittelemme liikuntasauaman puhdistamista puh- taille betonipinnoille (niin syväälle kuin se on teknisesti mahdollista) ja sauman tiivistä- mistä soveltuvalla menetelmällä.

Erityisopetussiivessä osa alapohjarakenteesta on koneellisesti tuuletettua ryömintäti- laista alapohjaa. Ryömintätilan ja käyttötilojen välisenä lattiarakenteena on paikalla va- lettu betonilaatta, joka on itsessään varsin ilmatiivis rakenne. Ilmapuodot ryömintäti- lasta ovat mahdollisia lähinnä läpivientien kautta, joita havaittiin tutkimusalueella vä- hän. Läpiviennit ryömintätilasta ovat pääosin viemärien läpivientejä WC-tiloissa. Ais- tinvaraisesti ja merkisavulla läpivienneissä ei havaittu puutteita, mutta vähäiset ilma- puodot tilojen ollessa merkittävästi alipaineisia ryömintätilaan nähden ovat mahdollisia.

Paine-eromittausten mukaan tutkitut tilat olivat arkipäisin klo 6–16.30 välisenä aikana pääsääntöisesti noin 5...15 Pa ylipaineisia ulkoilmaan nähden ja noin 2...12 Pa ylipai- neisia ryömintätilaan nähden. Mittausjaksolla oppilashuollon siipi oli yksittäisiä jaksoja ollut myös päivisin klo 6–16.30 välisenä aikana lievästi alipaineinen (noin 2...5 Pa) ulkoilmaan nähden. Tilojen normaalin käyttöajan ulkopuolella arkisin klo 16.30–6 ja vii- konloppuisin tutkitut tilat olivat noin 10...20 Pa alipaineisia ulkoilmaan ja noin 10...20 Pa alipaineisia ryömintätilaan nähden. Painesuhteissa tapahtuu säännöllistä vaihtelua, mikä viittaa ilmanvaihdossa tapahtuviin käyntimuutoksiin ja siihen, että eri käyttötilan- teiden ilmamäärät eivät ole tasapainossa. Seurantamittausten perusteella rakennuk- sen nykyiset painesuhteet mahdollistavat epäpuhtauksien kulkeutumisen epäpuhtaista tiloista ja rakenteista sisäilmaan erityisesti normaalin käytönajan ulkopuolella, jolloin niillä arvioidaan olevan heikentävää vaikutusta tilojen sisäilman laatuun. Rakennuksen pitäminen pitkäaikaisesti ylipaineisena ei ole myöskään suositeltavaa, sillä se lisää kosteusvaurioriskiä rakenteille (kondenssi kylmissä rakennosissa). Suosittelemme tarkastamaan ilmanvaihtokoneiden aikaohjelmat ja yhtenäistämään alueita palvelevien ilmanvaihtokoneiden ja erillispoistopuhaltimien käyntiajat (huomioiden käytönajan ul- kopuolinen ilmanvaihto ja tarvittava korvausilma, mikäli erillispoistoja on päällä) tilojen painesuhteiden tasapainottamiseksi. Tasapainotuksen jälkeen suosittelemme sisä- ja

ulkoilman sekä erityisesti sisäilman ja ryömintätilan välisten painesuhteiden seuranta-  
mittauksia työn onnistumisen laadunvarmistuksena.

Pistokoeluontoisesti tarkastelluissa alakattotiloissa ei havaittu epäpuhtauslähteitä tai  
 muita merkittäviä sisäilman laatuun liittyviä puutteita. Alakattojen päällä on melko run-  
saasti läpivientejä käytävien vieressä kulkeviin putkikanaaleihin. Läpiviennit on tiivis-  
tetty rakenteen molemmin puolin eikä niissä aistinvaraisesti ja merkkisavulla todettu  
puutteita. Erityisopetussiivessä tarkasteltu putkikanaali oli betonipohjainen ja siisti.

Tutkimusalueella todettiin paikallisilla alueilla kohonneita pintakosteuslukemia muuta-  
missa erityisopetussiiven tiloissa. Kosteuspoikkeama-alueille tehdyissä viiltomittauk-  
sissa ei todettu lattiapäällysteen kosteusvaurioitumisen näkökulmasta kriittisen kor-  
keita kosteuspitoisuuksia (yli 85 %RH) eikä päällysteiden alustiloissa havaittu vaurioon  
viittaavia merkkejä, esimerkiksi hajuja tai värimuutoksia. Erityisopetussiiven käytävillä  
havaitut auenneet muovimattojen saumat suositellaan korjaamaan.

Tehtyjen tutkimusten perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on erityisope-  
tussiiven ja oppilashuollon siiven 1. kerroksen tiloissa tilojen normaalina käyttöaikana  
(arkisin n. klo 6.00–16.30) *mahdollinen*. Tavanomaisesta poikkeava olosuhde on tilojen  
normaalin käytön aikojen ulkopuolella (arkisin klo n. 16.30–6.00 ja viikonloppuisin) *to-  
dennäköinen*, mikä suositellaan huomioimaan tilojen mahdollisessa ilta- tai/ja viikon-  
loppukäytössä. Tasapainottamalla tilojen ja ulkoilman/ryömintätilan väliset painesuh-  
teet voidaan tavanomaisesta poikkeava olosuhde arvioida myös tilojen normaalin käy-  
tön ulkopuolella alustavasti tasolle *mahdollinen*.

Vahanen Rakennusfysiikka Oy  
Tampere ja Vaasa, 31.1.2022

tarkastanut:



Natalia Kajava, DI  
Rakennusterveysasiantuntija  
C-24135-26-18



Mika Korpi, RI  
Rakennusterveysasiantuntija  
C-25420-26-20

Liitteet 1. Pohjapiirustukset merkintöineen, 25.1.2022

## MERKINTÖJEN SELITYKSET

- 60-90 Pintakosteudenosoittimen lukema
- V Viiltomittaus
- MA Merkkiainekoe
- PA Seurantamittaus, paine-ero
- Korjausten kohteena olleet tilat

## LATTIOIDEN PINTAMATERIAALIT

- Muovimatto

Toijalan yhteiskoulu  
Jälkiseurantatutkimukset  
LIITE 1, 25.1.2022

