

Tutkimusraportti WO-00982658  
25.8.2023

# Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Pallivahan koulu  
Turun Lyseon koulu, Pallivahan yksikkö  
Paltankatu 4  
20360 Turku





## Tutkimuksen tilaaja

Turun Kaupunki  
Johanna Kaipia  
Linnankatu 90 E 2.krs.  
20100 Turku  
040 489 4574  
[johanna.kaipia@turku.fi](mailto:johanna.kaipia@turku.fi)

## Tutkimuskohde

Kiinteistön nimi:	Pallivahan koulu, Turun Lyseon yksikkö
Kiinteistön osoite:	Paltankatu 4, 20360 Turku
Rakennuksen tyyppi:	Opetusrakennus
Tilavuus:	9720 m3 (koko rakennus)
Huoneistoala:	3240 bm2 (koko rakennus)
Rakennuksen tyyppi:	Opetusrakennus
Valmistumisvuosi:	1959
Kerrosluku:	3
Laajennusvuodet:	Ei tiedossa
Peruskorjausvuodet:	2014-2017: K-krs. ja 1.krs iv-muutoksia, käytävien ilmanvaihto, iv-kone muutoksia. 2009: Talonmiehen asunto pienopetus- ja toimistotilaksi. Ilmanvaihdon lisääminen tiloihin. 2005: ilmanvaihdon osittainen asentaminen

## Tutkimusajankohta

25.4 - 15.5.2023

## Tutkimuksen suorittajat

Kiwa Inspecta  
Sähköposti: [etunimi.sukunimi@kiwa.com](mailto:etunimi.sukunimi@kiwa.com)

Hanna Vierinen  
Ins. (AMK), RKM (AMK)  
sertifioitu rakennusterveysasiantuntija

Michael Nyby  
RKM, OVK  
0504643225

Jaana Vainio  
Ins. (AMK)

Olli Pelkonen  
RI (AMK)

Lauri Kallio  
RI (AMK)  
Sertifioitu AHA-asiantuntija  
Sertifioitu rakenteiden kosteudenmittaaja (C-27098-24-22)



## Liitteet

- Liite 1. Pohjapiirustukset merkinnöin (2 sivua)
- Liite 2. Mikrobimateriaalinäytteiden suoraviljelyn analyysivastaus, MIK10559 (3 sivua)
- Liite 3. VOC-ilmanäytteen analyysivastaus, VOC2296 (3 sivua)
- Liite 4. VOC-materiaalinäytteen analyysivastaus, VOC2297 (3 sivua)
- Liite 5. PAH-materiaalinäytteen analyysivastaus, PAH2651 (2 sivua)
- Liite 6. Olosuhde- ja paine-eroseurantamittausten tulokset (6 sivua)
- Liite 7. Ilmamäärämittausten tulokset (2 sivua)

### © Inspecta Oy

Inspecta Oy (Kiwa Inspecta) vastaa antamastaan lausunnosta konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 2013).

Mitään tämän raportin osaa ei saa muokata, jäljentää taikka julkaista missään muodossa tai millään tavoin ilman julkaisijan antamaa kirjallista lupaa. Tämä raportti ei ole julkisesti saatavilla, vaan se on jaettu vain hankkeen tilaajalle. Raportin jakelu hankeryhmän ulkopuolella tapahtuu vain tilaajan toimesta ja vastuulla.

### Inspecta Oy

PL 1000  
00581 Helsinki  
Puh. 010 521 600, fi.asiakaspalvelu@kiwa.com

### Pääkonttori

Sörnäistenkatu 2  
00580 Helsinki  
www.kiwa.com/fi

### Y-tunnus

1787853-0





## Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää tutkimusalueiden rakenteiden kuntoa ja toteutustapoja, ilmanvaihdon toimivuutta sekä niiden mahdollisia vaikutuksia tiloissa koettuun sisäilman laatuun. Tutkittavat rakennusosat ja tutkimusten laajuus oli määritetty aikaisemmin laaditussa tutkimussuunnitelmassa. Tutkimuksen kohteena oli Pallivahan koulun ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevan käsitöiden opetusalue sekä rakennuksen toisessa kerroksessa sijaitsevan oppilashuollon toimiston 133 ja pienryhmätilan 134 alueet. Rakennuksen valmistumisvuosi on 1958. Rakennus on peruskorjattu vuosien 2014–2017 aikana. Tarkemmat tilamuutosten ja muiden korjausten toteutusajat eivät ole tiedossa.

Rakenteissa havaittiin sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä. Tutkimuksen perusteella rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavat seuraavat tekijät: Rakenteiden epätiiveys, ulkoseinien ja välipohjarakenteiden kosteus- ja mikrobivauriot sekä ilmanvaihdon toimivuuden puutteet. Merkittävin sisäilman laatuun vaikuttava tekijä on tutkittavien tilojen alipaineisuus sekä ulkoseinä- ja välipohjarakenteiden epätiiveys, mitkä heikentävät koettua sisäilman laatua. Rakenteissa on ilmavuotoreittejä, joiden kautta rakenteiden sisältämät ja ulkoilman epäpuhtaudet voivat kulkeutua sisäilmaan. Lisäksi on huomioitava, että epätiiveys esimerkiksi kerrostasojen välisessä välipohjarakenteessa heikentää rakennuksen paloturvallisuutta.

Käsityön opetustilojen alueella havaittiin tutkimusten aikana mikrobiperäistä hajua. Alapohjat on havaintojen perusteella korjattu edellisen peruskorjauksen yhteydessä. Alapohjarakenteiden liitoksien havaittiin olevan epätiivittä. Maanvastaisien ulkoseinien toteutustapa on käsityön opetustiloissa havaintojen perusteella riskialtis. Rakenteen tuulettumisolosuhde on puutteellinen ja rakenne sisältää herkästi mikrobivaurioituvia lämmöneristeitä. Rakenteessa ei havaittu vedeneristettä perusmuurin sisäpuolella. Välipohjarakenteet sisältävät käsitöiden opetustilojen osalta muottilauoituksia ja PAH-yhdistepitoisia teravapapereita sekä rakennusjätettä. Riskien toteutumisesta havaittiin viitteitä käsityön opetustilojen alueella maanvastaisissa ulkoseinärakenteissa ja välipohjarakenteissa, joissa vallinnut kosteus on aistinvaraisien ja tehtyjen mikrobinäytteiden suoraviljelyiden perusteella vaurioittanut maanvastaisien ulkoseinien lämmöneristeitä sekä välipohjarakenteissa havaittuja muottilauoituksia. Rakenteisiin on voinut muodostua kosteusvaurioita jo rakentamisaikaisen kosteuden seurauksena. Lisäksi vaurioita on voinut syntyä ulkoisien kosteusrasituksien, kuten maaperästä maanvastaisiin ulkoseiniin siirtyneen kosteuden, viistosateiden sekä rakenteisiin siirtyneen ja kylmille pinnoille tiivistyneen sisäilman kosteuden seurauksena. Lisäksi rakenteiden vaurioitumista on todennäköisesti edistänyt rakenteiden heikko tuulettuminen.

Oppilashuollon tiloissa havaittiin tutkimusten aikana tunkkaista hajua. Oppilashuoltotilojen alueella ulkoseinärakenteet ovat ikkunoiden alapuolisilta osin kevytbetonirakenteisia, eivätkä sisällä vaurioherkkiä materiaaleja. Välipohjat ovat massiivibetonirakenteisia, eikä niissä havaittu eristerokkoja. Välipohjarakenteen päällysteenä olevassa muovimatossa ei havaittu kemialliseen vaurioitumiseen viittaavia yhdisteitä. Sisäilman VOC-pitoisuudet olivat tavanomaisia.

Käsityön opetustilojen ilmanvaihto ei ole riittävää, tilojen käyttötarkoituksesta aiheutuvien epäpuhtauksien määrä huomioiden. Mitatut ilmamäärät eivät pääosin vastanneet käytössä olleiden suunnitelmien arvoja. Tutkitut tilat olivat keskiarvollisesti merkittävän alipaineisia ulkoilman suhteen. Alipaine mahdollistaa epäpuhtauksien siirtymisen rakenteista sisäilmaan.

**Kokonaisuudet huomioiden käsityöluokkien alueen olosuhteet ovat luokkaa C ja Pienopetustilan 134 ja Toimiston 133:n olosuhteet ovat luokkaa B.**

Merkittävimmät korjaustarpeet tulevat kohdistumaan rakennuksen ilmanpitävyyden parantamiseen, sekä vaurioituneiden välipohjarakenteiden korjaamiseen. Ilmanvaihdon osalta ilmamäärät tulisi säätää vastaamaan nykyisiä henkilömääriä mahdolliset aikaohjelmat ja erillispoistot huomioiden. Lisäksi säädöissä on suositeltavaa huomioida tilojen käyttötarkoitus. Tarvittaessa on suositeltavaa lisätä tiloihin päätelaitteita. Ilmanvaihtokoneiden sijainnit on varmistettava paloturvallisuus vaatimukset täyttäväksi alueiksi.



## Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Tutkimuksen tarkoitus</b>	<b>7</b>
1.1	Tutkimuksen rajaukset	7
<b>2</b>	<b>Kohteen yleiskuvaus</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Lähtötiedot</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b>	<b>8</b>
4.1	Suoritetut tutkimukset	9
4.2	Tutkimuskalusto	9
4.3	Menetelmäkuvaukset ja viitearvot	10
4.3.1	Mikrobinäytteenotto rakenteista	10
4.3.2	Kosteusmittaukset	10
4.3.3	Paine-eromittaukset	11
4.3.4	Tiiveystarkastelut merkkiainekokein	11
4.3.5	Ilmavirtamittaukset	11
4.3.6	Sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset	12
4.3.7	Hiilidioksidipitoisuusmittaukset	12
4.3.8	VOC-materiaalinäytteet (bulk)	12
4.3.9	VOC-näytteet sisäilmasta	13
<b>5</b>	<b>Rakenneteknisen tutkimuksen tulokset</b>	<b>14</b>
5.1	Alapohjat	14
5.1.1	Lähtötietojen mukainen rakenne	14
5.1.2	Havainnot ja mittaustulokset	15
	Yleishavainnot	15
	Rakenneavaukset	16
	Pintakosteuskartoitus	18
	Viiltokosteusmittaukset	18
	Ilmatiiveys, alapohjarakenne	19
5.1.3	Johtopäätökset	21
5.1.4	Toimenpide-ehdotukset	21
5.2	Maanvastaiset ulkoseinärakenteet	22
5.2.1	Lähtötietojen mukainen rakenne	22
5.2.2	Havainnot ja mittaustulokset	22
	Yleishavainnot	22
	Rakenneavaukset	24
	Kosteusmittaukset	30
	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit	30
	Ilmatiiveys, maanvastaiset ulkoseinärakenteet	31
5.2.3	Johtopäätökset	33
5.2.4	Toimenpide-ehdotukset	34
5.3	Julkisivut, ulkoseinät ja ikkunat	36
5.3.1	Lähtötietojen mukainen rakenne	36
5.3.2	Havainnot ja mittaustulokset	36
	Yleishavainnot	36
	Rakenneavaukset, oppilashuollon alue	38
	Ilmatiiveys, ulkoseinärakenteet	38
5.3.3	Johtopäätökset	39
5.3.4	Toimenpide-ehdotukset	39
5.4	Välipohjat	40
5.4.1	Lähtötietojen mukainen rakenne	40



5.4.2	Havainnot ja mittaustulokset .....	40
	Yleishavainnot .....	40
	Rakenneavaukset .....	42
	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit .....	46
	VOC-materiaalinäytteenotto .....	46
	Ilmatiiveys, välipohjarakenteet .....	47
5.4.3	Johtopäätökset .....	49
5.4.4	Toimenpide-ehdotukset .....	49
5.5	Porrasrakenne .....	51
5.5.1	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	52
5.6	Piha-alueet ja ulkopuolinen vedenpoisto .....	53
5.6.1	Lähtötietojen mukainen rakenne .....	53
5.6.2	Havainnot ja mittaustulokset .....	53
	Yleishavainnot .....	53
5.6.3	Johtopäätökset .....	55
5.6.4	Toimenpide-ehdotukset .....	55
<b>6</b>	<b>Ilmanvaihto- / LVIS-järjestelmien tutkimusten tulokset .....</b>	<b>56</b>
6.1	Ilmanvaihto- / LVIS-järjestelmän kuvaus .....	56
6.2	Tilojen ilmanjako ja ilmamäärät .....	56
6.2.1	Valokuvat .....	60
6.3	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	63
<b>7</b>	<b>Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset .....</b>	<b>64</b>
7.1	Sisäilman olosuhdemittaukset .....	64
7.1.1	Paine-ero .....	64
7.1.2	Hiilidioksidipitoisuus, sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus .....	64
7.2	Epäpuhtausmittaukset .....	65
7.2.1	Sisäilman VOC-yhdisteet .....	65
7.3	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	66
<b>8</b>	<b>Olosuhdearviointi .....</b>	<b>67</b>
8.1	Käsityöluokkien alue .....	67
8.1.1	Perustelut .....	67
8.1.2	Olosuhdearvioinnin tulos .....	68
8.1.3	Toimenpide-ehdotukset .....	68
8.2	Pienopetustila 134 ja toimisto 133 .....	69
8.2.1	Perustelut .....	69
8.2.2	Olosuhdearvioinnin tulos .....	70
8.2.3	Toimenpide-ehdotukset .....	70
<b>9</b>	<b>Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä .....</b>	<b>71</b>
<b>10</b>	<b>Päiväys ja allekirjoitukset .....</b>	<b>71</b>

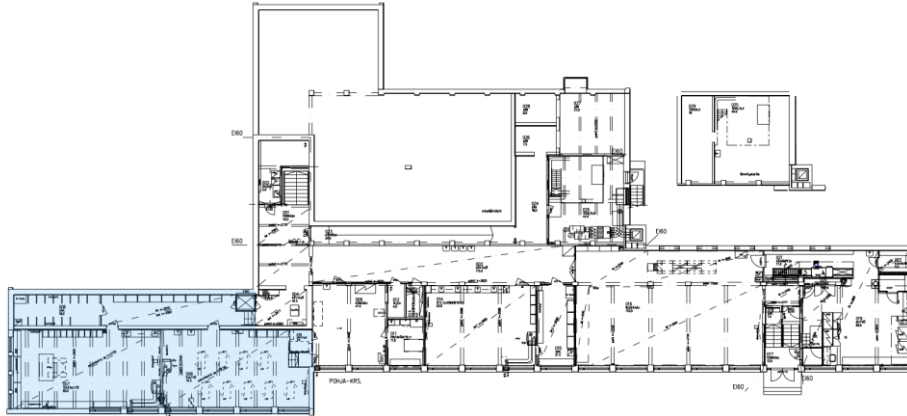


## 1 Tutkimuksen tarkoitus

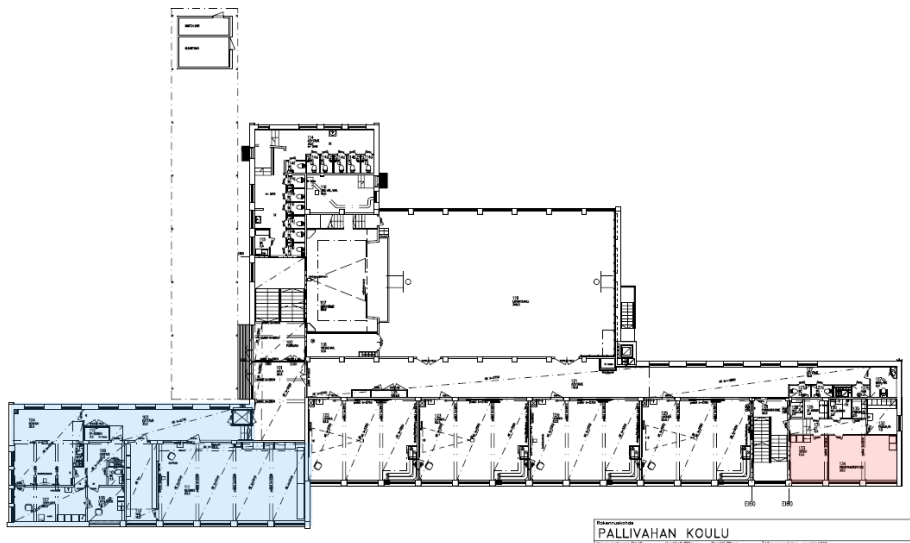
Tutkittavissa tilojen sisäilman laatu on koettu puutteelliseksi. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää tutkimusalueiden rakenteiden kuntoa ja toteutustapoja, ilmanvaihdon toimivuutta sekä niiden mahdollisia vaikutuksia tiloissa koettuun sisäilman laatuun.

### 1.1 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimukset rajautuvat pohjakerroksessa tiloihin 006 varasto, 007 tekstiilityö, 008 puutyö. Rakennuksen toisessa kerroksessa tutkimukset rajattiin tiloihin 133 toimistohuone ja 134 pienryhmäopetus. Alla olevissa kuvissa 1 ja 2 tutkittavat tilat on rajattuna pohjapiirustuksiin väreillä.



Kuva 1. Rakennuksen pohjakerroksen tutkittavat tilat on rajattu kuvaan sinisellä.



Kuva 2. Rakennuksen toisen kerroksen tutkittavat tilat on rajattu kuvaan punaisella. Lisäksi pohjakerroksen ja toisen kerroksen välistä välipohjarakennetta tutkittiin alueelta, joka on rajattuna kuvaan sinisellä.



## 2 Kohteen yleiskuvaus

Tutkimuskohteena on Turussa Pallin kaupunginosassa sijaitseva Pallivahan koulu. Rakennuksen alkuperäinen valmistumisvuosi on 1959 ja se on peruskorjattu viimeksi vuosien 2014-2017 aikana. Tutkimusalueen alapohjarakenteet ovat maanvaraisia teräsbetonirakenteisia kaksoislaattarakenteita. Alapohjarakenne on lämmöneristetty pohjalaatan yläpuolelta salaojittavalla ja tavanomaisella solupolystyreenieristeellä. Ulkoseinät ovat pohjakerroksen osalta betonirakenteisia ja ne on lämmöneristetty kantavan betonirakenteen sisäpuolelta sementtilastuvillaeristein. Paikoin maanvastaisien ulkoseinien lämmöneristeitä on havaintojen perusteella uusittu ja näiltä osin lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaaeristettä sekä suulakepuristettua polystyreeniä. Tavanomaiset ulkoseinät ovat tarkastetuilta osin kevytbetonirakenteisia. Rakennuksen välipohjarakenteiden toteutustavat vaihtelevat tutkimusalueittain. Käsityön opetustilojen yläpuolinen välipohjarakenne on alalaattarakenteinen, jossa on teräsbetonirakenteinen pintalaatta. Tilojen 133 ja 134 pohjakerrokseen rajautuva välipohjarakenne on massiivibetonirakenteinen.

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Osassa luokkahuoneita huonekohtaiset ilmanvaihtokoneet. Tutkittavia alueita palvelevat TK09 tekstiilityöluokka, TK10 puutyöluokka, TK29 käytävä ja TK23 oppilashuolto.

## 3 Lähtötiedot

- Rakennuksen piirustuksia:
  - Ark
  - Rak
  - IV
- IV-mittaus- ja tarkastuspöytäkirjoja
- Tutkimusselostus, Vahanan yhtiöt, RTC Turku Oy 15.3.2004
- Peruskorjauksen aikaisia työpiirustuksia ja rakennusselityksiä

## 4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimukset perustuvat pääosin Ympäristöministeriön Ympäristöoppaassa 2016 (toim. Pitkäranta) esitettyihin ohjeistuksiin ja suosituksiin menetelmien ja menettelyjen osalta.

Lisäksi sovelletaan mm. seuraavia julkaisuja ja asetuksia:

- Asumisterveysasetus ja Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohje
- Suomen rakentamismääräyskokoelma
- Sisäilmastaselvitys ja olosuhdearviointi : Ohje työpaikkojen sisäilmastaselvityksiä ja olosuhdearviointeja tekeville, TTL, 2022
- Ilmanvaihdon kuntotutkimus tehtiin Suomen LVI-liitto ry:n (SuLVI) ilmanvaihtojärjestelmien kuntotutkimus -ohjeistusta soveltaen.

Laboratoriotutkimukset perustuvat laboratorion testausselesteissa kuvattuihin, yleisesti käytössä oleviin menetelmiin. Tutkimukset teetetään pääasiassa päteväksi katsotuilla toimijoilla, joiden menetelmä on FINAS-akkreditoinnin pätevyysalueessa ja/tai Ruokaviraston hyväksymä.





## 4.1 Suoritetut tutkimukset

### Tutkimukset kohteella 25-26.4.2023

Kohteeseen tehtiin rakenneavauksia alapohja-, ulkoseinä- ja välipohjarakenteisiin. Ulkoseinien, välipohjien ja alapohjien avaukset tehtiin piikkaamalla aukkoja betoni- ja tiilirakenteisiin sekä porareikien kautta. Avauksista otettiin yhteensä 7 materiaalinäytettä mikrobianalyysiä varten. Rakenteiden ilmavuotoja tarkasteltiin pistokoemuotoisesti tehtyjen merkkiainekokeiden avulla. Merkkiainekokeita tehtiin viidestä kaasun syöttöpisteestä. Tutkimuksessa otettiin lisäksi yksittäinen sisäilmanäyte kemiallisten yhdisteiden pitoisuuksien selvittämiseksi toisen kerroksen tilasta, jossa sisäilman laatu on koettu puutteelliseksi. Lisäksi Ilmanvaihdon toimivuutta tutkittiin kohteella.

Avaus- ja näytteenottokohdat on esitetty liitteenä 1 olevassa pohjapiirroksessa.

### Sisäilman olosuhde- ja paine-eromittaukset 26.4-15.5.2023

Sisäilman paine-ero ja olosuhdeseuranta (lämpötila, kosteus ja hiilidioksidi) tehtiin reilun kahden viikon pituisena mittausjaksona tallentavilla mittalaitteilla.

## 4.2 Tutkimuskalusto

Tutkimuksissa käytettiin seuraavaa mittauskalustoa:

- Pintakosteudenosoitin: Gann LG3, mittapää LB71
  - Kalibroitu 20.6.2022
- Rakennekosteusmittari:
  - Vaisala HM40 näyttölaite
  - HM42 probe mitta-anturit (anturinumerot U5250473, TRE5 ja TRE6)
    - Kalibroitu 12.1.2023
  - HMP40S mitta-anturit (anturinumerot TRE1, TRE2 ja TRE3)
    - Laitteisto kalibroitu 12.1.2023
  - HMP40S mitta-anturit (anturinumerot Tku1, Tku2, Tku3 ja Tku4)
    - Laitteisto kalibroitu 21.1.2023
  - HM42 probe mitta-anturit (anturinumerot S23 ja S24)
  - HMP40S mitta-anturit (anturinumerot S1, S2, S3 ja S4)
  - Laitteisto kalibroitu 12.8.2022
- Merkkiainetutkimukset:
  - Sensistor XRS9012 -merkkiaineilmaisin
  - Typpi-vety-kaasuseos (Formier 5, N2 95 % / H2 5 %)
  - Miran DL-P1 -paine-erologgeri (päivitetty 9/2021)
- Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset:
  - Miran DL-P1 -paine-erologgerit kalibroitu 12.7.2022 sekä 24.4.2023
  - Miran DL-P1 -hiilidioksidi-, lämpötila- ja RH loggerit, kalibroitu 12.7.2022
- Ilmavirtamittaukset: Swema 3000 -monitoimimittari
- Ilmavirtamittaukset: SwemaFlow 126
- Ilmavirtamittaukset: PHM-V1 venttiilinsäätömittari
- Ilmavirtaus: DeltaOhm Vetoanturi



## 4.3 Menetelmäkuvaukset ja viitearvot

### 4.3.1 Mikrobinäytteenotto rakenteista

Mikrobinäytteet otettiin rakenneavauksista puhdistetuilla työvälineillä ja suojakäsineitä käyttäen. Rakenneavauksien tekovaiheessa huomioitiin mahdollinen kontaminaatoriski siten, että avauksen viimeistelyn suoritti mahdollisuuksien mukaan näytteenottaja. Työvälineet puhdistettiin jokaisen näytteenoton välillä. Näytteenotto kohdennettiin mikrobikasvuston kannalta riskialteimpaan kohtaan. On kuitenkin huomioitava, että mikrobikasvu rakennusmateriaaleissa ei ole tasaista, jolloin vaurioitunein osa ei välttämättä ole havaittavissa.

Tarkastuksien aikana mikrobien materiaalinäytteet otettiin Asumisterveysasetuksessa ja sen soveltamisohjeessa esitetyin menetelmin, suljettiin ilmatiiviiseen muovipussiin. Analyysit tehtiin suoraviljelymenetelmällä. Tarkemmat menetelmäkuvaukset laboratoriotutkimuksista on esitetty liitteenä 2 olevassa analyysivastauksessa.

### 4.3.2 Kosteusmittaukset

Kenttätutkimuksissa käytettiin pintakosteuden tunnistinta aistinvaraisten havaintojen apuvälineenä. Pintakosteuden tunnistimen mittapäää kohdistettiin suoraan tutkittavan rakenteen pintaan ja laitteistolla havaitut arvot luettiin lukulaitteesta. Pintakosteushavainnointi on ainetta rikkomaton menetelmä, missä samasta rakenteesta saatuja vertailuarvoja verrataan keskenään tarkoituksena saada poikkeama-alueet esille. Pintakosteuden tunnistimen toiminta perustuu materiaalien sähkönjohtavuuteen, johon kosteuden lisäksi vaikuttavat useat tekijät, mm. suolakorroosumat ja teräkset sekä eri materiaalien koostumukset ja pintamateriaalit.

Pintakosteuskartoitus tehtiin tutkittavien tilojen lattioihin. Tuloksien varmistamiseksi alapohjarakenteisiin tehtiin viiltokosteusmittauksia. Viiltokosteusmittauksessa mittaus tehtiin asentamalla rakennekosteusmittarin mittapäää lattiapinnoitteen alle pinnoitteeseen tehdyn viillon kautta. Viilto tiivistettiin vesihöyrytiivillä massalla ja mitta-anturin annettiin tasaantua vähintään 15 minuutin ajan. Tasaantumisan jälkeen tulokset luettiin Vaisalan HM40 -lukulaitteella. Menetelmässä saadaan selville muovimaton ja betonin välisen ilmatilan suhteellinen kosteus.

Mittaustuloksia arvioitaessa apuna voidaan käyttää apuna mm. seuraavia lähteitä:

- RT-103333 Betonin suhteellinen kosteus
- Pinnoitevalmistajien ohjearvoja

Yleisesti ottaen uudiskohteissa päällystettävyyden raja-arvona mattopäällysteille käytetään usein 85 % suhteellista kosteutta (arviointisyvyydellä), mikä tarkoittaa noin 75% suhteellista kosteutta heti mattopinnoitteen alapuolella.

**Porareikämittauksessa** betoniin porattiin halkaisijaltaan 16mm reikiä siten, että reiän syvyys vastasi halutun rakennekerroksen kohtaa, josta kosteus haluttiin selvittää. Porareikä puhdistettiin betonipölystä ja porareikään asennettiin suojaputki ja se tiivistettiin tasaantumaan. Porareikä suojattiin myös ympäristöltä (esim. suora auringonvalo). 3 päivän jälkeen porareikään tasaantunut kosteus käytiin lukemassa Vaisalan HM40-lukulaitteella.

Sisäilman lämpötilan ja rakenteiden välillä ei ollut merkittävää lämpötilaeroa, joten lämpöolojen takia mittauksiin ei tullut mittausepä tarkkuutta. Mittalaitteet on kalibroitu valmistajan ohjeiden mukaisesti ja mittaukset tehtiin RT-ohjekortissa 103333 kuvatuilla menetelmillä. Käytetty mittauslaitteisto, työmenetelmät ja olosuhteet huomioiden saavutettiin todennäköisesti kokonaismittaustarkkuus  $\pm 4$  RH %.



#### 4.3.3 Paine-eromittaukset

Rakennuksen yli- tai alipaineisuus vaikuttaa mm. rakenteiden lävitse kulkeutuvien vuotoilmavirtausten suuntaan sekä kosteuden tiivistymisriskiin pinnoilla tai rakenteissa. Ilma pyrkii virtaamaan painesuhteiden vuoksi korkeammasta paineesta alhaisempaan. Ilmavirtojen mukana voi kulkeutua epäpuhtauksia, kuten hiukkasia ja mineraalivillakuituja, mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, hajuja sekä radonia. Sisäilman ollessa voimakkaasti alipaineista ulkoilmaan nähden, saattaa näihin epätiivelyskohtiin muodostua hallitsemattomia vuotoilmavirtauksia, joiden mukana voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan. Tilojen voimakas alipaineisuus voi heikentää myös oleskeluviihtyvyyttä lisäämällä vedontunnetta.

Asumisterveysopas suosittelee rakennuksiin, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, 0...-2 Pa paine-eroa ulkoilmaan nähden (Asumisterveysopas, 2009, s. 64). Rakennusten ilmanpitävyys -teoksessa ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttaman paine-eron tavoitearvoksi ilmoitetaan 0 - 10 Pa alipaine (Rakennusten ilmanpitävyys, 2009), mihin viitataan myös 2018 voimaan tulleissa uuden rakennuksen suunnitteluohjeissa. Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) mukaan rakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmavirrat on suunniteltava siten, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan alipaineisuuden syy tulee selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa, jos alipaineisuus on yli 15 Pa. Ilmanvaihdon ei tulisi myöskään aiheuttaa rakennuksen ulkovaipan yli ylipainetta eikä alipaineen tulisi olla haitallisen suuri, yleensä alle 5 Pa (Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa, FINVAC ry, 2019).

Jos rakennus on ylipaineinen ulkoilmaan nähden ilmanvaihdon toiminnasta johtuen, tulee ylipaineen syy selvittää ja ilmanvaihtoa tasapainottaa. Hetkellinen, tuuliolosuhteista tai rakennuksen geometriasta aiheutuva ylipaineisuus on mahdollista, eikä se vaadi korjaustoimenpiteitä.

#### 4.3.4 Tiiveystarkastelut merkkiainekokein

Merkkiainekokeissa käytettiin merkkiainekaasuna typpi-vetyseosta sekä laitteistona vetyyn (H<sub>2</sub>) reagoivaa mittaustaitetta. Tarkastelu tehtiin noin 10-15 Pascalin alipaineissa. Merkkiainetutkimus tehtiin RT 14-11197 ohjekortin toimintatapoja ja ohjeita soveltaen.

Merkkiainekokeet tehtiin pistokoeluontoisesti siten, että rakenneliittymien tiiveydestä ja korjaustarpeesta saatiin riittävän tarkka kokonaiskuva.

#### 4.3.5 Ilmavirtamittaukset

Swema 3000 monitoimimittarilla suoritettavat ilmamäärämittaukset suoritetaan paine-eroon perustuen ja laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti. Ilmamäärien laskennassa käytetään laitevalmistajien ilmoittamia k-arvoja. Paine-eromittarin mittausepätaarkkuus on  $\pm 3,0$  %, mutta kuitenkin vähintään  $\pm 0,3$  Pa (-300 - +1500 Pa).

SwemaFlow 126 ilmamäärämittarin mittaus perustuu kuumalankamittaukseen. Mittalaitteessa on huppu, jolla päätelaitteen ilmavirta ohjataan kuumalankaverkkoon. Hupun vaikutus ilmavirtaan korjataan suorittamalla ilmamäärämittaus kahteen kertaan kuristusrengasta käyttäen. Ilmamäärämittarin mittausepätaarkkuus on  $\pm 3,5$  %, mutta kuitenkin vähintään  $\pm 0,4$  l/s (2... 125 l/s).

PHM-V1 venttiilinsäätömittari. Mittausalue -250...2250 Pa. Tarkkuus  $\pm 1,4$ % lukemasta.

DeltaOhm kuumalanka vetoanturi, jolla saadaan mitattua pieniäkin ilmavirtausnopeuksia, 0,02...5 m/s.



#### 4.3.6 Sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset

Olosuhdemittauksissa tarkasteltiin sisäilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Liian kuuma tai kylmä lämpötila ovat lähinnä viihtyvyyshaitta, mutta lämmin ilma voi myös kiihdyttää materiaaleista emittoituvien yhdisteiden määrää sisäilmassa ja erityisesti lämmityskaudella vähentää sisäilman suhteellista kosteuspitoisuutta heikentäen tilojen käyttäjien kokemusta sisäilmasta. Liian kylmä sisäilma tai merkittävä vetoisuus voivat olla viitteitä ilmavuodoista, huonosti tasapainotetusta ilmajaosta tilassa tai johtaa materiaalien vaurioitumisriskiin, jos materiaalin alhaisen pintalämpötilan vuoksi sen pinnalle tiivistyy kosteutta.

Asumisterveysasetus (2015) antaa sisäilman lämpötilalle seuraavat toimenpiderajat:

- Asunnoissa lämmityskaudella +18...+26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella +18...+32 °C.
- Kouluissa, päiväkodeissa, vanhainkodeissa, palvelutaloissa ja vastaavissa tiloissa alin lämpötila saa olla +20 °C
- Vanhainkodeissa ja palvelutaloissa ylin lämpötila lämmityskauden ulkopuolella +30 °C.

Asumisterveysoppaan (2009) mukaan sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi olla 20 – 60 %.

Mittarit asennettiin tiloissa noin 1,5 metrin korkeudelle. Seurantamittarit (loggerit) mittasivat seurantajaksolla (14 vrk) tilojen hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa, suhteellista kosteutta sekä sisäilman ja ulkoilman välistä paine-eroa 5 minuutin välein.

#### 4.3.7 Hiilidioksidipitoisuusmittaukset

Asumisterveysasetuksen (2015) mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 2 100 mg/m<sup>3</sup> (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on keskimäärin 400 ppm. Vuoden 2018 alusta voimaan tullut Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta määrittää sisäilman hetkelliseksi suurimmaksi hiilidioksidipitoisuuden suunnitteluarvoksi 1450 mg/m<sup>3</sup> (800 ppm) ulkoilmaa suuremman hiilidioksidipitoisuuden.

Taulukko 1. CO<sub>2</sub>-pitoisuuden raja-arvoja (sisäilmastoluokitus 2018)

Kokonaispitoisuus		
750 ppm	yksilöllinen tavoitetaso	Sisäilmastoluokka S1
950 ppm	hyvä	Sisäilmastoluokka S2
1200 ppm	tydyttävä, ylärajan suunnitteluarvo	Sisäilmastoluokka S3
1550 ppm	toimenpideraja	

Tilojen hiilidioksidipitoisuuden mittaustuloksia verrataan raja-arvoihin tulosten yhden tunnin liukuvalla keskiarvolla.

Ilman hiilidioksidipitoisuutta mitattiin tutkituissa tiloissa noin 1,2 metrin korkeudelta ja mittalaitteiden sijainnit on esitetty liitteessä 1, pohjapiirustukset. Mittauksella haluttiin selvittää, riittääkö tilojen ilmanvaihto käyttäjämääriin nähden. Mittausten tulokset on esitettyä kuvaajissa liitteessä 6. Seurantamittarit (loggerit) mittasivat seurantajaksolla (14 vrk) tilojen hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa, suhteellista kosteutta sekä sisäilman ja ulkoilman välistä paine-eroa 5 minuutin välein.

#### 4.3.8 VOC-materiaalinäytteet (bulk)

Lattiamateriaaleista otetuista materiaalinäytteistä ei ole asumisterveysasetuksessa asetettu toimenpiderajaa. Työterveyslaitos on asettanut osalle materiaaleista viitearvoja asiakas- ja seurantanäytteiden bulk-emissiotulosten perusteella. Tällä menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä, eivätkä materiaalien päästöluokitusta. Materiaalinäytteiden perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä sisäilman laadusta, mutta voidaan kartoittaa VOC-emissioiden päästölähteitä



Tarkastuksien aikana otetut VOC materiaalinäytteet käärrittiin alumiinifolioon ja suljettiin ilmatiiviiseen muovipussiin. Tarkemmat menetelmäkuvaukset ja viitearvot laboratoriotutkimuksista liitteenä olevassa analyysivastauksessa.

Taulukko 2. Työterveyslaitoksen viitearvoja materiaalinäytteille. Vuoteen 2007 asti muovimatoissa yleisimmin käytetty pehmitin oli DEHP.

Tarkasteltava osatulos	Materiaalikohtaiset viitearvot			
	PVC, pehmitin DEHP (vanhat mattopäällysteet)	PVC, pehmitin DINCH, DINP tai DIDP (uudemmat päällysteet)	Linoleum	Tasoiitteet, betoni
TVOC*)	200 µg/m <sup>3</sup> g	500 µg/m <sup>3</sup> g	650 µg/m <sup>3</sup> g	50 µg/m <sup>3</sup> g
2-etyyli-1-heksanoli**)	70 µg/m <sup>3</sup> g	50 µg/m <sup>3</sup> g	-	40 µg/m <sup>3</sup> g
C9 alkoholit*)	-	320 µg/m <sup>3</sup> g	-	-
Propaanihappo**)	-	-	100 µg/m <sup>3</sup> g	-

\*) Tolueenin vasteella ilmoitettuna, \*\*) omalla vasteella ilmoitettuna, #)viitearvo on suuntaa antava

#### 4.3.9 VOC-näytteet sisäilmasta

Sisäilman VOC-näytteiden avulla tarkastettiin kemiallisten yhdisteiden pitoisuutta sisäilmassa. Näytteenotolla pyrittiin selvittämään, onko sisäilmassa haitalliseksi luokiteltuja tai materiaalien hajoamiseen viittaavia yhdisteitä. Ilmanäytteet otettiin yhdistelmäkeräinputkiin normaaliolosuhteissa. Ilmanäytteet on otettu oleskeluvyöhykkeeltä tilan tai huoneen keskialueelta, noin 1,1 metrin korkeudesta. Tarkemmat menetelmäkuvaukset on esitetty liitteenä olevassa analyysivastauksessa.

Taulukko 3. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpiderajat huoneilmassa (STM:n asetus 545/2015).

Yhdiste	Toimenpideraja tolueenivasteella määritettynä
TVOC	400 µg/m <sup>3</sup>
Yksittäinen yhdiste	50 µg/m <sup>3</sup>
TXIB	10 µg/m <sup>3</sup>
2-etyyli-1-heksanoli	10 µg/m <sup>3</sup>
Naftaleeni	10 µg/m <sup>3</sup> (hajua ei saa esiintyä)
Styreeni	40 µg/m <sup>3</sup>



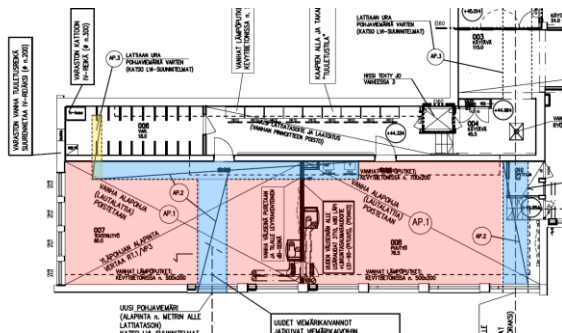
## 5 Rakenneteknisen tutkimuksen tulokset

### 5.1 Alapohjat

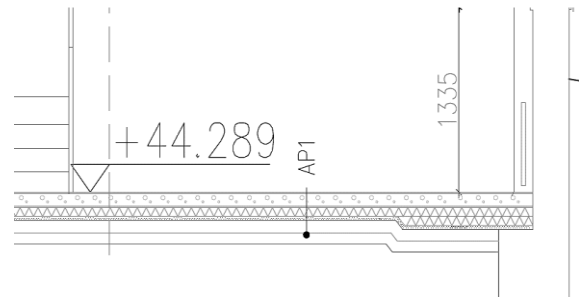
#### 5.1.1 Lähtötietojen mukainen rakenne

Alapohjarakenteena on aikaisemmin ollut maanvarainen betonilaatta, joka on lämmöneristetty kanta-  
van pohjalaatan yläpuolelta kevytbetonilla. Lisäksi puutyöluokan alueella on havaittu aikaisemman tut-  
kimuksen yhteydessä (Vahnen 2004) kevytbetoniin valettuja puukoolauksia.

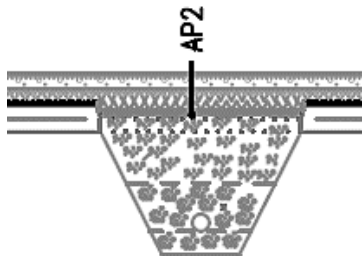
Alapohjarakenne on lähtötietojen perusteella uusittu 2014. Lähtötietoaineiston perusteella alapohjara-  
kenne koostuu päällysteestä, Betonilaatasta ja betonilaatan alapuolisesta lämmöneristeestä ja suoda-  
tinkankaasta. Suodatinkankaan alapuoliset rakennekerrokset eivät selvinneet rakennetyyppi AP1:n  
osalta leikkauspiirustuksista. Rakennetyyppien AP2 ja AP3 osalta suodatinkankaan alapuolella on  
suunnitelmien perusteella soralla ympäröity salaojalinja sekä pohjaviemäri rakenne.



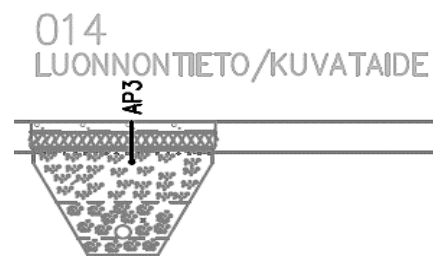
Kuva 3. Kuvaan merkittynä peruskorjatut rakenteet AP1 (punainen merkintä), AP2 (sininen merkintä) ja AP3 (kel-  
tainen merkintä).



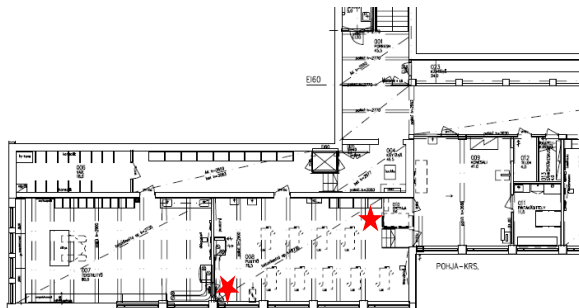
Kuva 4. Alapohjatyypin AP1. Leikkauskuva D-D.



Kuva 5. Alapohjatyypin AP2. Leikkauskuva D-D.



Kuva 6. Alapohjatyypin AP3. Leikkauskuva B-B.



Kuva 7. Alapohjarakenteen toteutustapaa tutkittiin ku-  
vaan tähdillä merkityissä kohdissa rakenneavauksin.



## 5.1.2 Havainnot ja mittaustulokset

### Yleishavainnot

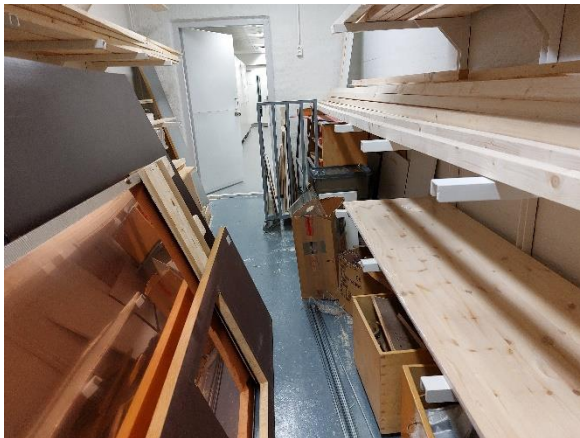
- Lattiapäällysteenä opetustilojen puutyö 008 ja tekstiilityö 007 alueella on muovimattopäällyste.
- Puutyö 008 luokassa on portaat konesaliin 009. Portaat on päällystetty muovimattopäällystein.
- Käytävätilojen osalta lattiapäällysteenä on keraaminen laattapäällyste.
- Varaston 006 alueella lattiapäällysteenä on maalipinnoite.



Kuva 8. Puutyö 008 luokassa lattiapäällysteenä on muovimatto.



Kuva 9. Puutyöluokasta 008 nousevat portaat konesaliin 009.



Kuva 10. Varastossa 006 betonirakenteinen lattia on maalattu.



Kuva 11. Käytävässä luokkien 008 ja 007 edustalla lattiapäällysteenä on keraaminen laatoitus.



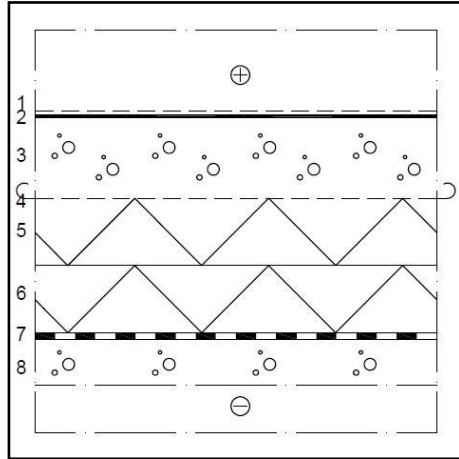
## Rakenneavaukset

### Alapohjarakenteen avaukset AP1 ja AP2

Sijainti rakenneavaus AP1: Puutyö 008 alapohjarakenne ulkoseinän vieressä

Sijainti rakenneavaus AP2: Puutyö 008 alapohjarakenteen keskialue

### Havaittu rakenne:



1. Muovimatto	5 mm
2. Tasoite	3 mm
3. Betoni	120 mm
4. Suodatin- tai valukangas	(vain AP2)
5. Solupolystyreenieriste	100 mm
6. Bitumoituu solupolystyreenieriste	100 mm
7. Bitumisively	
8. Betoni	(vahvuus ei tiedossa)

Kuva 12. Rakenneavaukset AP1, AP2

### Havainnot

- Rakenneavaus ulotettiin 480 mm syvyyteen lattiapinnasta.



Kuva 13. Rakenneavaus AP1 tehtiin puutyöluokkaan 008 kuvaan merkitylle alueelle.



Kuva 14. Rakenneavaus AP1 tehtiin alapohjarakenteeseen ulkoseinän ja pilarin liitokseen.





Kuva 15. Rakenneavaus AP1: Pintalaatan ja ulkoseinä-rakenteen sekä pilarin liitoksissa havaittiin rako.



Kuva 16. Rakenneavaus AP1: Alapohjarakenteen ja ulkoseinän liitoksessa on solumuovikaista. Alapohjarakenne on havaintojen perusteella uusittu pohjalaatan pinnalta ylöspäin.



Kuva 17. Rakenneavaus AP2 tehtiin kuvaan merkittyyn kohtaan rakenteen keskialueelle.



Kuva 18. Rakenneavaus AP2: Betonilaatan ja lämmöneristeen välissä havaittiin suodatin- tai valukan-gasta.



## Pintakosteuskartoitus

Alapohjarakenteen pintakosteusarvoja tarkasteltiin pintakosteudentunnistimella. Tunnistimella pyrittiin havainnoimaan kosteuspoikkeama-alueita. Normaalista poikkeavia pintakosteuslukemia ei havaittu. Tu-  
losteston varmistamiseksi muovimattopäällysteisille alueille tehtiin viiltokosteusmittauksia.

## Viiltokosteusmittaukset

Alapohjarakenteisiin tehtiin yhteensä 5 kosteusmittausta viiltokosteusmenetelmällä. Viiltomittausten tu-  
lostestot on esitetty alla olevassa taulukossa 4. Mittauspisteiden sijainnit on merkitty tämän raportin liit-  
teenä 1 oleviin pohjapiirustuksiin.

Taulukko 4. Alapohjarakenteen viiltokosteusmittausten tulokset.

Mittauspiste ja sijainti	Mittaus- kohde	Suhteelli- nen kos- teus RH%	Lämpötila T (°C)	Absoluut- tinen kos- teus abs. (g/m <sup>3</sup> )	Mittapää nro	Tasaantu- misaika	Tuloksen tul- kinta (normaali / kohonnut / kosteaa / märkä)
VM1, puutyö 008	Alapohja	65.9	19.67	11.2	U5250473	17 min	Normaali
	Sisäilma	44.5	19.3	7.3	Tre1	17 min	-
VM2, puutyö 008	Alapohja	57,1	22	11.0	U5250473	17 min	Normaali
	Sisäilma	41.9	21.5	7.9	Tre1	17 min	-
VM3, puutyö 008	Alapohja	64.6	20.36	11.45	Tre6	15 min	Normaali
	Sisäilma	41.9	21.5	7.9	Tre1	15 min	-
VM4, tekstiilityö 007	Alapohja	64.6	22.74	13.1	Tre6	17min	Normaali
	Sisäilma	37.6	22.8	7.7	U5250473	17 min	-
VM5, tekstiilityö 007	Alapohja	66.3	22.1	12.9	Tre5	17 min	Normaali
	Sisäilma	37.7	22.8	7.7	U5250473	17min	-

Alapohjarakenteesta mitattiin lattiapinnoitteen alapuolelta normaalksi katsottavia kosteuspitoisuuksia. Mittausten perusteella kosteuspitoisuudet sijoituivat välille 57.1–66.3 RH%. Kosteuspitoisuuden suo-  
raan lattiapinnoitteen alapuolella ei suositella nousevan yli 85 RH%.

Viiltokosteusmittauksissa havaittiin lievästi venyvää mattoliimaa mittauspisteissä VM1, VM2 ja VM3. Muovimaton alapinnalla ei mittauspisteissä havaittu normaalista poikkeavaa hajua.



Kuva 19. Viiltokosteusmittaus VM1 muovimattopäällysteen alapinnalle.



Kuva 20. Viiltokosteusmittaus VM2. Paikoin muovimattopäällysteen alapinnalla havaittiin lievästi venyvää mattoliimaa.

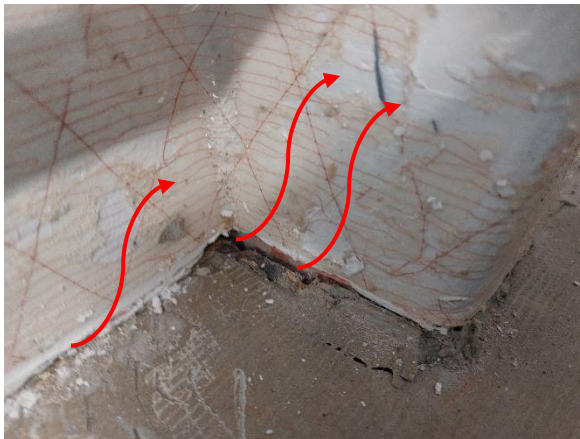


### Ilmatiiveys, alapohjarakenne

Rakenneseosan tiiveyttä ja ilmavuotoreittejä tutkittiin pistokoeluntuotoisesti merkkiainekokein sekä aistinvaraisesti arvioimalla.

#### Aistinvaraiset havainnot:

- Pintalaatan liitostapa ulkoseinään on rakenneavauksista tehtyjen havaintojen perusteella epätiivis.
- Rakenteessa havaittiin solumuovikaista ulkoseinän ja alapohjarakenteen liitoksessa. Liitosta ei ole kuitenkaan tiivistetty ilmatiiviiksi tiivistyskorjaukseen soveltuvalla massalla.
- Porrusrakenteeseen tehdyssä rakenneavauksessa havaittiin todennäköisesti epätiivis rako alapohjarakenteessa. Tutkittu käsityöluokkien alue sijaitsee alemmalla kerrostasolla liittyviin tiloihin (konesali, aula) nähden.



Kuva 21. Pintalaatassa havaittiin kuivumiskutistuma alapohjan ulkoseinärakenteen ja pilarin liitoksessa, jonka kautta ilmavirtaukset sisäilmaan ovat mahdollisia, kuten nuoli kuvassa.



Kuva 22. Alapohjaliitosta on pyritty tiivistämään korjausten yhteydessä solumuovitiivisteellä. Liitoksessa ei havaittu elastista tiivistemassaa, joka tiivistäisi liitoksen ilmatiiviiksi.



Kuva 23. Konesalin ja käytävän 004 alapohjarakenteen korkeusasema on puutyöluokan 008, käytävän, varaston 006 ja tekstiilityöluokan 007 alapohjarakennetta korkeammalla.



Kuva 24. Alapohjarakenteen pintalaatan ja maanvastaisen ulkoseinän liitoksessa havaittiin porrusrakenteen alapuolella kuivumiskutistumasta aiheutunut rako, joka on todennäköisesti epätiivis.



## Merkitseminen

### Tutkimusjärjestelyt:

- Merkitseminen tehtiin -7...-10 Pascalin suuruudessa alipaineessa suhteessa ulkoilmaan.
- Merkitseminen kaasua syötettiin porausaukosta rakenteen eristetilään, jonka jälkeen kaasun annettiin tasaantua rakenteessa noin minuutin ajan.
- Ilmavuotoja havainnointiin kaasuanalysaattorin avulla ja havainnot kirjattiin muistiin ja dokumentoitiin valokuvoin.

### Havainnot:

- Alapohjarakenteesta merkitseminen havaitut ilmavuotokohtat painottuvat ulkoseinärakenteiden ja alapohjarakenteiden liitoksiin sekä betonirakenteisten pilareiden liitoksiin.
- Alapohjatyypin liitoskohtia ei tutkittu merkitseminen.
- Lisäksi vähäistä ilmavuotoa havaittiin oviaukon kynnyksen liitoksissa.
- Alla olevissa kuvissa on esimerkkejä havaituista ilmavuotokohtista:



Kuva 25. Merkitseminen kokeissa MAK1 puutyö 008 tilassa havaittiin alapohjarakenteesta ilmavuotokohtia, jotka on merkitty kuvan punaisilla ympyrillä.



Kuva 26. Merkitseminen kokeissa MAK1 tekstiilityö 007 alueella alapohjarakenteesta havaittiin pistemäisiä ilmavuotokohtia, jotka on merkitty kuvan punaisilla ympyrillä.



Kuva 27. Merkitseminen kokeissa MAK1: Vähäistä ilmavuotoa havaittiin alapohjarakenteesta ulkoseinän ja betonirakenteisen pilarin liitoksesta sekä pistemäistä ilmavuotoa alapohjan ja väliseinän liitoksesta.



Kuva 28. Merkitseminen kokeissa MAK1: Puutyöluokan 008 ja tekstiilityön luokan 007 välioven kynnyksen alueella havaittiin vähäistä ilmavuotoa alapohjarakenteesta.



### 5.1.3 Johtopäätökset

**Tutkitun alapohjarakenteen toteutustapana on havaintojen perusteella kaksoislaattarakenteinen alapohja.** Alapohjarakenne on tutkitulta osin lämmöneristetty kantavan ja bitumisivelyllä vedeneristetyn betonilaatan yläpuolelta. Bitumisivelyn pinnalla on lämmöneristekerroksena bitumoitu polystyreenieriste, joka yläpuolella on tavanomainen polystyreenieriste. Eristekerroksien pinnalla on pintabetonilaatta. Pintabetonilaatan ja eristekerroksen välissä on vähintään paikallisesti käytetty ns. laakerikerroksena suodatin- tai valukangasta, jonka tarkoituksena on vähentää betonirakenteen halkeilua, kuivumiskutistumien syntymistä ja käyristymistä.

Lämmöneristeet toimivat rakenteessa kosteuden nousua hidastavina ja sitä ehkäisevinä kerroksina. Bitumoidun polystyreenin toiminta perustuu eristeen ominaisuuteen siirtää kosteutta rakenteesta salaojiin. Rakenteen toteutustavan riskinä on kosteuden tiivistyminen ja kerääntyminen pohjalaatan pinnalle, mikäli pohjalaatan kallistukset salaojille eivät ole riittäviä. Muilta osin rakenteen toteutustapa on kosteusteknisesti toimiva, eikä rakenne havaintojen perusteella sisällä herkästi vaurioituvia materiaaleja.

Pintakosteusmittauksissa ei havaittu normaalista poikkeavia pintakosteusarvoja. Pintakosteusmittausten tuloksien varmistamiseksi tehdyissä viiltokosteusmittauksissa kosteusmittaustulokset olivat normaalisti katsottavalla tasolla. Muovimattopäällysteen alapinnalla havaittiin paikoin lievästi venyvää mattoliimaa, mutta poikkeavaa, kemialliseen vaurioon viittaavaa hajua viiltokosteusmittauskohdissa ei havaittu.

**Alapohjarakenteen rakenneliitokset ulkoseinille eivät ole ilmatiiviitä.** Ulkoseinän ja alapohjan liitosta on pyritty korjauksien yhteydessä tiivistämään solumuovikaistalla, mutta liitosta ei ole tiivistetty tiivistyskorjaukseen soveltuvalla elastisella massalla. Toteutustavan vuoksi alapohjarakenteen liitokset eivät ole ilmatiiviitä. Rakenteiden epätiiviyksiin voi muodostua hallitsemattomia ilmavirtauksia sisätiloihin, kun sisätilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden ja rakenteiden välille muodostuu paine-eroja. Ilmavirtaukset voivat kuljettaa sisäilmaan epäpuhtauksia alapohjan materiaaleista. Eri tyyppisten alapohjarakenteiden välistä ilmatiiveyttä ei tutkittu tämän tutkimuksen yhteydessä.

Salaojista ja ulkopuolisesta vedenpoistosta tehdyt havainnot on käsitelty tämän raportin kohdassa 5.6 Piha-alueet ja ulkopuolinen vedenpoisto.

### 5.1.4 Toimenpide-ehdotukset

**Alapohjiin kohdistuvaa kosteusrasitusta** tulee hallita varmistamalla salaojajärjestelmän toimivuus säännöllisesti.

**Peruskorjatun kaksoislaattarakenteisen alapohjan ilmatiiveyttä on suositeltavaa parantaa mahdollisten muiden korjausten yhteydessä.** Korjauksessa alapohjarakenteen liitoksien ilmatiiveyttä parannetaan rakenteen pintaosiin tehtävällä tiivistyskorjauksella. Alapohjarakenteen rakenneliitokset, mahdolliset liikuntasaumamat ja pintalaatassa havaittavat halkeamat tiivistetään käyttäen tiivistyskorjauksiin soveltuvia tuotteita ja noudattaen erillistä tiivistyskorjaussuunnitelmaa. Korjausten yhteydessä tiiveys on suositeltavaa varmistaa pistokoemuotoisesti tehtävien merkkiainekokeiden avulla.

Tiivistyskorjausten jälkeen rakennuksen ilmanvaihto tulee tasapainottaa uudelleen.



## 5.2 Maanvastaiset ulkoseinärakenteet

### 5.2.1 Lähtötietojen mukainen rakenne

Lähtötietojen perusteella sokkelirakenteiden ja maanvastaisien ulkoseinien toteutustapana on betonirakenteinen perusmuuri, joka on lämmöneristetty sementtilastuvillaeristein perusmuurin sisäpuolelta. Rakenteen sisäkuori on lähtötietojen perusteella betonirakenteinen. Rakennekerrosten vahvuudet eivät selvinneet lähtötietoaineistosta.

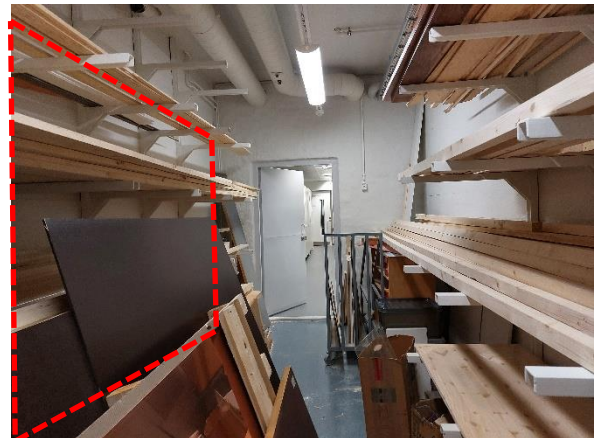
### 5.2.2 Havainnot ja mittaustulokset

#### Yleishavainnot

- Sokkelin vierustoilla on paikoin sammalta ja rikkakasvillisuutta, jotka lisäävät sokkelirakenteen ja maanvastaisien ulkoseinärakenteiden kosteusrasitusta.
- Sokkelin ulkopinnalla oleva maali lehtelee paikoin irti alustastaan. Sokkelin ulkopinnalla havaittiin muusta rakenteesta poikkeavia pintakosteuslukemia sellaisilla alueilla, joissa maalipinta on irronnut alustastaan.
- Maanvastaiset ulkoseinärakenteet sijoittuvat käytävän ja varaston 006 ulkoseinien alueelle.
- Lisäksi päädyn ja luokkien ulkoseinien alueella ulkoseinien alaosat ovat maanvastaisia ulkoseiniä.
- Maanvastaisien ulkoseinärakenteiden sisäpinnoilla ei havaittu kosteuden aiheuttamaa maalipintojen lehteilyä tai kalkkihärmettä.
- Ikkunoiden pellitykset on asennettu asianmukaisesti.



Kuva 29. Käytävän maanvastainen ulkoseinä merkittynä kuvaan.



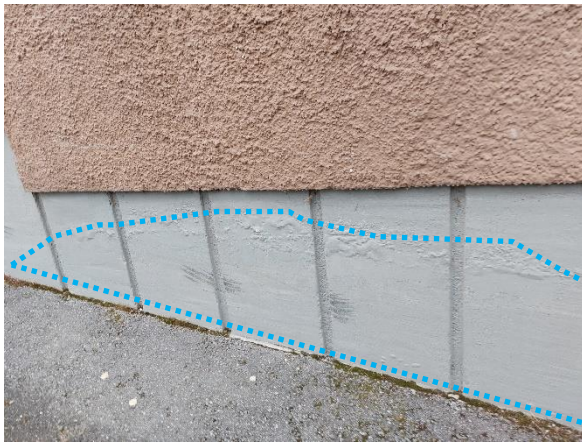
Kuva 30. Varaston 006 maanvastainen ulkoseinä merkittynä kuvaan.



Kuva 31. Puutyöluokan 008 ulkoseinät ovat alaosistaan maanvastaisia ulkoseinärakenteita.



Kuva 32. Varaston 006, tekstiilityön 007 ja puutyö 008 luokan ulkoseinärakenteet ovat osittain maanvastaisia



Kuva 33. Yleiskuva sokkelirakenteesta. Perumuurilevyä ei havaittu sokkelin ulkopinnalla. Paikoin sokkelin vierustalla kasvaa rikkakasvillisuutta ja sammalta, joka lisää sokkelirakenteen kosteusrasitusta. Sokkelin ulkopinnalla maali lehteilee paikoin irti alustastaan ja ulkopinnan pintakosteuslukemat ovat näillä alueilla normaalia poikkeavia (merkittynä kuvaan sinisellä).



Kuva 34. Tekstiilityön ulkonurkan alueella havaittiin sokkelin vierustalla lista. Listaa avaamatta ja kaivantoa tekemättä perusmuurilevyn olemassaoloa ja sen toteutustapaa ei voida luotettavasti arvioida.



Kuva 35. Ikkunoiden pellitykset on havaintojen perusteella toteutettu asianmukaisesti.

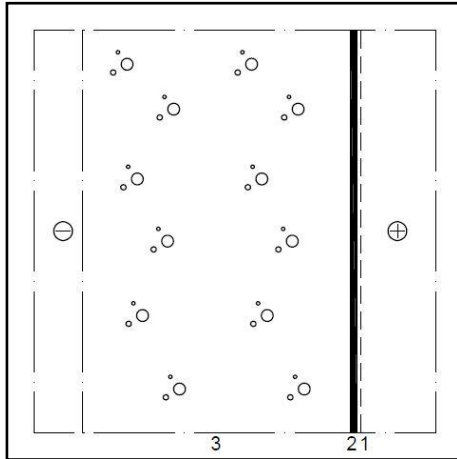


## Rakenneavaukset

### Ulkoseinärakenteen avaus US1

Varasto 006

#### Havaittu rakenne:



Kuva 36. Rakennetyyppi US1

1. Maali
2. Tasoiterappaus
3. Betoni

10 mm  
400 mm

#### Havainnot

- Rakenneavaus lopetettiin 400 mm syvyyteen valmiista seinäpinnasta mitattuna.



Kuva 37. Rakenteen toteutustapa tarkastettiin varaston 006 alueelta kuvaan merkitystä kohdasta.



Kuva 38. Rakenneavaus US1. Rakenne on massiivibetonirakenteinen.

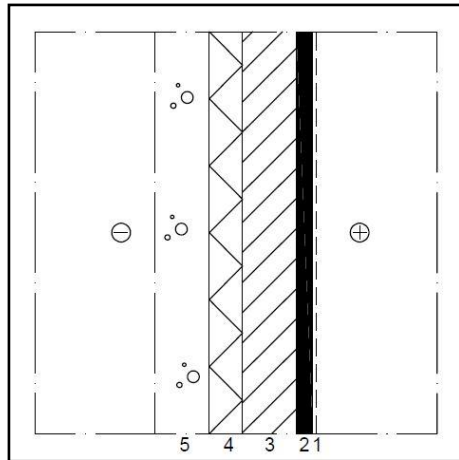




## Ulkoseinärakenne US2

Tekstiilityö 007 pääty, ikkunan alaosa

### Havaittu rakenne:

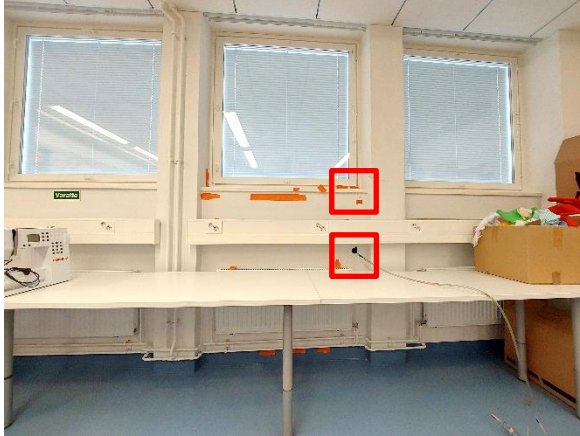


Kuva 39. Rakennetyyppi US2

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Maali              |                       |
| 2. Tasoiterappaus     | 25 mm                 |
| 3. Tiilimuuraus       | n. 80 mm              |
| 4. Polyuretaanieriste | n. 50 mm              |
| 5. Betoni             | (vahvuus ei tiedossa) |

### Havainnot

- Rakenneavaus sijoittuu osin maanpinnan yläpuolelle.
- Ikkunaliitos on tiivistetty uretaanivaahdotuksin ja elastisella tiivistysmassalla ulkoseinärakenteeseen. Tiivistysmassassa havaittiin paikoin epätiiveyttä.
- Ikkunaliitoksessa on havaittavissa pieniä määriä pellavatilkkeen jäämiä. Alkuperäiset ikkunakarmit on havaintojen perusteella kuitenkin poistettu ikkunoiden uusimisen yhteydessä.
- Rakenteen lämmöneristeenä ikkunan alapuolella on polyuretaanilevyeriste.
- Pilariliitoksessa betonirakenteisen pilarin ulkopinnalla on havaittavissa eristeenä sementtilastuvillalevyä. Sementtilastuvillalevystä otettiin materiaalinäyte (näyte 4) mikrobianalyysia varten. Näytteen suoraviljelyssä havaittiin viite vauriosta.
- Ikkunapenkin ja betonirakenteisen pilarin liitoksessa on havaittavissa valupaperia.



Kuva 40. Rakenneavaus US 2, tekstiilityö 007 luokassa. Rakenteen toteutustapa tarkastettiin kuvaan merkityiltä alueilta.



Kuva 41. Rakenneavaus US 2, tekstiilityö 007 luokassa. Lämmöneristeenä ikkunan alapuolisessa osassa on uretaanieriste.



Kuva 42. Pilarin takana havaittiin eristeenä lastuvilla-sementtilevy. Ikkunapenkin ja pilarin välissä havaittiin valupaperia.



Kuva 43. Ikkunaliitos on sisäpinnaltaan tiivistetty elastisella massalla ulkoseinärakenteeseen. Massassa havaittiin epätiiveyttä.

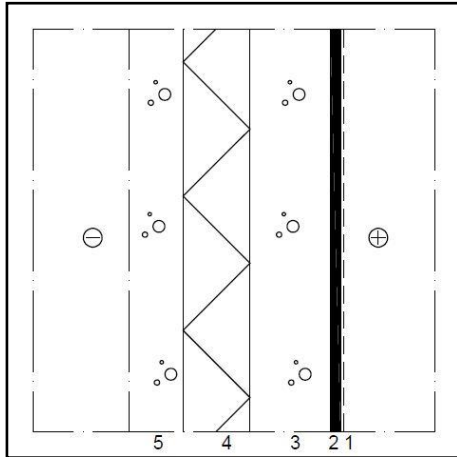


### Ulkoseinärakenne US3 ja US 4

US3: Tekstiilityö 007

US4: Puutyö 008

#### Havaittu rakenne:



Kuva 44. Rakennetyyppi US3, US4

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. Maali                  |                       |
| 2. Tasoiterappaus         | 5...15 mm             |
| 3. Betoni                 | 105...145 mm          |
| 4. Sementtilastuvillalevy | n. 100 mm             |
| 5. Betoni                 | (vahvuus ei tiedossa) |

#### Havainnot

- Rakenneavauksista havaittiin voimakas ilmavirtaus sisätiloihin.
- Rakenteen lämmöneristeenä on molempien rakenneavausten osalta sementtilastuvillalevy, josta otettiin materiaalinäytteet mikrobianalyyysiin (näytteet 5 ja 6). Materiaalinäytteiden suoraviljelyn perusteella näytteissä havaittiin heikko viite vauriosta molempien otettujen näytteiden osalta.
- Betonirakenteisen perusmuurin sisäpinnalla ei havaittu vedeneristeeksi tarkoitettua bitumisivelykerrosta.



Kuva 45. Rakenneavaus US 2, tekstiilityö 007 luokassa. Rakenteen toteutustapa tarkastettiin kuvaan merkityiltä alueelta.



Kuva 46. Rakenneavaus US 2, tekstiilityö 007 luokassa. Lämmöneristeinä on sementtilastuvillalevy, jossa havaittiin materiaalinäytteen suoraviljelyssä heikko viite vauriosta.



Kuva 47. Rakenneavaus US 4, puutyö 008 luokassa. Rakenteen toteutustapa tarkastettiin kuvaan merkityiltä alueelta.



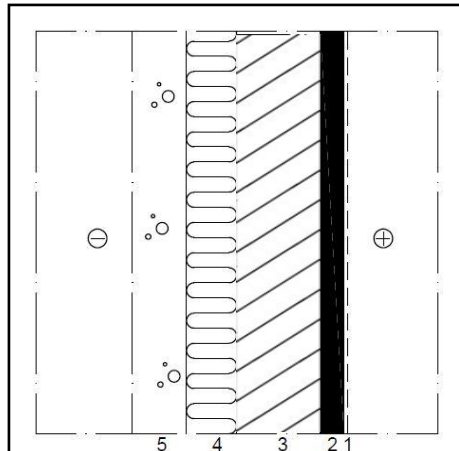
Kuva 48. Rakenneavaus US4 puutyöluokassa 008 vastaa rakennetta, joka havaittiin rakenneavauksessa US3. Sementtilastuvillaeristeessä havaittiin heikko viite vauriosta.



### Ulkoseinärakenne US5

Puutyö 008, ikkunan alaosa maanpinnan alapuolella

#### Havaittu rakenne:

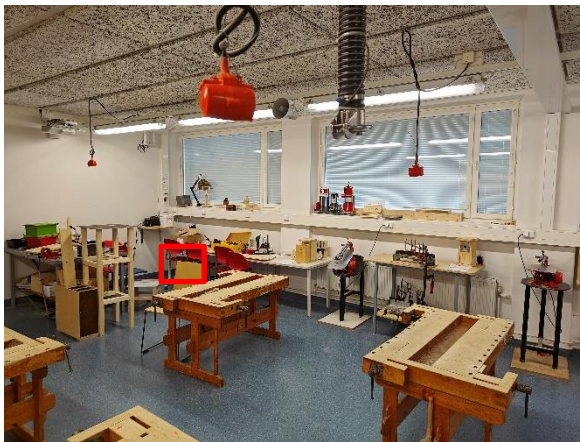


- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. Maali                |                       |
| 2. Tasoiterappaus       | 35 mm                 |
| 3. Tiili                | 125 mm                |
| 4. Mineraalivillaeriste | 75 mm                 |
| 5. Betoni               | (vahvuus ei tiedossa) |

Kuva 49. Rakennetyyppi US5

#### Havainnot

- Rakenneavauksesta havaittiin voimakas ilmavirtaus sisätiloihin.
- Rakenteen lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaeristettä, josta otettiin materiaalinäyte mikrobianalyysiin (näyte 7). Suoraviljelyn perusteella näytteessä ei havaittu viitettä mikrobivauriosta.



Kuva 50. Rakenneavaus US5, puutyö 008 luokassa. Rakenteen toteutustapa tarkastettiin kuvaan merkityiltä alueelta.



Kuva 51. Rakenneavaus US5, puutyö 008 luokassa. Lämmöneristeenä on mineraalivillaeriste.



## Kosteusmittaukset

Ulkoseinärakenteen tiili- ja betonirakenteeseen kuoreen tehtiin yhteensä 5 kosteusmittausta porareikämenetelmällä. Kosteusmittausten tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 5. Mittauspisteiden sijainnit on merkitty tämän raportin liitteenä 1 oleviin pohjapiirustuksiin.

Taulukko 5. Ulkoseinärakenteen kosteusmittausten tulokset.

Mittauspiste ja sijainti	Mittaus-syvyys	Suhteellinen kos-teus RH%	Lämpötila T (°C)	Absoluut-tinen kos-teus abs. (g/m <sup>3</sup> )	Mittapää-nro	Tasaantu-misaika	Tuloksen tul-kinta (normaali / kohonnut / kostea / märkä)
BM1, 008 puutyö, tiili	A 32 mm	32,47	21,23	6,048	Tku 1	60 min	Normaali
	B 13 mm	31,62	21,09	5,842	Tku 2	60min	Normaali
	Sisäilma	30,0	20,3	5,3	Tre 1	60 min	-
BM2, 006 var, be-toni	A 100 mm	47,6	16,5	6,6	Tre 1	60 min	Normaali
	B 30 mm	41,9	16,6	5,9	Tku 4	60 min	Normaali
	Sisäilma	35,3	17,43	5,5	Tre 2	60 min	-
BM3 008 puutyö, betoni	A 46 mm	40,6	18,4	6,4	Tre 2	60 min	Normaali
	B 19 mm	40,3	18,8	6,5	Tre 3	60 min	Normaali
	Sisäilma	38,5	18,8	6,2	Tre 1	60 min	-
BM4, 007 tekstiili-työ, betoni	A 46 mm	30,4	19,9	5,3	Tku 1	60 min	Normaali
	B 19 mm	31,1	20,0	5,4	Tku 2	60 min	Normaali
	Sisäilma	24,4	20,4	4,3	Tre 1	60 min	-
BM5, käytävä, be-toni	A 46 mm	38,7	18,0	6,0	Tku 3	60 min	Normaali
	B 19 mm	39,6	18,0	6,1	Tku 4	60 min	Normaali
	Sisäilma	25,1	19,0	4,1	Tre 1	60min	-

Ulkoseinärakenteen sisäkuorirakenteesta saadut mittaustulokset ovat kokonaisuudessaan normaaliksi katsottavia. Mittausten perusteella kosteuspitoisuudet sijoituivat välille 31,1–47,6 RH%.

## Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit

Maanvastaisista ulkoseinistä otettiin mikrobianalyysiin neljä materiaalinäytettä. Näytteenotto kohta on merkitty tämän raportin liitteenä 1 oleviin pohjapiirustuksiin. Seuraavassa taulukossa 6 on esitetty materiaalinäytteen mikrobianalyysin tulosten tulkinta.

Taulukko 6. Maanvastaisten ulkoseinien materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tulos (Kiwalab, MIK10559). Poikkeava tulos on lihavoitu.

Näyte	Materiaali	Raken-nusosa	Tila	Kosteusvauriota indi-koivat lajistot ja lajis-ton pitoisuus	Tuloksen tulkinta
4	Sementtilastuvilla-levy	US 2, pila-rin liitos	Tekstiilityö 007	+ <i>A. fumigatus</i> * + <i>A. niger</i> <sup>o</sup> + <i>A. versicolor</i> * + <i>Ulocladium</i> *	Viite vauriosta
5	Sementtilastuvilla-levy	US 3	Käsityö 007	-	Heikko viite vau-riosta <sup>1)</sup>
6	Sementtilastuvilla-levy *)	US 4	Puutyö 008	+ aktinobakteerit*	Heikko viite vau-riosta
7	Mineraalivilla	US 5	Puutyö 008	+ <i>A. versicolor</i> *	Ei viitettä vauriosta
<p><b>Lisätiedot:</b> *) Näyttemateriaalin pinta ei soveltunut suoramikroskopointiin. 1) Näytteen suoramikroskopoinnissa havaittiin sienikasvustoon viittaavia rakenteita, mutta lajistoa ei pystytty määrittämään. Kyseessä saattaa olla kuollut/kuivunut kasvusto.</p>					

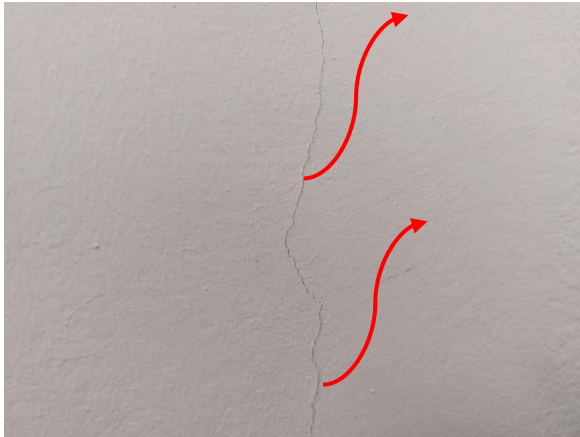


### Ilmatiiveys, maanvastaiset ulkoseinärakenteet

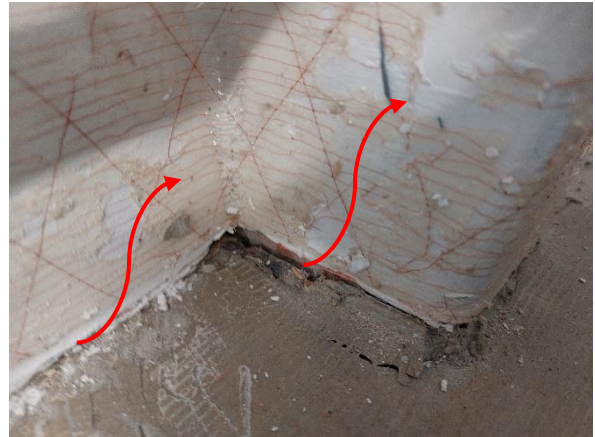
Rakenneosan tiiveyttä ja ilmavuotoreittejä tutkittiin pistokoeluntuotoisesti merkkiainekokein sekä aistinvaraisesti arvioimalla.

#### Aistinvaraiset havainnot:

- Pintalaatan liitostapa ulkoseinään on rakenneavauksista tehtyjen havaintojen perusteella epätiivis.
- Rakenteessa havaittiin solumuovikaista ulkoseinän ja alapohjarakenteen liitoksessa. Liitosta ei ole kuitenkaan tiivistetty ilmatiiviiksi tiivistyskorjaukseen soveltuvalla massalla.



Kuva 52. Maanvastaisien ulkoseinien sisäpinoilla havaittiin yksittäisiä halkeamia, joiden kautta ilmavirtaukset rakenteesta sisäilmaan ovat mahdollisia.



Kuva 53. Pintalaatassa havaittiin kuivumiskutistuma alapohjan ulkoseinärakenteen ja pilarin liitoksessa, jonka kautta ilmavirtaukset sisäilmaan ovat maanvastaisista ulkoseinärakenteista mahdollisia.



Kuva 54. Ikkunaliitoksissa havaittiin rakoja, joiden kautta ilmavirtaukset rakenteista ovat mahdollisia.



Kuva 55. Ikkunapenkkiin liitoksissa havaittiin halkeamia, joiden kautta ilmavirtaukset rakenteista sisäilmaan ovat mahdollisia.



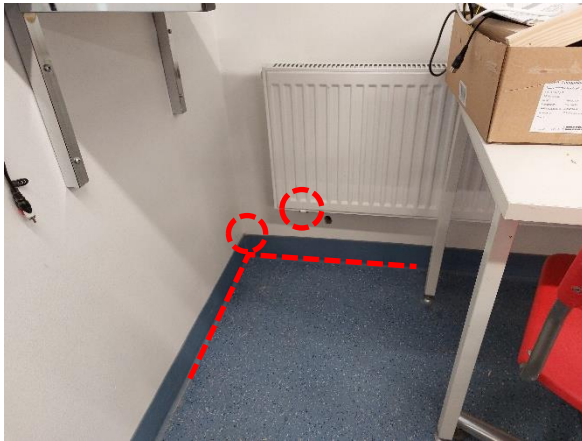
## Merkitseminen

### Tutkimusjärjestelyt:

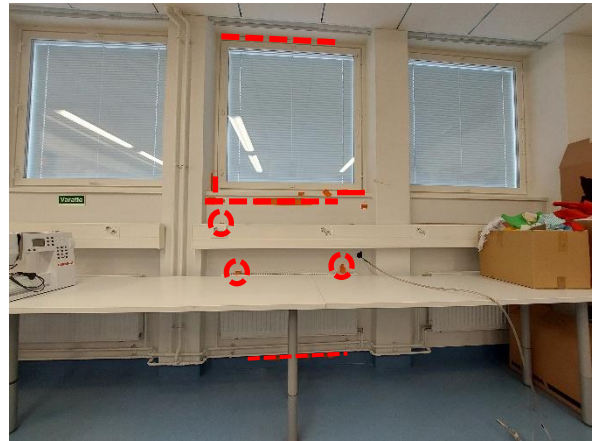
- Merkitsemissä kokeet tehtiin -7...-10 Pascalin suuruudessa alipaineessa suhteessa ulkoilmaan.
- Merkitsemissä kaasua syötettiin porausaukosta rakenteen eristetilään, jonka jälkeen kaasun annettiin tasaantua rakenteessa noin minuutin ajan.
- Ilmavuoja havainnointiin kaasuanalysaattorin avulla ja havainnot kirjattiin muistiin ja dokumentoitiin valokuvoin.

### Havainnot:

- Ulkoseinärakenteista merkitsemissä kokein havaitut ilmavuotokohtat painottuvat ulkoseinärakenteiden ja alapohjarakenteiden liitoksiin, ulkoseinien ja ikkunoiden sekä pilareiden liitoksiin sekä ulkoseinissä olevien kiinnikkeiden alueelle.
- Alla olevaan kuvaan on merkittynä merkitsemissä kokein havaitut ilmavuotokohtat:



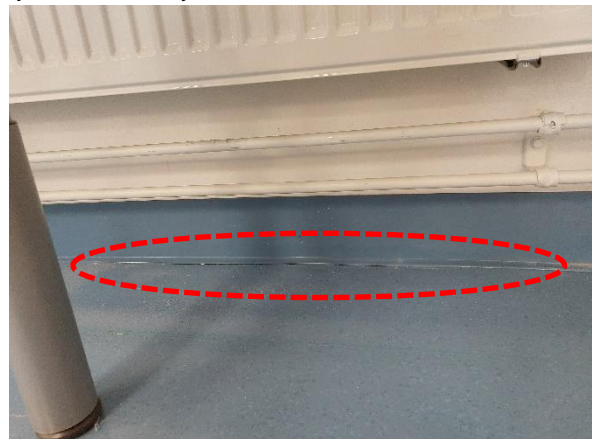
Kuva 56. Merkitsemissä kokeissa MAK2 puutyö 008 tilassa havaittiin ulkoseinärakenteesta ilmavuotokohtia, jotka on merkittynä kuvaan.



Kuva 57. Merkitsemissä kokeissa MAK4 tekstiilityö 007 tilassa havaittiin ulkoseinärakenteesta ilmavuotokohtia, jotka on merkittynä kuvaan.

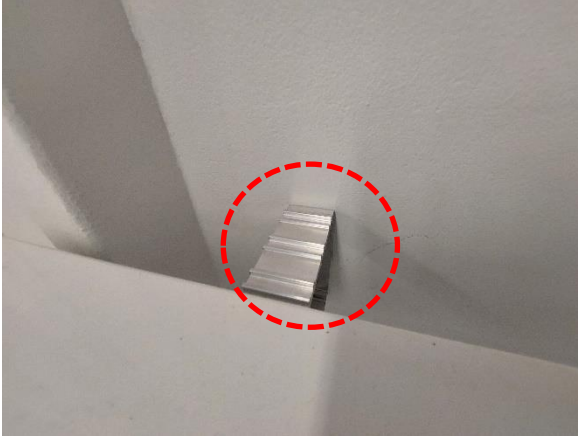


Kuva 58. Merkitsemissä kokeissa MAK4: Ikkunaliihosten kautta havaittiin vähäistä ilmavuotoa sisätiloihin.

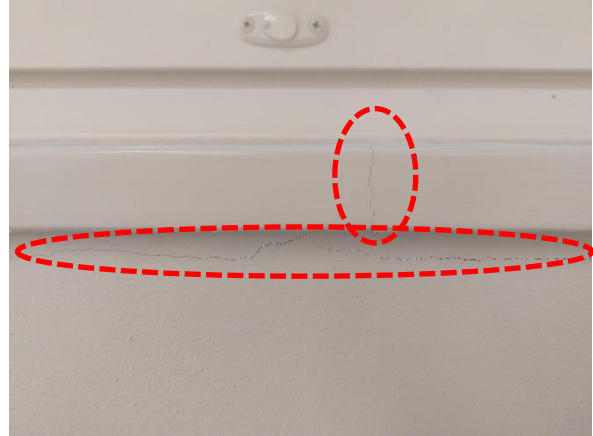


Kuva 59. Merkitsemissä kokeissa MAK4: Alapohjaliitoksen alueella havaittiin vähäistä ilmavuotoa. Lämmityspattereiden kiinnikkeiden kautta havaittiin pistemäistä ilmavuotoa rakenteesta sisäilmaan.





Kuva 60. Merkkiainekoe MAK4: Sähkökoteloinnin kiinnikkeen kautta havaittiin pistemäistä ilmavuotoa rakenteesta sisäilmaan.



Kuva 61. Merkkiainekoe MAK4: Ikkunapenkin ja ikkunapenkin liitoksen halkeamien kautta havaittiin merkittävä ilmavuotoa rakenteesta sisäilmaan.

### 5.2.3 Johtopäätökset

**Sokkelirakenteen ulkopinnoilla havaittiin paikoin maalin lehteilyä.** Sokkelin ulkopinnalla havaittiin näillä alueilla kohonneita pintakosteuslukemia. Todennäköisesti sokkelin ulkopinnan maalipinnoitteena on käytetty heikosti vesihöyryä läpäisevää maalipinnoitetta, jonka vuoksi maali irtoilee kosteuden vaikutuksesta alustastaan. Tutkimuskäynnin yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella, sekä kohteen huoltomieheltä saadun tiedon mukaan, sokkelin vierustoille ei ole talven aikana kasaantunut lunta.

**Maanvastaiset ulkoseinärakenteet ovat pääosin perusmuurin sisäpuolelta lämmöneristettyjä rakenteita.** Lämmöneristeen sisäpinnalla on sisäkuori, joka on ikkunoiden alaosien osalta tiilimuurattu ja umpinaisilta osin betonirakenteinen. Rakenteessa ei havaittu vedeneristekerroksia. Rakennerratkaisu tulkitaan kosteustekniseksi riskirakenteeksi sen heikon kosteusteknisen toimintansa vuoksi. Rakenne voi vaurioitua maanvastaisiin seiniin kohdistuvien kosteusrasitusten, kuten pintavesien, veden kapillaarisen siirtymisen sekä puutteellisen salaojituksen seurauksena. Rakenteista otettujen materiaalinäytteiden suoraviljelyanalyysien perusteella riskit ovat paikoin toteutuneet.

Lämmöneristeenä on ikkunan alaosien osalta käytetty paikoin mineraalivilla- ja polyuretaanieristeitä. Ulkoseinärakennetta on todennäköisesti korjattu näiltä osin aikaisempien korjausten yhteydessä. Betonirakenteisten pilareiden ulkopinnalla sekä umpinaisten ulkoseinien eristeenä havaittiin sementtilastuvillaeristettä, jota ei ole edeltäneiden korjausten yhteydessä poistettu. Sementtilastuvillalevyssä havaittiin viite mikrobivauriosta. Näytteessä havaittiin niukasti aktinobakteereita, jotka viittaavat rakenteessa olleeseen korkeaan kosteuteen.

**Paikon maanvastaiset seinät ovat massiivibetonirakenteisia.** Massiivibetonirakenteisten maanvastaisien ulkoseinärakenteiden riskinä on kosteuden siirtyminen rakenteiden läpi kapillaarisesti sekä diffuusion vaikutuksesta. Mikäli rakenteen pintaosissa on käytetty tiivispintaisia tai maanvastaisiin rakenteisiin soveltumattomia päällysteratkaisuja, voi kosteuden tiivistymisen seurauksena rakenteen sisäpinoille syntyä vaurioita. Massiivibetonirakenteisten ulkoseinien osalta ei tämän tutkimuksen yhteydessä havaittu normaalista poikkeavia kosteuspoitoisuuksia, eikä kyseisten rakenteiden pintaosissa havaittu aistinvaraisesti kosteuden aiheuttamia pintaosien vaurioita, kuten maalin hilseilyä tai kalkkihärmettä.

**Ikkunat ovat uusittuja MSEA-tyyppisiä ikkunoita** ja ne ovat hyväkuntoisia. Ikkunapellitykset on toteutettu asianmukaisesti. Ulkoseinien ikkunaliitokset on tiivistetty ulkoseinärakenteeseen elastisen tiivistysmassan ja uretaanivaahdotusten avulla. Liitoksessa havaittiin lisäksi pellavatiilkkeiden jäämiä. Elastisessa tiivistysmassassa on paikoin rakoja, jolloin liitokseen muodostuu epätiivelyskohtia. Pellavatiilkkeet ovat voineet vaurioitua ikkunaliitosten vuotojen seurauksena. Rakenteissa olevien epätiivelyskohtien kautta pellavatiilkkeiden sisältämät epäpuhtaudet voivat kulkeutua ilmavutojen mukana sisäilmaan ja heikentää sen laatua silloin, kun tilat ovat rakenteisiin verraten alipaineisia.



**Maanvastaiset ulkoseinärakenteet eivät ole ilmatiiviitä.** Ulkoseinärakenteen ilmatiiveyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti ja merkkiainekokein. Maanvastaisien ulkoseinien rakenneliittymät eivät ole ilmatiiviitä ja mahdollistavat ilmavuodot maanvastaisien ulkoseinien rakenteista sisäilmaan. Ilmavuodot voivat toimia korvausilmareittinä alipaineisessa rakennuksessa ja heikentää sisäilman laatua.

#### 5.2.4 Toimenpide-ehdotukset

Maanvastaisien ulkoseinärakenteiden sisäilmateknistä toimivuutta voidaan parantaa ilmatiiveyttä parantavin tiivistyskorjauksin. Vaihtoehtoisesti maanvastaiset ulkoseinärakenteet voidaan myös peruskorjata. Molemmissa korjaustavoissa korjaustöiden yhteydessä tulee huomioida myös alapohjarakenteeseen kohdistuvat toimenpiteet, jotka suositellaan toteutettavan samanaikaisesti maanvastaisien ulkoseinärakenteiden kanssa. Myös ilmanvaihto tulee tasapainottaa uudelleen kummassakin korjausvaihtoehdossa korjaustöiden valmistumisen jälkeen.

Korjaustavan valinnassa tulee huomioida korjauksilla tavoiteltava käyttöikä sekä tilojen tuleva käyttöaste.

- 1) Mikäli rakennuksen sisäilmasto-olosuhteita halutaan parantaa väliaikaisesti tiivistyskorjauksin, tulee maanvastaisien ulkoseinien kaikki rakenneliittymät kuten välipohjien, alapohjan, väliseinien, ikkunoiden ja ikkunapenkkien, pilareiden ja läpivientien liittymät tiivistää erillisen tiivistyskorjaussuunnitelman mukaisesti. Kaikki tiivistystyöt tehdään puhtaille tiili- ja betonipinnoille, ei pintamateriaalien päälle. Korjaustöiden laadunvarmistus on suositeltavaa toteuttaa merkkiainekokein ennen pinnoitustöiden aloitusta. Ulkoseinien vaurioituneet ja vaurioherkät materiaalit jäävät rakenteeseen tiivistyskorjauksen yhteydessä.

Rakenteen tiiviinä pysymistä tulee seurata säännöllisesti tiivistyskorjausten valmistumisen jälkeen, erillisessä korjaussuunnitelmassa esitetyn aikavälein. Korjausvaihtoehtoon sisältyy riski tiivistyskorjausten käyttöä ylittymisestä ja tiivistysten toimivuuden heikentymisestä rakennuksen jäljellä olevan elinkaaren aikana, jolloin eristemateriaaleista peräisin olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan on jälleen mahdollista. Toteutustavalla saavutetaan keskimäärin 5–20 vuoden käyttöikä.



- 2) Vaihtoehtoisesti maanvastaiset ulkoseinärakenteet voidaan korjata peruskorjauslaajuudessa, jolloin rakenne korjataan kosteusteknisesti toimivaksi ja vaurioituneet ja vaurioherkät materiaalit poistetaan korjausten yhteydessä. Kosteusteknisesti toimivassa maanvastaisessa ulkoseinässä lämmön- ja vedeneristeet asennetaan rakenteen ulkopintaan, jolloin maanvastainen seinä pysyy kauttaaltaan lämpimänä ja kuivuu tarvittaessa sisäänpäin.

Maanvastaisten seinien sisäpuolella oleva sisäkuorimuuraus ja lämmöneristeet poistetaan. Betonirakenteisten alueiden osalta rakenne puretaan ulko- tai sisäpuolelta ja lämmöneriste poistetaan. Korjausten yhteydessä myös ikkunoiden välissä olevien betonirakenteisten pilareiden ulkopinnalla oleva eriste ja ikkunaliitoksissa havaittavat pellavatiilkkeiden jäämät on suositeltavaa poistaa. Mikäli purettavalla alueella havaitaan bitumisivelyvedeneristeitä, on ne suositeltavaa poistaa mahdolliset haitta-aineet huomioiden.

Maanvastaisten seinien ulkopintaan asennetaan kauttaaltaan vedeneriste, joka ulotetaan anturan alareunaan saakka. Bitumikermin päälle asennetaan ulkopuolinen solumuovinen lämmöneriste ja kaivanto täytetään salaojasoralla tarvittavilta osin. Korjausten yhteydessä myös maanvastaisen seinän maanpinnan yläpuolinen osuus tulee lämmöneristää. Toteutustapa aiheuttaa paksunnoksen rakenteen maanpäälliseen osaan ja muuttaa osin rakennuksen julkisivua.

Mikäli julkisivumuutokset eivät ole mahdollisia, joudutaan lämmöneriste asentamaan maanvastaisen seinän sisäpuolelle. Sisäpuolinen lämmöneristäminen on aina toissijainen vaihtoehto, jota tulee harkita vain, mikäli ulkopuolinen eristäminen ei ole mahdollista. Sisäpuolisessa lämmöneristämässä tulee käyttää voimakkaasti kapillaarisia ja hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja. Eristevahvuus tulee tarkastella käytetyn materiaalin perusteella korjaussuunnittelun yhteydessä.

Maanvastaisien ulkoseinien ja alapohjalaatan liitoksen sekä muiden rakenneliitosten tulee olla ilmatiiviitä. Uusien sisäverhousmateriaalien valinnassa tulee suosia hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja, kuten sementtipohjaisia tasoitteita ja maaleja.



## 5.3 Julkisivut, ulkoseinät ja ikkunat

### 5.3.1 Lähtötietojen mukainen rakenne

Lähtötietojen perusteella ulkoseinärakenteet ovat rapattujen ulkoseinien osalta kevytbetonirakenteisia. Lähtötietoaineiston perusteella julkisivujen materiaaleina on käytetty tiiliverhousta sekä julkisivurap-  
pausta. Tiilipintaisien alueiden osalta ulkoseinärakenteet ovat lähtötietoaineiston perusteella sement-  
tilastuvillaeristeisiä betonirakenteita.

### 5.3.2 Havainnot ja mittaustulokset

#### Yleishavainnot

- Rakennuksen julkisivut ovat paikoin rapattuja ja paikoin tiililaattapintaisia. Tiililaattapintaisiin ulko-  
seiniin on havaintojen perusteella kohdistunut edellisen peruskorjauksen yhteydessä korjaustöitä,  
joiden yhteydessä alkuperäinen tiiliverhous on poistettu ja korvattu tiililaatoin.
- Tiililaatoituksen takana on havaittavissa tuuletusrako ja tuulensuojana toimiva kivivillarakenteinen  
levy.
- Tiiliverhoiltujen ulkoseinien osalta on todennäköisesti korjausten yhteydessä poistettu alkuperäiset  
eristemateriaalit.
- Ikkunapellitykset on havaintojen perusteella asennettu asianmukaisesti.



Kuva 62. Rakennuksen julkisivut ovat paikoin rapattuja ja paikoin tiililaattapintaisia.



Kuva 63. Julkisivujen alkuperäinen tiiliverhous on ha-  
vaintojen perusteella uusittu tiililaattajulkisivuksi.



Kuva 64. Tiiliverhouksen takana havaittiin tuuletusrako  
ja tuulensuojaeristeeksi asennettu kivivillaeriste.



Kuva 65. Yleiskuva toisen kerroksen julkisivusta.



Kuva 66. Ikkunoiden pellitykset on havaintojen perusteella toteutettu asianmukaisesti. Ikkunat on uusittu havaintojen perusteella vuonna 2017.

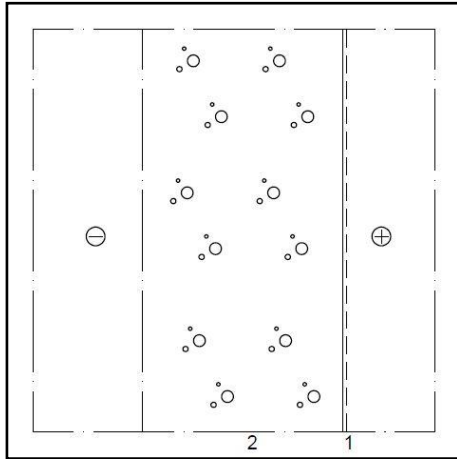


## Rakenneavaukset, oppilashuollon alue

### Ulkoseinärakenne US6

Toimistohuone 133

#### Havaittu rakenne:

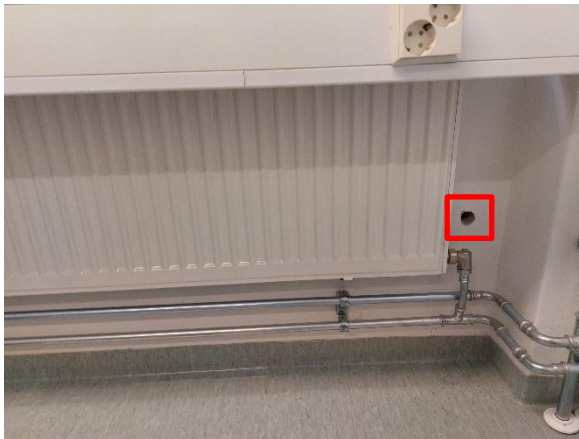


Kuva 67. Rakennetyyppi US6

1. Maali
2. Kevytbetoni > 300 mm (poraus lopetettu)

#### Havainnot

- Rakenne vastaa lähtötietoaineiston rakennekuvausta.



Kuva 68. Rakenneavaus US6 tehtiin toimistohuoneeseen 133 kuvaan merkittyyn kohtaan.



Kuva 69. Rakenne on kevytbetonirakenteinen, eikä rakenne sisällä herkästi vaurioituvia materiaaleja.

## Ilmatiiveys, ulkoseinärakenteet

Rakenneosan tiiveyttä ja ilmapuoreittejä tutkittiin pistokoelutoisesta merkkiainekokein.

### Merkkiainekoe

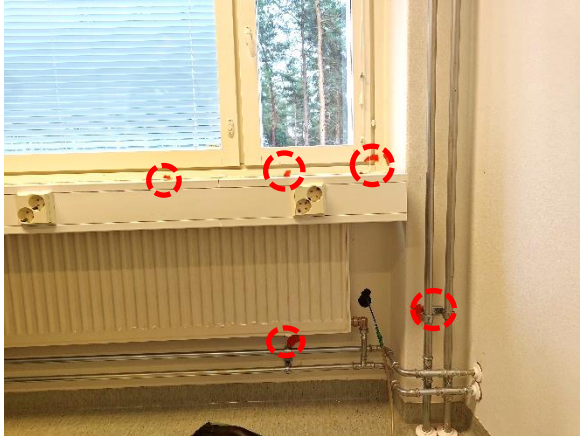
#### Tutkimusjärjestelyt:

- Merkkiainekokeet tehtiin -13...-15 Pascalin suuruudessa alipaineessa suhteessa ulkoilmaan.
- Merkkiainekaasua syötettiin porausaukosta rakenteeseen, jonka jälkeen kaasun annettiin taasaantua rakenteessa noin minuutin ajan.
- Ilmavuoja havainnoitiin kaasuanalysaattorin avulla ja havainnot kirjattiin muistiin ja dokumentoitiin valokuvoin.



#### Havainnot:

- Ulkoseinärakenteista merkkiainekokein havaitut ilmapuotokohdat painottuvat ulkoseinärakenteiden ja välipohjarakenteiden liitoksiin, ulkoseinien ja ikkunoiden liitoksiin sekä ulkoseinissä olevien kiinnikkeiden alueelle.
- Alla olevaan kuvaan on merkittynä merkkiainekokein havaitut ilmapuotokohdat:



Kuva 70. Merkkiainekokeissa MAK5 toimisto 133 tilassa havaittiin ulkoseinärakenteesta pistemäisiä ilmapuotokohtia, jotka on merkittynä kuvaan.

#### 5.3.3 Johtopäätökset

Ulkoseinärakenteen ikkunasyvennyksen avauksessa ei havaittu vaurioherkkiä materiaaleja. Rakenteen riskit painottuvat lähinnä rakenteen heikkoon energiatehokkuuteen. Kevytbetonirakenteeseen syntyy tyypillisesti betonirakennetta herkemmin halkeamia, jotka voivat heikentää rakenteiden ilmanpitävyyttä. Rakenneliitoksiin aiheutuvien halkeamien seurauksena liittyvissä rakenteissa olevat epäpuhtaudet voivat korvausilman mukana kulkeutua sisäilmaan, heikentäen sen koettua laatua tilojen ollessa alipaineisia ympäröiviin rakenteisiin verraten.

#### 5.3.4 Toimenpide-ehdotukset

Rakenne on kosteusteknisesti toimiva, jonka vuoksi toimenpide-ehdotukset kohdistuvat lähinnä rakenteessa havaittavien halkeamien ja rakenneliitosten tiivistyskorjauksiin. Rakenteessa havaittavat halkeamat voidaan ulkoseinien osalta esimerkiksi injektoida. Ulkoseinien rakenneliitoksien osalta on suositeltavaa käyttää tiivistyskorjauksiin soveltuvia menetelmiä ja tuotteita erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.



## 5.4 Välipohjat

### 5.4.1 Lähtötietojen mukainen rakenne

Välipohjarakenteiden toteutustapa ei selvinnyt lähtötietoaineistosta.

### 5.4.2 Havainnot ja mittaustulokset

#### Yleishavainnot

- Tekstiilityön luokan sisäkattoon on kiinnitetty mineraalivillarakenteiset akustiikkalevyt.
- Puutyöluokan 008 sisäkatto on maalattu ja sisäkaton pintaan on kiinnitetty akustiikkalevyjä, jotka ovat sementtilastuvillarakenteisia.
- Varastossa 006 havaittiin vanhoja käytöstä poistettuja putkia, joiden putkieristeet sisältävät todennäköisesti asbestia.
- Varastossa 006 havaittiin epätiivitä läpivientejä, jotka eivät todennäköisesti täytä palo-osastointivaatimuksia.
- Välipohjarakenteet ovat betonirakenteisia. Paikoin välipohjat ovat havaintojen perusteella alalaattarakenteisia ja paikoin ylälaattarakenteisia.



Kuva 71. Tekstiilityön luokan sisäkattoon on kiinnitetty mineraalivillarakenteiset akustiikkalevyt.



Kuva 72. Puutyöluokan 008 sisäkatto on maalattu ja sisäkaton pintaan on kiinnitetty akustiikkalevyjä, jotka ovat sementtilastuvillarakenteisia.



Kuva 73. Paikoin välipohjarakenteessa havaittiin epätiivitä läpivientejä ja todennäköisesti asbestipitoisia putkieristeitä sekä käytöstä poistettuja putkia. Valokuva varastosta 006.



Kuva 74. Paikoin välipohjarakenteiden läpiviennit ovat epätiivitä, eivätkä todennäköisesti täytä välipohjarakenteen palo-osastointivaatimuksia. Valokuva varastosta 006.





Kuva 75. Välipohjarakenteen päällysteenä on muovimatto. Kuva terveydenhoitajan huoneesta 107.



Kuva 76. Välipohjarakenteet ovat betonirakenteisia. Välipohjarakenteen alapinnalla on paikoin muottilaudoituksia. Kuva oppilashuollon alueelta toimistosta 133.



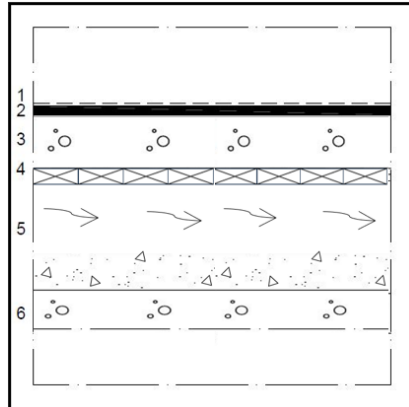
## Rakenneavaukset

### Välipohjarakenne VP1 ja VP2

VP1: Terveystilojen työtila 107 (tekstiilityön opetustilan 007 yläpuolella)

VP2: Musiikinluokka 111 (puutyön opetustilan 008 yläpuolella)

#### Havaittu rakenne:



- |    |   |            |
|----|---|------------|
| 1. | Muovimatto  | 2 mm       |
| 2. | Tasoite   | 3...5 mm   |
| 3. | Betoni  | 65...95 mm |
| 4. | Tervapaperi                                       |            |
| 5. | Muottilaudoitus                                   | 25 mm      |
| 6. | Tyhjä tila, rakennusjätettä pohjalla 230...265 mm |            |
| 7. | Betoni  |            |

Kuva 77. Rakennetyyppi VP1, VP2

#### Havainnot

- Rakenteen toteutustapana on alalaattapalkisto.
- Välipohjarakenteen koteloidissa havaittiin alkuperäiset muottilaudoitukset.
- Rakenneavauksista oli aistittavissa voimakas PAH-yhdisteille tyypillinen haju.
- Muottilaudoituksessa havaittiin rakenneavauksen VP2 osalta lahovaurioita ja aistinvaraisesti havaittavaa mikrobikasvustoa.
- Rakenneavauksen VP1 osalta muottilaudoituksessa ei havaittu lahovaurioita. Muottilaudoituksesta otettiin materiaalinäyte (näyte 2) mikrobianalyysiin. Näytteen suoraviljelyssä havaittiin heikko viite mikrobivauriosta.
- Kotelorakenteen pohjalla on rakennusjätettä, kuten laastin, betonin, tiilen ja puun palasia.
- Rakenteessa on käytetty tervapaperia betonirakenteen ja muottilaudoituksen välissä.
- Rakenneavauksista VP1 ja VP2 otettiin materiaalinäytteet (näyte 1 ja 3) mikrobianalyysiin. Näytteiden suoraviljelyssä havaittiin heikko viite mikrobivauriosta molempien näytteiden osalta.
- VP2: Tervapaperista otettiin materiaalinäyte (näyte PAH1) PAH-yhdistepitoisuuden selvittämiseksi.
- VP2: Tervapaperi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, sillä sen PAH-yhdistepitoisuus ylittää vaarallisen jätteen pitoisuusrajan.



Kuva 78. Rakenneavaus VP1 tehtiin terveydenhoitajan tilaan 107.



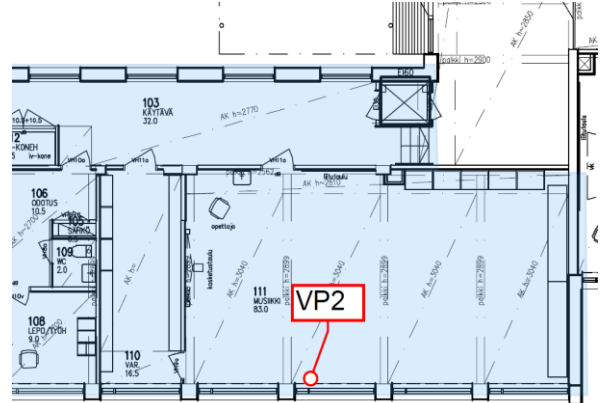
Kuva 79. Rakenneavaus VP1. Pintalaatan ja muottilaudoituksen välissä on tervapaperi, jossa havaittiin



voimakas PAH-yhdisteisiin viittaava haju. Tervapaperissa havaittiin lisäksi heikko viite mikrobivauriosta.



Kuva 80. Rakenneavaus VP1. Välipohjarakenne on alalaattarakenteinen ja kotelorakenteissa havaittiin muottilaudoitukset sekä rakennusjätettä.



Kuva 81. Rakenneavaus VP2 tehtiin musiikin luokkaan 111.



Kuva 82. Rakenneavaus VP2. Rakenteen toteutustapa vastaa avauksessa VP1 havaittua rakennetta. Ulkoseinän liitoksessa havaittiin lahovaurioituneita muottilaudoituksia ja aistinvaraisesti havaittavaa mikrobikasvustoa.



Kuva 83. Rakenneavaus VP2. Muottilaudoitus on lahovaurioitunut.

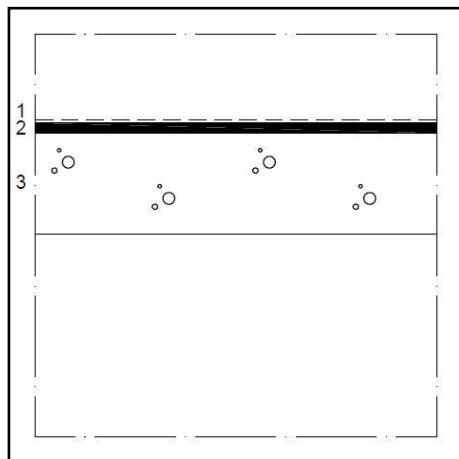


Kuva 84. Rakenneavaus VP2. Muottilaudoituksen ja pintabetonilaatan välissä on tervapaperi, jonka PAH-yhdistepitoisuus ylittää vaarallisen jätteen raja-arvon. Tervapaperissa havaittiin lisäksi heikko viite mikrobivauriosta.

### Välipohjarakenne VP3

Oppilashuollon alue: Toimisto 133

#### Havaittu rakenne:



Kuva 85. Rakennetyyppi VP3

1. Muovimatto
2. Tasoite
3. Betoni

15 mm  
n. 150 mm

#### Havainnot

- Rakenne on massiivibetonirakenteinen.
- Välipohja ei sisällä herkästi mikrobivaurioituvia materiaaleja.



Kuva 86. Rakenneavaus VP3 tehtiin oppilashuollon alueelle toimistoon 133. Avauskohta on merkitty kuvaan punaisella.



Kuva 87. Rakenneavaus VP3. Rakenne on massiivibetonirakenteinen, eikä se sisällä herkästi vaurioituvia materiaaleja.



### Materiaalinäytteiden mikrobialyysit

Välipohjarakenteista otettiin mikrobialyysiin kolme materiaalinäytettä. Näytteenottokohdat on merkitty tämän raportin liitteenä 1 oleviin pohjapiirustuksiin. Seuraavassa taulukossa 7 on esitetty materiaalinäytteen mikrobialyysin tulosten tulkinta.

Taulukko 7. Välipohjan materiaalinäytteen mikrobialyysin tulos (Kiwalab, MIK10559). Poikkeavat tulokset on lihavoitu.

Näyte	Materiaali	Rakennusosa	Tila	Kosteusvauriota indikoiva lajisto ja lajiston pitoisuus	Tuloksen tulkinta
1	Tervapaperi	VP 1	Terveystoimittaja 107	-	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>
2	Muottilauta	VP 1	Terveystoimittaja 107	+ Acremonium*	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>
3	Tervapaperi	VP 2	Musiikki 111	+ A. ustus*	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>

Kaikissa välipohjarakenteista otetuissa näytteissä havaittiin heikkoviite mikrobivauriosta.

### VOC-materiaalinäytteenotto

Välipohjarakenteen päällystemateriaaleista otettiin VOC-analyysiin 1 materiaalinäyte oppilashuollon toimesta 133, joka otettiin välipohjarakenteen muovimattopäällysteestä ja maton kiinnitysliimasta. Näytteet analysoitiin Kiwalab-laboratoriossa, joka on Ruokaviraston hyväksymä ja FINAS-akkreditoitu VOC-tutkimuslaboratorio. Näytteenottokohdat on merkitty tämän raportin liitteenä 1 oleviin pohjapiirustuksiin. Alla olevassa taulukossa 8 on esitetty materiaalinäytteen kokonaisyhdistepitoisuus TVOC ja materiaalien hajoamista kuvaavien yhdisteiden pitoisuudet. Viitearvoista poikkeavat tulokset on korostettu värillä.

Taulukko 8. VOC-materiaalinäytteiden tulokset, alapohja

Näyte	Tila	Materiaali	2-Etyyli-1-heksanoli	C9-alkoholit <sup>(1,2)</sup>	TVOC kokonaisemissio
VOCm1	Oppilashuolto 133	Muovimatto, liima	9	-	20
<i>Viite-arvo, uudemmat päällysteet</i>		<i>PVC, pehmitin DINCH, DINP tai DIDP</i>	50	320	500

Näytteessä ei havaittu Työterveyslaitoksen viitearvoja ylittäviä pitoisuuksia C7-10-alkoholeja tai 2-etyyli-1-heksanolia. Näytteessä havaittiin viitearvoja pienempänä pitoisuutena 2-etyyli-1-heksanolia. 2-etyyli-1-heksanoli ja C7-C10-alkoholit ovat tavanomaisesti muovimatoista ja liimoista peräisin olevia kemiallisia hajoamisyhdisteitä, jolloin poikkeavaa pitoisuutta voidaan pitää viitteenä materiaalin vaurioitumisesta.

Tällä menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta tai rakenteen pinnalta kerättyjä kamionäytteitä (Flec). Materiaalinäytteiden perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä sisäilman laadusta tai sisäilman VOC-yhdisteistä, mutta voidaan kartoittaa VOC-emissioiden päästölähteitä. Sisäilman VOC-pitoisuutta tutkittiin ilmanäyttein toimesta 133 ja pienryhmätilasta 134. Sisäilmasta otettujen VOC-näytteiden tuloksia on käsitelty tämän raportin kohdassa 7.4.1 Sisäilman VOC-yhdisteet.



### Ilmatiiveys, välipohjarakenteet

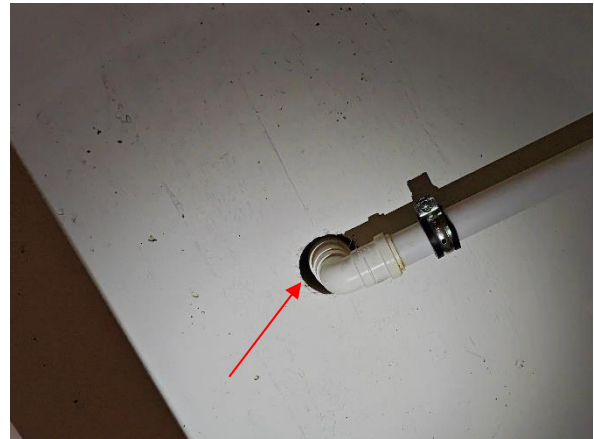
Rakenneosan tiiveyttä ja ilmavuotoreittejä tutkittiin pistokoeluntuotoisesti merkkiainekokein sekä aistinvaraisesti arvioimalla.

#### Aistinvaraiset havainnot:

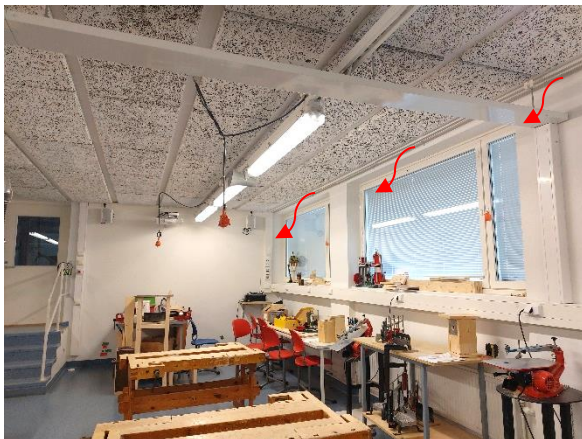
- Välipohjarakenteessa havaittiin paikoin epätiivitä läpivientejä.
- Epätiivitä läpiviennit eivät todennäköisesti täytä välipohjarakenteelle määritettyjä palo-osastointivaatimuksia.
- Rakenneavauksen VP2 yhteydessä muottilaudoituksen sahauksesta syntyneitä savun hajua havaittiin rakenteen alapuolella puukäsityöluokassa normaalissa käyttöolosuhteessa. Rakenneliitokset eivät puukäsityöluokan osalta ole ilmatiiviitä ja ilmavirtaukset välipohjarakenteesta puukäsityöluokkaan ovat mahdollisia, kun sisäilma on rakenteeseen verraten alipaineinen.



Kuva 88. Paikoin välipohjarakenteessa havaittiin todennäköisesti epätiivitä läpivientejä. Valokuva puutyön luokasta 008.



Kuva 89. Paikoin välipohjarakenteessa havaittiin epätiivitä läpivientejä. Valokuva varastosta 006.



Kuva 90. Välipohjarakenteen rakenneavauksen yhteydessä syntyneitä savun hajua havaittiin rakenteen alapuolella puutyöluokassa 008. Rakenne ei ole ilmatiivis.



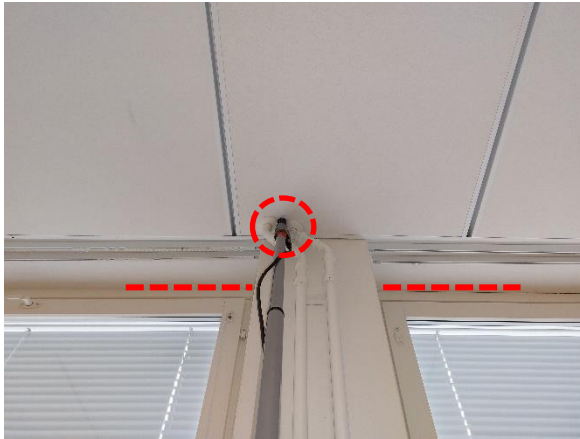
## Merkitäinekoe

### Tutkimusjärjestelyt:

- Välipohjarakenteen merkitäinekokeet tehtiin tilojen normaalissa käyttöolosuhteessa.
- Merkitäinekaasua syötettiin porausaukosta välipohjarakenteen eristetilaan, jonka jälkeen kaasun annettiin tasaantua rakenteessa noin minuutin ajan.
- Ilmavuotoja havainnoitiin välipohjarakenteen alapuolelta kaasuanalysaattorin avulla ja havainnot kirjattiin muistiin ja dokumentoitiin valokuvoin.

### Havainnot:

- Välipohjarakenteista merkitäinekokein havaitut ilmavuotokohtat painottuvat ulkoseinärakenteiden ja välipohjarakenteiden liitoksiin sekä läpivientien alueelle.
- Alla olevaan kuvaan on merkittynä merkitäinekokein havaitut ilmavuotokohtat:



Kuva 91. Merkitäinekokeessa MAK3 tekstiilityö 007 luokassa havaittiin välipohjarakenteesta vähäisiä ja pistemäisiä ilmavuotoja, jotka on merkittynä kuvaan.



Kuva 92. Merkitäinekoe MAK3: Ulkoseinärakenteen ja ikkunan liitoksessa havaittiin pistemäinen ilmavuotokohta.





### 5.4.3 Johtopäätökset

**Käsityösiiven välipohjat ovat pääosin alalaattapalkistoja betonirakenteisella ylälaatatalla.** Rakenne luokitellaan riskirakenteeksi. Rakenne sisältää herkästi kosteusvaurioituvia materiaaleja kuten vanhoja muottilautoja. Lisäksi rakenteen kotelorakenteessa on rakennusjätettä.

Rakenteen sisältämiin orgaanisiin materiaaleihin on voinut syntyä kosteusvaurioita jo rakennusaikana, jos rakennekosteus ei ole päässyt poistumaan rakenteesta riittävän nopeasti. Vaurioituminen on voinut tapahtua myös käytönaikaisten vuotojen seurauksena esimerkiksi siivousvesien kulkeutumisesta välipohjaan, puutteellisista vedeneristyksistä tai pakkaskaudella kastepisteen muodostumisesta välipohjan eristetilaan välipohjan ja ulkoseinän liitoskohdassa. Välipohjarakenteista tehtyjen aistinvaraisten havaintojen ja otettujen materiaalinäytteiden suoraviljelyanalyysien perusteella välipohjarakenteiden riskit ovat toteutuneet.

Ensimmäisen ja toisen kerroksen välisestä välipohjasta otetuissa näytteissä havaittiin heikkoja viitteitä mikrobivauriosta. Lisäksi rakenteessa havaittiin paikoin lahovaurioituneita muottilaudoituksia. Kotelorakenteen täyttökerroksena on rakennusjätettä. Välipohjarakenteen ylälaatan ja muottilaudoituksen välissä olevassa tervapaperissa havaittiin vaarallisen jätteen raja-arvon ylittäviä pitoisuuksia PAH-yhdisteitä. PAH-näytteen perusteella tervapaperin kyllästyksessä on käytetty kivihillitervaa.

**Oppilashuollon alueella olevien toimistotilojen ja keittiön välisen välipohjarakenteen toteutus-tapa eroaa havaintojen perusteella käsityön opetustilojen välipohjarakenteesta.** Rakenne on massiivibetonirakenteinen, eikä se tehtyjen havaintojen perusteella sisällä herkästi vaurioituvia materiaaleja. Rakenne on päällystetty muovimattopäällysteellä. Muovimattopäällyste ei VOC-materiaalinäytteen perusteella toimi tilassa merkittävänä emissiopäästölähteenä, eikä muovimattopäällysteessä havaittu kemialliseen vaurioitumiseen viittaavia yhdisteitä.

**Välipohjat eivät ole ilmatiiviitä** ja välipohjista on ilmayhteyksiä sisäilmaan välipohjan rakenneliittymien ja erilaisten läpivientien kautta. Ilmavuodot voivat toimia korvausilmareittinä alipaineisessa rakennuksessa ja heikentää sisäilman laatua.

### 5.4.4 Toimenpide-ehdotukset

**Alalaattarakenteiset välipohjarakenteet** suositellaan ensisijaisesti peruskorjattavan poistamalla mikrobi- ja lahovaurioituneet ja PAH-pitoiset materiaalit rakenteesta. Välipohjien peruskorjaus edellyttää laajamittaisia purku- ja uudelleenrakennustöitä. Mikäli tavoitteena on jatkaa rakennusalueen käyttöä seuraavat 5...20 vuotta, jonka jälkeen rakennusalueen käytöstä mahdollisesti luovutaan tai alue peruskorjataan, sisäilmasto-olosuhteita voidaan parantaa väliaikaisesti tiivistyskorjauksin:

**Tiivistyskorjauksessa** välipohjien ja rakenneliittymien kuten ulkoseinien, väliseinien ja läpivientien liittymät tiivistetään kauttaaltaan erikseen laadittavan tiivistyskorjaussuunnitelman mukaisesti. Myös kaikki muut epätiivisyyskohdat tulee kartoittaa ennen korjaussuunnittelun aloittamista. Välipohjarakenteesta on todennäköisesti ilmayhteyksiä käsityön opetustilojen lisäksi välipohjarakenteen yläpuolisiin työ- ja opetustiloihin. Tiivistyskorjaukset edellyttävät osin sisäkattojen ja yläpuolella olevien lattioiden pintamateriaalien purkamista seinien vierustoilta. Kaikki tiivistystyöt tehdään puhtaille tiili- ja betonipinnoille, ei pintamateriaalien päälle.

Tiivistystyön onnistuminen ja toimivuus suositellaan varmistettavan esimerkiksi merkkiainekokein ennen työn luovutusta sekä jälkiseuraamaan tiivistyksen ilmatiiveyttä säännöllisesti tiivistyskorjauksien valmistuttua. Ilmanvaihto tulee tasapainottaa ja säätää uudelleen tiivistyskorjausten valmistumisen jälkeen.



Korjausvaihtoehtoon sisältyy riski tiivistyskorjausten käyttöön ylittymisestä ja tiivistysten toimivuuden heikentymisestä rakennuksen jäljellä olevan elinkaaren aikana, jolloin täyttemateriaaleista peräisin olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan on jälleen mahdollista.

Lisäksi rakenteen pinta- ja alalaattoihin jää todennäköisesti edelleen halkeamia, jotka mahdollistavat ilmayhteyden epäpuhtauslähteestä sisäilmaan.

**Peruskorjauslaajuisessa** korjausvaihtoehdossa alalaattapalkistot tyhjennetään vaurioituneista materiaaleista lähtökohtaisesti yläkautta. Tämä edellyttää alalaattapalkiston pintalaatan purkamista, jolloin myös sellaiset ylemmän kerroksen väliseinät, jotka on rakennettu välipohjarakenteen pintalaatan päälle, joudutaan purkamaan.

Pintalaatan purkamisen jälkeen jäljelle jäävät betonirakenteet puhdistetaan ja rakenteille tehdään pölynsidontakäsittely. Uutena täyttömateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi kuivapuhallettua kevytsoraa tai vaahtolasia palo- ja äänitekniset vaatimukset huomioiden. Uusi pintarakenne tehdään teräsbetonirakenteisena, jolloin rakenteen kantavuus on myös tarkasteltava, koska uusi rakenne on mahdollisesti vanhaa rakennetta raskaampi. Uusi pintalaatta valetaan vanhan alalaattapalkiston päälle niin sanottuna liittolaattana tai vaihtoehtoisesti kevytsoran päälle. Tällöin kevytsoran ja uuden pintalaatan väliin tulee kuitenkin asentaa höyrynsulku, jotta uuden kansilaatan kosteus ei siirry kevytsoraan ja vaurioita rakennetta uudelleen.

Pintalaatan kuivumisen tuoma lisäkosteus tulee huomioida rakenteen toteutustavassa sekä laatan kuivuminen työmaa-aikataulussa. Kuivuminen varmistetaan RT 103333 -kortin ohjeiden mukaisilla rakennekosteusmittauksilla. Kun laatta on kuivunut riittävästi, tiivistetään pintalaatan ja kaikkien rakenneliittymien ja läpivientien väliset saumat ilmatiiveys ja palomääräykset huomioiden. Vastaava tiivistyskorjaus tehdään myös välipohjan alapintaan kaikkiin rakenneliittymiin. Tiivistyskorjausten onnistuminen varmistetaan erillisillä merkkiainekokeilla.

**Oppilashuoltoalueen osalta** välipohjarakenne on rakenneavauksen perusteella massiivibetonirakenteinen. Rakenteen ilmatiiveyttä alapuolisen tilan suhteen voidaan korjata tiivistyskorjauksin. Ilmanvaihto tulee tasapainottaa ja säätää uudelleen mahdollisten korjaustöiden valmistumisen jälkeen.



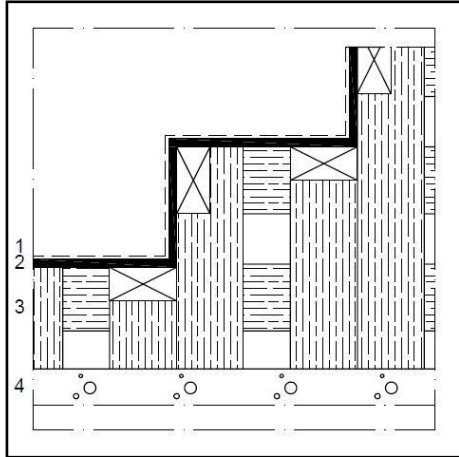
## 5.5 Porrask rakenne

Puutyöluokassa 008 sijaitsevat umpirakenteiset portaat konesaliin 009. Porrask rakenteen toteutustapa tarkastettiin rakenneavauksella.

### Porrask rakenne PORRAS1

Puutyö 008

#### Havaittu rakenne:

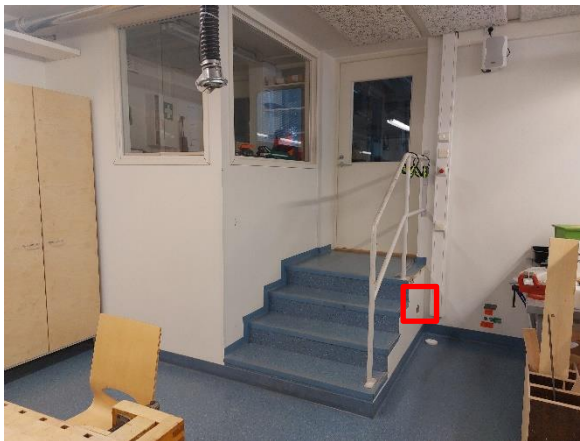


Kuva 93. Rakennetyyppi Porrask rakenne

1. Muovimatto (sivut maalattu)
2. Vaneri (sivut kipsilevyä)
3. Ilmatila / puurakenteet
4. Betoni (alapohjarakenteen pintalaatta)

#### Havainnot

- Rakenne on havaintojen perusteella uusittu.
- Portaan alapuolella on havaittavissa tunkkaista hajua.
- Portaan alapuolella on havaittavissa kuivumiskutistumaa betonirakenteisessa alapohjan pintalaatan ja maanvastaisen ulkoseinän liitoksessa.



Kuva 94. Rakenneavaus PORRAS1 tehtiin kuvaan merkittyyn kohtaan.



Kuva 95. Rakenneavaus PORRAS1: Porrask rakenne on puurakenteinen. Portaan alaosan alueella on todennäköisesti maanvastaista ulkoseinärakennetta.



Kuva 96. Rakenneavaus PORRAS1: Alapohjarakenteen pintalaatan ja maanvastaisen ulkoseinän liitoksessa havaittiin kuivumiskutistumasta aiheutunut rako.

### 5.5.1 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

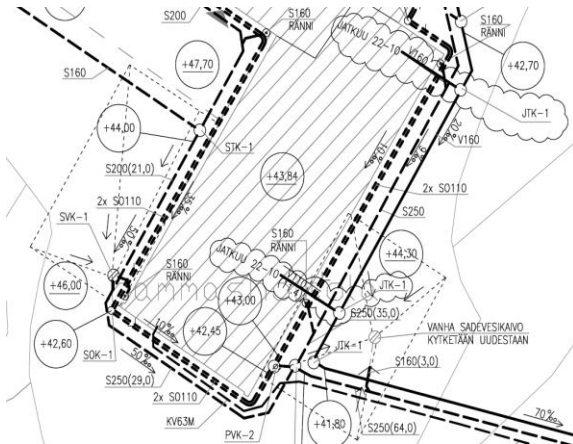
Porrasarakenne on puurakenteinen ja se rajautuu alapohjan betonirakenteiseen pintalaattaan sekä maanvastaiseen ulkoseinärakenteeseen. Alapohjarakenteen ja ulkoseinän liitoksessa on havaittavissa kuivumiskutistumasta aiheutunut rako, jonka kautta ilmavirtaukset rakenteista sisäilmaan ovat mahdollisia. Havaittu kuivumiskutistuma on suositeltavaa tiivistää muun alapohjarakenteen tiivistyskorjauksen yhteydessä. Portaaseen on lisäksi suositeltavaa lisätä portaan tuulettumisen mahdollistava tuuletusaukko.



## 5.6 Piha-alueet ja ulkopuolinen vedenpoisto

### 5.6.1 Lähtötietojen mukainen rakenne

Rakennuksessa on sadevesi- ja salaojajärjestelmät.



Kuva 97. Tutkimusalueen vesi- ja viemäripiirros, asemapiirustus. (Rejlers, loppukuva 2014.)

### 5.6.2 Havainnot ja mittaustulokset

#### Yleishavainnot

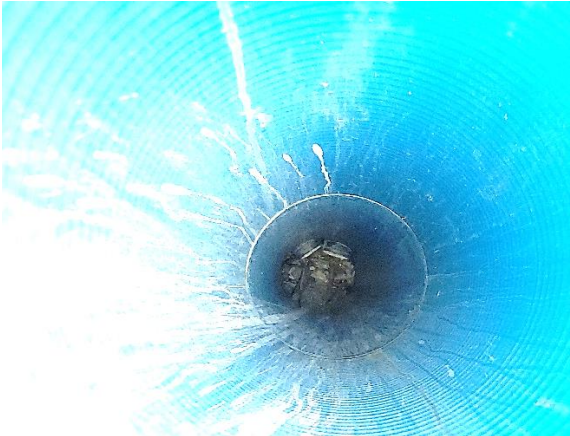
- Maanpinta kallistaa rakennuksesta pois päin.
- Vesikatolta sadevedet ohjautuvat sadevesikourujen ja syöksytorvien kautta sadevesijärjestelmään.
- Syöksytorvessa on avattava luukku. Luukun takana ei havaittu rikkasihtiä.
- Rakennuksen ympärillä on salaojat.
- Yksittäinen salaojan tarkastuskaivo oli tarkastushetkellä kuiva, joka voi viitata salaojajärjestelmässä olevaan tukokseen. Tarkastuskaivon pohjalla havaittiin kiviä.
- Muilta osin salaojien tarkastuskaivoissa havaittiin vettä.
- Sokkelin vierustalla, asfaltoinnin pinnalla, havaittiin paikallisesti mahdollisesti perusmuurilevyn kuluva ylälista. Perusmuurilevyn olemassaolon varmistaminen ja sen asennustavan tarkastaminen ilman asfaltointia rikkovaa kaivantoa on kuitenkin mahdotonta.



Kuva 98. Yksittäinen salaojan tarkastuskaivo oli kuiva, joka voi viitata tukokseen salaojajärjestelmässä. Kuiva tarkastuskaivo on merkittynä kuvaan punaisella ympyrällä. Kuvassa etummainen kaivo on sadevesien tarkastuskaivo.



Kuva 99. Rakennuksen vesikatolta sadevedet ohjautuvat syöksytorvin sadevesijärjestelmään. Syöksytorvessa havaittiin avattavat puhdistusluukut.



Kuva 100. Yksittäinen salaojan tarkastuskaivo oli tarkastushetkellä kuiva. Putkissa on havaittavissa salaojille tyypilliset reiitykset. Tarkastuskaivon pohjalla havaittiin kiviä.



Kuva 101. Pääosin salaojien tarkastuskaivoissa havaittiin vettä.



Kuva 102. Maanpinta kallistaa rakennuksesta lievästi pois päin.



### 5.6.3 Johtopäätökset

Maanpinnat rakennuksen ympärillä on muotoiltu havaintojen perusteella siten, etteivät sadevedet lamikoidu sokkeleiden vierustoille. Sadevedet ohjautuvat vesikatolta hallitusti sadevesijärjestelmään. Syöksytorvessa on avattava luukku. Luukun takana ei havaittu rikkasihtiä, jonka vuoksi katolta syöksytorveen päätyvät roskat voivat aiheuttaa tukoksia järjestelmään ajan saatossa. Rakennuksen ympärillä on salaojat. Yksittäisessä salaojan tarkastuskaivossa ei havaittu vettä, mikä voi viitata tukokseen alueen salaojajärjestelmässä.

### 5.6.4 Toimenpide-ehdotukset

Rikkasihtien asentaminen tarkastusluukkujen yhteyteen sadevesijärjestelmien tukkeutumien ehkäisemiseksi. Salaojajärjestelmän toimivuus on suositeltavaa varmistaa säännöllisesti. Alueen salaojajärjestelmän toimivuus on suositeltavaa tarkastaa sisäpuolisen videokuvauksen avulla ja huuhdella tarvittaessa.



## 6 Ilmanvaihto- / LVIS-järjestelmien tutkimusten tulokset

### 6.1 Ilmanvaihto- / LVIS-järjestelmän kuvaus

- Tutkituissa tiloissa on koneellinen tulo- ja poistoilma.
- Toisen kerroksen oppilashuollon tiloja palvelee oma ilmanvaihtokone.
- Kellarikerroksen tekstiilityöluokassa ja puutyöluokassa ovat omat huonekohtaiset syrjäyttävät CACA – ilmanvaihtokoneet. Iv-koneet on sijoitettu huoneiden perälle. Ilmamääriä ohjataan liiketunnistimen avulla. Luokkien ollessa tyhjä koneet käyvät minimiteholla. Asetetuista minimi- ja maksitehoista ei ole tietoa.
- Tekstiili- ja puutyötilojen yhteydessä olevaa käytävää palvelee oma ilmanvaihtokone, joka on sijoitettu puu varastoon.

### 6.2 Tilojen ilmanjako ja ilmamäärät

Tilojen ilmamäärien suunnitelmien mukaisuutta tarkasteltiin pistokoemittauksin. Mittaustulokset on merkitty myös liitteeseen 7. Suunnitelluista ilmamääristä voidaan poiketa  $\pm 20\%$  huonekohtaisesti ja  $\pm 10\%$  järjestelmäkohtaisesti.

Kellarin käytävän ja toisen kerroksen oppilashuollon tiloissa on sekoittava ilmanvaihto ja tutkitun kahden kellarikerroksessa sijaitsevilla luokkahuoneissa on syrjäyttävä ilmanvaihto. Ilmavirtausnopeusmittauksilla pyrittiin selvittämään tekstiilityöluokan ilmanjakoa ja ko. ilmanvaihdon soveltuvuutta tilan käyttötarkoituksen huomioon ottaen. Ilmavirtausnopeutta mitattiin kolmesta eri kohdasta. Kolmen (3) metrin; 6,5 metrin ja 11 metrin päästä ilmanvaihtokoneesta. Ilmanvaihtokone on sijoitettu suorakaiteenmuotoisen luokan lyhyelle seinustalle ja viimeinen mittauspiste oli vastakkaisella lyhyellä seinustalla. Tuloilman heittopituus mitataan suihkun keskiviivaa pitkin. Heittopituudeksi määritellään yleensä matka, jossa ilmavirtausnopeus on 0,2 m/s.

#### Tekstiilityön luokka 007, TK09

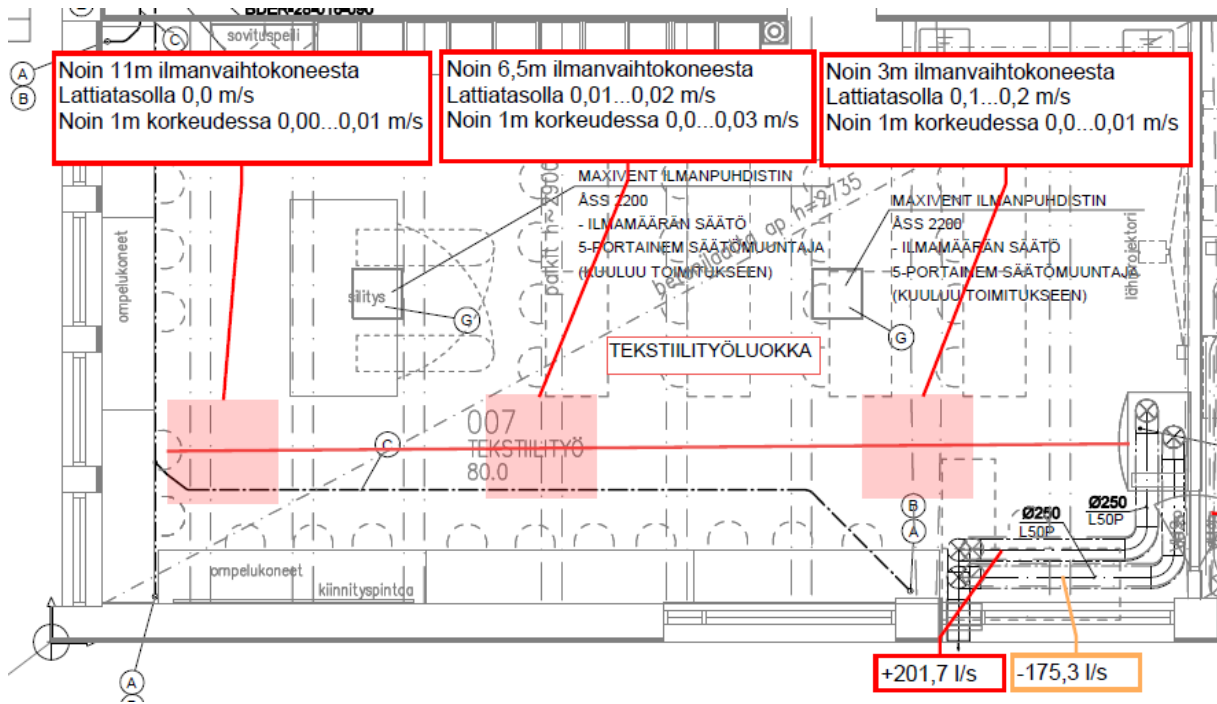
Tilan ilmanvaihtoa ohjaa huonekohtainen CACA-ilmanvaihtokone. Suunniteltuja ilmamääriä ei ole merkitty ilmanvaihtopiirustuksiin. Ilmanvaihtoa ohjaa liiketunnistin. Ilmanvaihdolle on asetettu minimi- ja maksimi-ilmamääräarvot, jotka eivät ole tiedossa. Ilmamäärät mitattiin kanavista ja mittaushetkellä poistoilmamääräksi mitattiin -175,3 l/s ja tuloilmamääräksi +201,7 l/s. Tila on mitattujen ilmamäärien perusteella mitoitettu maksimissaan noin 30 henkilölle kerrallaan (6 l/s/hlö).

Ilmanvaihtokone sijaitsee luokkahuoneen lyhyellä seinustalla ja melko nurkassa. Tuloilmaohjataan ilmanvaihtokoneen alaosasta ja poisto sen yläosasta.

Taulukko 9. Ilmavirtauksien nopeudet tekstiilityön luokassa 007.

Etäisyys ilmanvaihtokoneesta	Mittauspiste lattiatasolla	Mittauspiste n.1 m korkeudessa lattiatasosta.
3 metriä	0,1...0,2 m/s	0,0...0,01 m/s
6,5 metriä	0,01...0,02 m/s	0,0...0,03 m/s
11 metriä	0,0 m/s (noin 10 metrin etäisyydellä ilmanvaihtokoneesta on matala kaapisto)	0,0...0,01 m/s





Mittausten perusteella voidaan olettaa, että luokahuoneen perällä ja käytävän puoleisella seinällä ilmanvaihtokoneeseen nähden, ei ilma vaihdu riittävästi. Tilan ainoa poisto on ilmanvaihtokoneen yhteydessä. Luokahuoneen kattoon on asennettu kaksi aktiivihiilisuodattimilla varustettua Maxivent ilmapuhdistinta, joilla kerätään mm. mahdollinen tekstiilipöly talteen.

### Puutyöluokka 008, TK10

Tilan ilmanvaihtoa ohjaa huonekohtainen CACA-ilmanvaihtokone. Suunniteltuja ilmamääriä ei ole merkitty ilmanvaihtopiirustuksiin. Ilmanvaihtoa ohjaa liiketunnistin. Ilmanvaihtokone sijaitsee luokahuoneen lyhyellä seinustalla ja melko nurkassa. Tuloilmaohjataan ilmanvaihtokoneen alaosaan ja poisto sen yläosaan. Ilmanvaihdolle on asetettu minimi- ja maksimi-ilmamääräarvot, jotka eivät ole tiedossa. Ilmamäärät mitattiin kanavista ja mittaushetkellä poistoilmamääräksi mitattiin -166,0 l/s ja tuloilmamääräksi +156,1 l/s. Tila on mitattujen ilmamäärien perusteella mitoitettu maksimissaan noin 26 henkilölle kerrallaan (6 l/s/hlö). Ilmamäärällisesti tilassa on lievä alipaine. Paine-eromittauksissa ulkoilmaan nähden tila oli -4...-8 Pa alipaineinen ja kun luokahuoneen oven avasi, niin alipaine nousi lukemiin -10...-12 Pa. Mittausten perusteella voidaan olettaa luokan käytävän olevan myös alipaineinen. Tilassa on kolme työpistekohtaista käsiohjauksella toimivaa kohdepoistoa. Kohdepoiston ollessa päällä mitattiin sisä- ja ulkoilman väliseksi paine-eroksi -30...-50 Pa. Kohdepoistojen avaaminen lisää alipaineen määrää merkittävästi. Kohdepoistojen avaamisen yhteydessä olisi myös varmistettava riittävän korvausilman saanti.

Ilmanvaihtokoneen sijainnin ja luokahuoneen 007 Tekstiilityön mittausten perusteella voidaan olettaa, että ilmanvaihtuvuus ei ole myöskään puutyöluokan peräosissa, eikä käytävän puolisuonalla riittävä. Kohdepoistojen lisäksi ainoa poistoilmapäätelaite on ilmanvaihtokoneen yhteydessä. Kohdepoistojen ollessa pois päältä poistoilmanvaihto luokahuoneen reunamilta ei ole riittävä.



### Käytävä 004 (luokkahuoneiden 007 ja 008 yhteydessä), TK29

Luokkahuoneiden 007 ja 008 yhteydessä olevalla käytävän osalla on kaksi (2) poistoilma- ja kaksi (2) tuloilmapäätelaitetta. Ko. käytävän osaa palveleva ilmanvaihtokone sijaitsee käytävän perällä olevassa puutarvikevarastossa.

Poisto l/s				Tulo l/s				
Suunniteltu	Mitattu	Erotus l/s	Erotus %	Suunniteltu	Mitattu	Erotus l/s	Erotus%	
-110,0	-98,1	-11,9		+62,0	+42,2	-19,8		
-110,0	-41,0	-69,0		+62,0	+42,1	-20,9		
<b>Yhteensä</b>	<b>-220,0</b>	<b>-139,1</b>	<b>-80,9</b>	<b>n. - 36 %</b>	<b>+124,0</b>	<b>+83,3</b>	<b>-40,7</b>	<b>n. - 33 %</b>

Mittaushetkellä tulo- ja poistoilmamäärät jäivät selvästi suunnitelluista arvoista.

### Oppilashuoltotilat, TK23

Oppilashuoltotiloja palvelee oma koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtokone. Ilmanvaihtopiirustukset eivät olleet ajan tasalla. Tiloissa on tehty uusia tilaratkaisuja.

**134 pienryhmäopetustilassa** on kolme poistoilma- ja kolme tuloilmapäätelaitetta. Päätelaitteiden sijainnit eivät vastaa ilmanvaihtopiirustuksien merkintöjä.

Poisto l/s				Tulo l/s				
Tila	Suunniteltu	Mitattu	Erotus l/s	Erotus %	Suunniteltu	Mitattu	Erotus l/s	Erotus %
134 Pienryhmä	-26,7	-22,8	-3,9		+26,7	+30,2	-19,8	
	-26,7	-21,5	-5,2		+26,7	+22,1	-20,9	
	-26,6	-26,5	-0,1		+26,6	+23,5		
<b>Yhteensä</b>	<b>-80,0</b>	<b>-70,8</b>	<b>-9,2</b>	<b>n. - 11 %</b>	<b>+80,0</b>	<b>+75,8</b>	<b>-4,2</b>	<b>n. - 5 %</b>

Ilmamäärät ovat sallittujen rajojen sisällä. Tila on suunniteltu ilmamäärällisesti tasapainoiseksi. Mittaus- hetkellä huoneessa on ilmamäärällisesti lievä ylipaine.

**133 toimistotilassa** on yksi poisto- ja yksi tuloilmapäätelaite.

Poisto l/s				Tulo l/s				
Tila	Suunniteltu	Mitattu	Erotus l/s	Erotus %	Suunniteltu	Mitattu	Erotus l/s	Erotus %
133 Toimisto	-22,0	-14,4	-7,6	<b>n. -34 %</b>	+22,0	+23,2	+1,2	n. + 5 %

Tuloilmamäärä on suunnitteluarvojen mukainen, mutta poistoilma jää noin kolmasosan suunnitellusta arvosta. Ilmamäärällisesti tilassa on selkeä ylipaine tuloilmamäärän ollessa lähes puolet suurempi, vaikka tila on suunniteltu säädöllisesti  $\pm 0$  tilaan.



**Naisten pukuhuone/toimisto, miesten pukuhuone sekä wc/suihkutilat** eivät vastaa ilmanvaihtopiirustusten tietoja uusien tilaratkaisujen osalta eikä suunniteltuja ilmamääräarvoja ollut saatavilla.

Poisto l/s			Tulo l/s	
Tila	Suunniteltu	Mitattu	Suunniteltu	Mitattu
Naisten pukuhuone / toimisto	Ei tiedossa	-20,3	Ei tiedossa	+13,2
Miesten pukuhuone	Ei tiedossa	-9,8	-	-
WC/Suihkutila	Ei tiedossa	-16,4	Ei tiedossa	+20,3
Käytävä	-	-	+25,0	+13,3

Naisten pukuhuoneessa on ilmamäärällisesti alipaine, mutta käytävään johtavan oven alla on ilmarako ja onkin mahdollisesti tarkoituksellisesti osa korvausilmasta otettavaksi käytävältä.

Miesten pukuhuoneessa on ainoastaan poistoilmapäätelaite. Tietojen mukaan pukuhuone on yhden ihmisen käytössä, joten poistoilmamäärä on riittävä. Korvausilma otetaan oven alta käytävän puolelta.

WC/Suihkutilassa on ilmamäärällisesti pieni ylipaine. Ns. likaisiin ja märkätiloihin säädetään alipaineiseksi.

Käytävän tuloilmamäärä jää suunnitelluista arvoista miltei 50 %. Mittaushetkellä naisten ja miesten pukuhuoneiden yhteenlaskettu korvausilmatarve käytävältä on noin +17 l/s. Käytävältä mitattiin n. +13 l/s, joten tilat jäävät kokonaisuudessaan lievästi alipaineisiksi.



### 6.2.1 Valokuvat



Kuva 103. Tekstiilityö 007 ilmastointikone on asennettu lyhyelle seinustalle. Tulo- ja poistoilma ohjataan iv-koneen yhteydessä olevien päätelaitteiden kautta.



Kuva 104. Kuva ilmastointikoneelta luokan perälle päin. Tuloilma ohjataan iv-koneen alaosassa sijaitsevan tuloilmapäätelaitteen kautta.



Kuva 105. Tuloilma ohjataan luokahuoneeseen iv-koneen alaosasta. Poistoilma ohjataan iv-koneen päältä.



Kuva 106. Tuloilma ohjataan suurilta osin iv-koneen etupuolelta. Ohut kaistale ohjaa myös iv-koneen molemmilta sivuilta.



Kuva 107. Poistoilma ohjataan iv-koneen päällä sijaitsevan poistoilmapäätte-elimen kautta.



Kuva 108. Ilmanvaihto toimii luokan ollessa tyhjänä asetetulla minimiteholla. Liiketunnistimella ohjataan il-määrää luokkaan saavuttaessa.



Kuva 109. Ilmanvaihtokoneen sivulla on varastoituna tavaraa, jotka estävät tuloilman ohjautumista.



Kuva 110. Puhallinkammiot ja LTO-kiekkko olivat melko puhtaat.



Kuva 111. Suodattimet olivat melko puhtaat.



Kuva 112. Puhallinkammiot olivat puhtaat.



Kuva 113. Kuva puutyön 008 iv-koneelta luokan perälle päin.



Kuva 114. Tilaan on asennettu kolme käsiohjauksella toimivaa kohdepoistoa. Kuva luokan perältä iv-koneen suuntaan.



Kuva 115. Puutyötilan iv-koneen sivuille asetettu tavaroita, jotka osittain estävät tuloilmavirtausta.



Kuva 116. Puutyö 008 tilassa kolme käsiohjattavia kohdepoistoja.



Kuva 117. Tilojen 007 ja 008 yhteydessä oleva käytävätila. tilan perällä puuvarasto, johon sijoitettu mm. ko. käytävän ilmanvaihtoa ohjaava ilmanvaihtokone.



Kuva 118. Ilmanvaihtokone sijoitettu puuvarastoon. Ilmanvaihtokonehuoneita ei ole tarkoitettu varastotiloiksi.



Kuva 119. suodattimet ovat vaihdon/puhdistuksen tarpeessa.



Kuva 120. Oppilashuollon TK puhaltimen siivekkeet olivat melko likaiset.

### 6.3 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Ilmamäärällisesti luokkahuoneiden, 007 Tekstiilityöluokka ja 008 Puutyöluokka, olivat riittävät. Suunniteltuja ilmamääriä ei ole tiedossa. Tilojen ilmanvaihto ei kuitenkaan ole riittävä laadukkaan ilmanvaihdon aikaansaamiseksi varsinkaan, kun vielä huomioidaan ko. luokkahuoneiden käyttötarkoitus normaalia suurempien epäpuhtauksien vuoksi. Luokkahuoneiden yhteydessä olevan käytävän mitatut ilmamäärät eivät vastanneet suunniteltuja ilmamääriä. Sekä poisto- että tuloilmamäärät jäivät 33...36 % suunniteluarvoista, sallitun poikkeaman ollessa  $\pm 20$  %. Oppilashuollon tilojen ilmastointipiirustukset olivat päivitämättä. Piirustuksissa päätelaitteiden sijainti ei vastannut nykytilannetta. Tiloissa oli tehty pukuhuoneiden ja wc -tilojen osalta uusia tilaratkaisuja, joita ei ole merkitty ilmanvaihtopiirustuksiin, eikä suunniteltuja ilmamääriä näin ollut saatavilla. Toimistohuoneen 133 mitattu tuloilmamäärä oli suurempi kuin poistoilmamäärä. Pienryhmäopetustilan 134 mitatut ilmamäärät olivat sallitun poikkeaman sisällä.

Tekstiilityöluokka 007 ja puutyöluokka 008 osalta suosittelemme selvittämään mahdollisuutta huonekohtaisten ilmanvaihtokoneiden poiston ohjaamista kanavavedoilla ja poistopäätelaitteiden sijoittamista luokkatilojen vastakkaiselle seinälle sekä luokkahuoneiden keskelle, jolla saadaan ainakin parannusta nykyiseen tilanteeseen. Suosittelemme myös ko. tilojen lisätutkimuksia ilmanjaon suhteen ilmavirtausmittauksin sekä savukokein. Puutyöluokan suuren alipaineisen paine-eron ulkoilmaan nähden suosittelemme koko koulun ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden selvittämistä.

Oppilashuollon tilojen ilmamäärät suositellaan uudestaan säädettäväksi.

TK29 ilmanvaihtokone sijaitsee puuvarastossa, joka heikentää rakennuksen paloturvallisuutta. Kone on suositeltavaa osastoida omaksi tilakseen paloalueet huomioiden.

Koko rakennuksen ilmanvaihto koostuu useasta eri pienemmästä ilmanvaihtokoneesta ja palvelualueesta, jolloin näiden välinen toimivuus tulisi selvittää. Ilmanvaihtojärjestelmä tulisi kokonaisuutena huomioiden nykyiset tilat, niiden käyttötarkoitus ja henkilömäärät.



## 7 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset

### 7.1 Sisäilman olosuhdemittaukset

#### 7.1.1 Paine-ero

Paine-eromittaukset tehtiin neljässä tilassa, joista kaksi oli alimmassa kerroksessa sijaitsevilla käsityön opetustiloissa ja kaksi toisessa kerroksessa sijaitsevilla tiloissa 133 ja 134. Seurantamittarit (loggerit) mittasivat seurantajaksolla (14 vrk) tilojen sisäilman ja ulkoilman välistä paine-eroa 5 minuutin välein.

Taulukossa 10 on esitetty sisäilman paine-eromittausten maksimi- ja minimiarvot sekä mittausjakson keskiarvo. Mittapisteen on esitetty liitteessä 1 ja mittaustulosten kuvaajat on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 6.

Taulukko 10. Paine-eroseurantamittausten minimi- maksimi- ja keskiarvot.

Tila ja palvelualueen tuloil-makoneen tunnus	Minimi (Pa)	Maksimi (Pa)	Keskiarvo (Pa)
PE1 Tekstiilityö 007	-21,6	4,7	<b>-10,2</b>
PE2 Puutyö 008	-47,5	5,7	<b>-11,0</b>
PE3 Toimistohuone 133	-19,3	6,2	<b>-11,0</b>
PE4 Pienryhmäopetus 134	-22,0	18,8	<b>-12,3</b>

#### 7.1.2 Hiilidioksidipitoisuus, sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus

Hiilidioksidin, sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset tehtiin alimmassa kerroksessa sijaitsevilla käsityön opetustiloissa. Seurantamittarit (loggerit) mittasivat seurantajaksolla (14 vrk) tilojen hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta 5 minuutin välein. Taulukossa 11 on esitetty sisäilman olosuhdemittausten maksimi- ja minimiarvot sekä mittausjakson keskiarvo.

Mittaustulosten kuvaajat on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 6.

Taulukko 11. Olosuhdeseurantamittausten minimi- maksimi- ja keskiarvot.

Tila	Lämpötila (°C)			Suhteellinen kosteus (RH %)			CO <sub>2</sub> (ppm) kokonaispitoisuus	
	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo
OS1 Tekstiilityö 007	20,7	23,6	22,2	14,8	36,0	23,4	1133	487
OS2 Puutyö 008	20,0	21,8	20,7	17,6	37,6	27,4	1039	484
PE3 Toimistohuone 133	20,0	23,5	21,0	13,3	36,2	23,9	459	423
PE4 Pienryhmäopetus 134	18,8	23,0	20,0	14,4	39,5	26,0	447	420

\* Tiloissa 133 ja 134 ei ollut käyttäjiä mittausjakson aikana.





## 7.2 Epäpuhtausmittaukset

### 7.2.1 Sisäilman VOC-yhdisteet

Oppilashuollon alueella tutkittiin sisäilman kemiallisten yhdisteiden pitoisuutta VOC-ilmanäyttein. Näytteet otettiin toimistosta 133 ja pienryhmätalasta 134. Tilojen seinäpinnat ovat pääosin maalattuja. Lattiat ovat muovimattopäällysteisiä. Tiloissa havaittiin tutkimushetkellä tunkkaista hajua.

Lattiapäällysteenä olevasta muovimattopäällysteestä otettiin materiaalinäyte VOC-analyysia varten. Näytetulos on käsitelty tämän raportin kohdassa 5.4 Välipohjat, 5.4.2 Materiaalinäytteiden VOC-analyysi.



Kuva 121. Yleiskuva pienryhmätalasta 134.



Kuva 122. Yleiskuva toimistosta 133.

VOC-näytteet analysoitiin Kiwalab-laboratoriossa. Alla olevassa taulukossa 12 on esitetty sisäilman VOC-analyysin kokonaispitoisuus TVOC sekä TXIB:n ja etikkahapon pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tarkemmat tulokset ovat analyysivastauksessa, joka on tämän raportin liitteenä 3. Näytteenotokohdat on esitetty raportin liitteenä 1 olevassa pohjapiirustuksessa.

Taulukko 12. Ilmasta otettujen VOC-näytteiden tulokset. Tarkemmat yhdistekohtaiset pitoisuudet on esitetty analyysivastauksessa, joka on tämän raportin liitteenä 3.

Näyte	Tila	TXIB	Etikkahappo	TVOC
1	Tila 133	0,7	14	30
2	Tila 134	-	5	10

Näytteessä esiintyneen etikkahapon lähteitä voivat olla mm. erilaiset puhdistus- ja pesuaineet, lastulevy sekä liimat. TXIB on tyypillisesti muovimattojen ja niiden kiinnitysliimojen hajoamisesta aiheutuva yhdiste. TXIB:tä on havaittu myös maalipinnoitteissa.

Muovimattojen ja niiden kiinnitysliimojen kemiallisia hajoamisyhdisteitä ovat lisäksi 2-Etyyli-1-heksanoli, C7-C10 alkoholit. Kyseisiä yhdisteitä ei havaittu sisäilmanäytteessä.



### 7.3 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

**Paine-erot** ulkoilmaan nähden olivat keskiarvoltaan voimakkaan alipaineisia. Tilojen alipaineisuuteen vaikuttavat esimerkiksi tiloissa olevat erillispoistot sekä tiloihin liittyvien käytävien alipaineisuus. Alipaineisuus voi voimistaa rakenteiden kautta sisäilmaan kulkeutuvan vuotoilman määrää. Vuotoilman mukana sisäilmaan voi kantautua rakenteiden sisältämiä epäpuhtauksia, jotka heikentävät koettua sisäilman laatua. Saadut mittaustulokset viittaavat ilmanvaihdon epätasapainoon.

Koko rakennuksen ilmanvaihto koostuu useasta eri pienemmästä ilmanvaihtokoneesta ja palvelualueesta. Rakennuksen ilmanvaihdon toimivuus tulisi selvittää kokonaisuutena, huomioiden eri palvelualueiden mahdollinen vaikutus toisiinsa.

Paine-eromittaukset on suositeltavaa uusien rakenteille ja ilmanvaihdolle suositeltujen remonttien valmistamisen jälkeen.

**Sisäilman lämpötilat** vaihtelivat mittausjaksolla 18,8...23,6°C välillä. Asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa lämpötilojen ei tulisi laskea alle +20 celsiusasteen. Tarkastelujaksolla tilan 134 lämpötila oli mittausjakson alkupuolella alle +20°C. Muiden tilojen lämpötilat ylittivät +20°C.

**Sisäilman suhteellisen kosteuden** arvot vaihtelivat välillä 13,3 %...39,5 RH%. Ilmanvaihdon kautta huoneisiin tulevan tuloilman suhteellinen kosteus pienenee, kun tuloilmaa lämmitetään. Viileä ulkoilma sisältää lähtökohtaisesti hyvin vähän kosteutta, jolloin tuloilman suhteellinen kosteus laskee lämmitettyään hyvinkin pieneksi. Asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa tai niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä. Yleisesti sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi olla 20...60 %. On myös huomioitava, että suhteellinen kosteus laskee sisäilman lämpötilan noustaessa. Tarkastelujaksoilla sisäilman suhteellinen kosteus pysyi alhaisena.

**Sisäilman hiilidioksidipitoisuus** pysyi mittausjakson aikana hyvällä tasolla. Asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 1150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (ulkoilman pitoisuus n. 400 ppm). Sisätilojen pääasiallinen hiilidioksidin lähde on ihmisten uloshengitysilma. Hiilidioksidipitoisuuden määrään vaikuttavia tekijöitä ovat ilmanvaihdon toiminta sekä tilassa oleskelevien henkilöiden määrä suhteessa tilan kokoon.

**VOC-ilmanäytteiden** tulokset luokitellaan tavanomaisiksi. Pitoisuudet eivät ylitä asumisterveysasetuksen toimenpiderajoja kokonaispitoisuuksien, eivätkä yksittäisien yhdisteiden osalta.



## 8 Olosuhdearviointi

Tutkimusalueille laadittiin olosuhdearviointi Työterveyslaitoksen ohjeistuksen mukaisesti.

Työterveyslaitoksen ohjeistuksessa (Sisäilmastaselvitys ja olosuhdearviointi, TTL, 2022) on esitetty olosuhdearvion arviointiperusteet. Ohjeistuksen mukaan olosuhde arvioidaan oheisen taulukon mukaan asteikolla A-D (tavanomaista paremmat / pääosin tavanomaiset / tavanomaisesta poikkeavat / poikkeavat merkittävästi tavanomaisesta).

### 8.1 Käsiyöluokkien alue

#### 8.1.1 Perustelut

Taulukko 13. Olosuhdearvioinnin tulos tarkasteltavien osa-alueiden kriteereihin perustuen

Arvo	Määrittäminen
A	Sisäilman laatu ja olosuhteet ovat tavanomaista paremmat. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta ei tarvita. 0 pistettä
B	Sisäilman laatu ja olosuhteet ovat pääosin tavanomaiset. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta on hyvä tehdä tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. 1–4 pistettä
C	Sisäilman laatu ja olosuhteet poikkeavat tavanomaisesta. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta tarvitaan tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. 5–8 pistettä
D	Sisäilman laatu ja olosuhteet poikkeavat merkittävästi tavanomaisesta. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta tarvitaan nopeasti tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. 9–12 pistettä

#### Rakennusosien ilmatiiviys ja vuotoilma

2 pistettä

Tutkimusalueen ilmatiiviys on heikko. Ilmavuotoilmareittejä todettiin ulkoseinien ja alapohjarakenteen liittymässä, alapohjan ja ulkoseinien pilariliitoksissa ja ulkoseinien ikkunaliitoksissa eri puolilla tutkimus-alueita. Lisäksi välipohjarakenteen havaittiin olevan tutkittaviin tiloihin nähden epätiivis. Vuotoilmareittien sijainti ulkoseinän alaosassa lisää jonkin verran epäpuhtaan vuotoilman riskiä. Tutkimusalueen paine-erojen keskiarvot ulkoilmaan nähden olivat käyttöaikana merkittävän alipaineisia. Lisäksi tilojen alipaineisuutta lisää ajoittain käytön aikana erityisesti puutyön opetustiloissa sijaitsevat kohdepoistot. Tilojen alipaineisuus lisää vuotoilman kulkeutumista rakenteista sisäilmaan. Paikoin rakenteissa havaittiin tiivistämättömiä läpivientejä välipohjarakenteen osalta, jonka vuoksi välipohjarakenteesta on suoria ilmayhteyksiä sisäilmaan.

#### Rakennusosien riskitekijät

2 pistettä

Ulkoseinärakenteiden lämmöneristekerroksissa havaittiin monin paikoin herkästi vaurioituvaa lämmöneristettä. Tutkimusalueen yläpuolella olevassa välipohjarakenteessa havaittiin muottilaudoituksia ja rakennusjätettä. Alapohjarakenne on uusittu ja se on muovimattopäällysteinen. Alapohjarakenteessa ei havaittu herkästi mikrobivaurioituvia kerroksia pintarakenteiden alapuolella ja sen lämmöneristekerroksena on käytetty kosteuden kapillaarisen nousun estävää lämmöneristettä rakenteen eristetilassa.

Yksittäinen salaojan tarkastuskaivo oli tarkastushetkellä kuiva, joka viittaa salaojajärjestelmässä olevaan tukokseen.



### Ilmastointijärjestelmä

2 pistettä

Tutkimusalueella on käsityöluokkien osalta huonekohtaiset ilmanvaihtokoneet. Luokkahuoneiden ilmanvaihto ei ole riittävää laadukkaan ilmanvaihdon aikaansaamiseksi tilojen käyttötarkoituksen huomioiden. Luokkahuoneiden yhteydessä olevan käytävän mitatut ilmamäärät eivät vastanneet suunniteltuja ilmamääriä. Ovien avaaminen käytävään lisää hetkellisten mittauksien perusteella tilojen alipaineisuutta.

### Biologiset, fysikaaliset ja kemialliset tekijät

2 pistettä

Tutkittavissa tiloissa havaittiin poikkeavaa, mikrobiperäistä hajua. Ulkoseinärakenteiden lämmöneristekerroksissa havaittiin eri asteisia mikrobivaurioviitteitä. Tutkimusalueen yläpuolella olevassa välipohjarakenteessa havaittiin lahovaurioituneita muottilaudoituksia. Lisäksi välipohjarakenteista otetuissa näytteissä havaittiin heikkoja viitteitä mikrobivaurioista.

## 8.1.2 Olosuhdearvioinnin tulos

Käsityöluokkien siiven olosuhteet ovat luokkaa **C**. Sisäilman laatu ja olosuhteet **poikkeavat tavanomaisesta**. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta tarvitaan tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella.

Taulukko 14. Pisteytystaulukko

Tarkasteltava osa-alue	Pisteytys
Ilmatiiveys ja vuotoilma	2 p
Rakennusosien riskitekijät	2 p
Ilmastointijärjestelmä	2 p
Biologiset, fysikaaliset ja kemialliset tekijät	2 p
<b>Yhteensä</b>	<b>8 p</b>

## 8.1.3 Toimenpide ehdotukset

Rakennuksessa on suositeltavaa ryhtyä toimenpiteisiin olosuhteiden parantamiseksi. Tilojen olosuhteita voidaan parantaa rakenteiden tiivistyskorjauksilla sekä ilmanvaihdon säätökorjauksilla sekä ilmanjakotapaa parantamalla. Vaihtoehtoisesti vaurioituneet rakenteet voidaan myös peruskorjata, jonka yhteydessä vaurioituneet ja vaurioherkät materiaalit poistetaan rakenteista kokonaisuudessaan. Ilmanvaihdon tutkiminen rakennuskokonaisuutena on lisäksi suositeltavaa.



## 8.2 Pienopetustila 134 ja toimisto 133

### 8.2.1 Perustelut

Taulukko 15. Olosuhdearvioinnin tulos tarkasteltavien osa-alueiden kriteereihin perustuen

Arvo	Määrittäminen
A	Sisäilman laatu ja olosuhteet ovat tavanomaista paremmat. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta ei tarvita. 0 pistettä
B	Sisäilman laatu ja olosuhteet ovat pääosin tavanomaiset. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta on hyvä tehdä tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. 1–4 pistettä
C	Sisäilman laatu ja olosuhteet poikkeavat tavanomaisesta. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta tarvitaan tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. 5–8 pistettä
D	Sisäilman laatu ja olosuhteet poikkeavat merkittävästi tavanomaisesta. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta tarvitaan nopeasti tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. 9–12 pistettä

#### Rakennusosien ilmatiiviys ja vuotoilma

1 piste

Tutkimusalueella havaittiin pistemäisiä vuotoilmareittejä. Ilmavuotoilmareittejä todettiin ulkoseinillä olevien kiinnikkeiden alueella sekä ikkunaliitoksissa. Tutkimusalueen paine-eromittauksen perusteella tilat ovat rakennuksen käytön ajan lievästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Paine-eromittauksissa tilojen havaittiin olevan keskiarvollisesti merkittävän alipaineisia.

#### Rakennusosien riskitekijät

0 piste

Ulkoseinärakenne on kevytbetonirakenteinen, eikä se tutkimuksien perusteella sisällä herkästi vaurioituvia materiaaleja. Tutkimusalueen alapuolella oleva välipohjarakenne on massiivibetonirakenteinen, eikä se rakenneavauksen perusteella sisällä herkästi vaurioituvia materiaaleja. Välipohjarakenne on muovimattopäällysteinen. Muovimaton päästöluokitus ei ole tiedossa.

#### Ilmastointijärjestelmä

2 pistettä

Toimistotilaa 133 ja pienopetustilaa 134 palvelee oma koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtokone, jonka palvelualueeseen kuuluvat lisäksi tilojen läheisyydessä olevat pukeutumis- pesu- ja WC-tilat. Lisäksi Peseytymis- ja WC-tiloissa on erillisillä huippuimureilla toimiva poistoilmanvaihto. Ilmanvaihtopiirustukset eivät olleet ajan tasalla. Tiloissa on tehty ilmanvaihtopiirustuksien laadinnan jälkeen uusia tilaratkaisuja.

Ilmamäärät ovat rakennuksen käytön aikana sallittujen rajojen sisällä. Tila on suunniteltu ilmamäärällisesti tasapainoiseksi. Alueen ovissa havaittiin kynnyksraot, jotka toimivat siirtoilmareittinä alueen tilojen välillä. Mittaushetkellä tilojen 133 ja 134 havaittiin olevan suunnitelmista poiketen ilmamäärällisesti laskeutuneita lievästi tai selkeästi ylipaineisia. Vastaavasti tilojen keskiarvollinen painesuhde vaihteli tiloissa -11...-12.2 Pa välillä. Tilojen alipaineisuuteen vaikuttaa todennäköisesti käytävä- ja peseytymistiloissa vallitseva alipaine. Käyttöaikojen ulkopuolella tilojen alipaineisuus lisääntyy todennäköisesti peseytymis- ja WC-tilojen erillispoistojen sekä ilmanvaihdon aikaohjelman mukaisesti tiloihin johdettavan koneellisen tuloilmamäärän vähentymisen vuoksi.

#### Biologiset, fysikaaliset ja kemialliset tekijät

0 pistettä

Tutkittavissa tiloissa havaittiin tunkkaista hajua, joka voimistui, kun tilan tuloilman määrää hetkellisesti tutkimusten aikana pienennettiin. Vastaava ilmiö toistuu todennäköisesti alueen ilmanvaihdon aikaohjelman mukaisesti. VOC-ilmanäytteen tulokset eivät ylitä asumisterveysasetuksen toimenpiderajoja, eikä siinä havaittu muovimattopäällysteiden kemialliseen vaurioitumiseen viittaavia vaurioyhdisteitä.



Muovimattopäällysteestä otetussa materiaalinäytteessä ei havaittu kemialliseen vaurioitumiseen viittavia vaurioyhdisteitä. Tutkimusalueen yläpuolella olevassa ylälaattarakenteisessa välipohjarakenteessa havaittiin yksittäisiä rakenteen pintaan jääneitä muottilaudoituksia alakattorakenteen yläpuolella. Muottilaudoituksissa ei havaittu lahovaurioita tai mikrobivaurioon viittaavia jälkiä tai hajua, mutta niiden pinnalla havaittiin paikoin betonijäämiä.

### 8.2.2 Olosuhdearvioinnin tulos

Pienopetustilan 134 ja toimiston 133 olosuhteet ovat luokkaa **B. Sisäilman laatu ja olosuhteet ovat pääosin tavanomaiset**. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta on hyvä tehdä tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella. Toimenpiteitä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta tarvitaan tai toimenpiteitä on tehtävä lainsäädännön perusteella.

Taulukko 16. Pisteytystaulukko

Tarkasteltava osa-alue	Pisteytys
Ilmatiiveys ja vuotoilma	1 p
Rakennusosien riskitekijät	0 p
Ilmastointijärjestelmä	2 p
Biologiset, fysikaaliset ja kemialliset tekijät	0 p
<b>Yhteensä</b>	<b>3 p</b>

### 8.2.3 Toimenpide-ehdotukset

Oppilashuollon tilojen ilmamäärät suositellaan uudestaan säädettäväksi. Aikaohjelman säädöissä ja sen toiminnassa on lisäksi suositeltavaa huomioida tiloissa olevien erillispoistojen vaikutus tilojen painesuhteeseen ja tarvittavaan tilojen tuloilmamäärään.

Muovimattopäällysteen hoidossa käytettävät puhdistus- ja hoitoaineet sekä niiden soveltuvuus kyseiselle päällystetyypille on suositeltavaa varmistaa.



## 9 Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä

- Asbesti- ja haitta-ainekartoitus ennen rakenteita rikkovia toimenpiteitä.
- Käsityön opetusalueen alapohjarakenteen rakenneliitosten ja läpivientien tiivistyskorjaus.
- Käsityön opetusalueen maanvastaisien ulkoseinärakenteiden korjaaminen peruskorjauslaajuu-  
dessa tai tiivistyskorjaamalla.
- Käsityön opetusalueen yläpuolisen välipohjarakenteen peruskorjaus ja tiiveyden parantaminen.
- Toimiston 133 ja pienopetustilan 134 muovimattopäällysteen puhdistus- ja hoitoaineiden soveltu-  
vuuden varmistaminen.
- Salaoja- ja sadevesijärjestelmän sisäpuolinen tv-kuvaus järjestelmän toimivuuden varmistamiseksi.
- Syöksytorvien varustaminen rikkasihdein tukoksien ehkäisemiseksi.
- Luokkahuoneiden Tekstiilityöluokka 007 ja puutyöluokka 008 poistoilmapäätelaitteiden sijoittaminen  
luokkatilojen vastakkaiselle seinälle ja tilan keskelle ilmanvaihtokoneeseen nähden.
- TK29 ilmanvaihtokoneen tilan osastoiminen omaksi paloturvallisuus vaatimukset täyttäväksi tilaksi.
- TK29 ilmanvaihtokoneen palvelualueen ilmamäärien säätämistä. Säädön yhteydessä on myös hu-  
mioitava muut ilmanvaihdon palvelualueet. Siksi suosittelemme koko koulun ilmanvaihtojärjestel-  
män tutkimista.
- Oppilashuollon tilojen ilmamäärien ja aikaohjelman säätäminen erillispoistot huomioiden.
- Koko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tutkiminen.

## 10 Päiväys ja allekirjoitukset

Kiwa Inspecta

25.08.2023

Hanna Vierinen, Ins (AMK), RKM (AMK)

asiantuntija  
sertifioitu rakennusterveysasiantuntija  
sertifikaattinumero C-25102-26-19

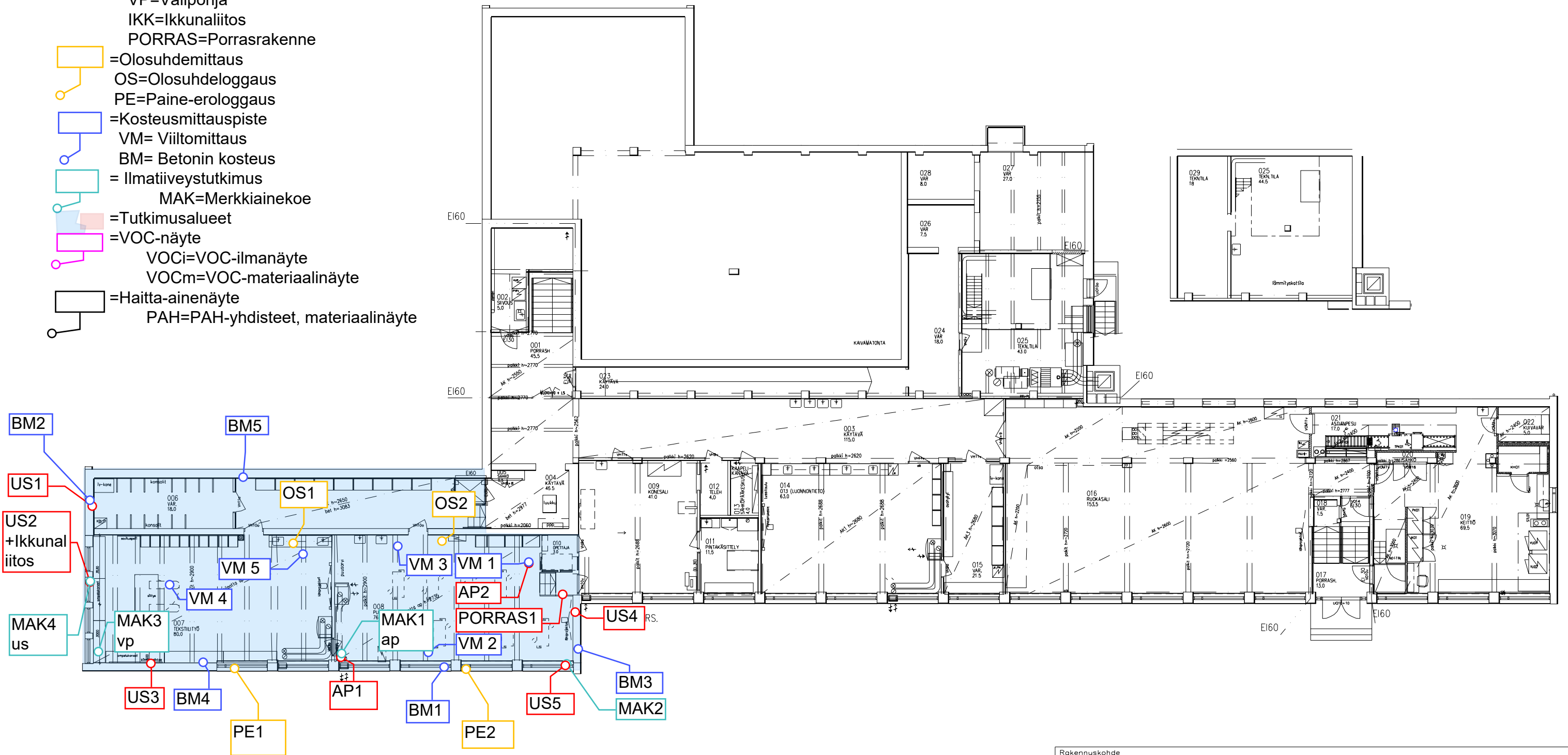
Michael Nyby, RKM

IV-asiantuntija

Lauri Kallio  
asiantuntija, RI  
sertifioitu asbesti- ja haitta-aineasiantuntija (C-27097-33-22)  
sertifioitu rakenteiden kosteudenmittaaja (C-27098-24-22)

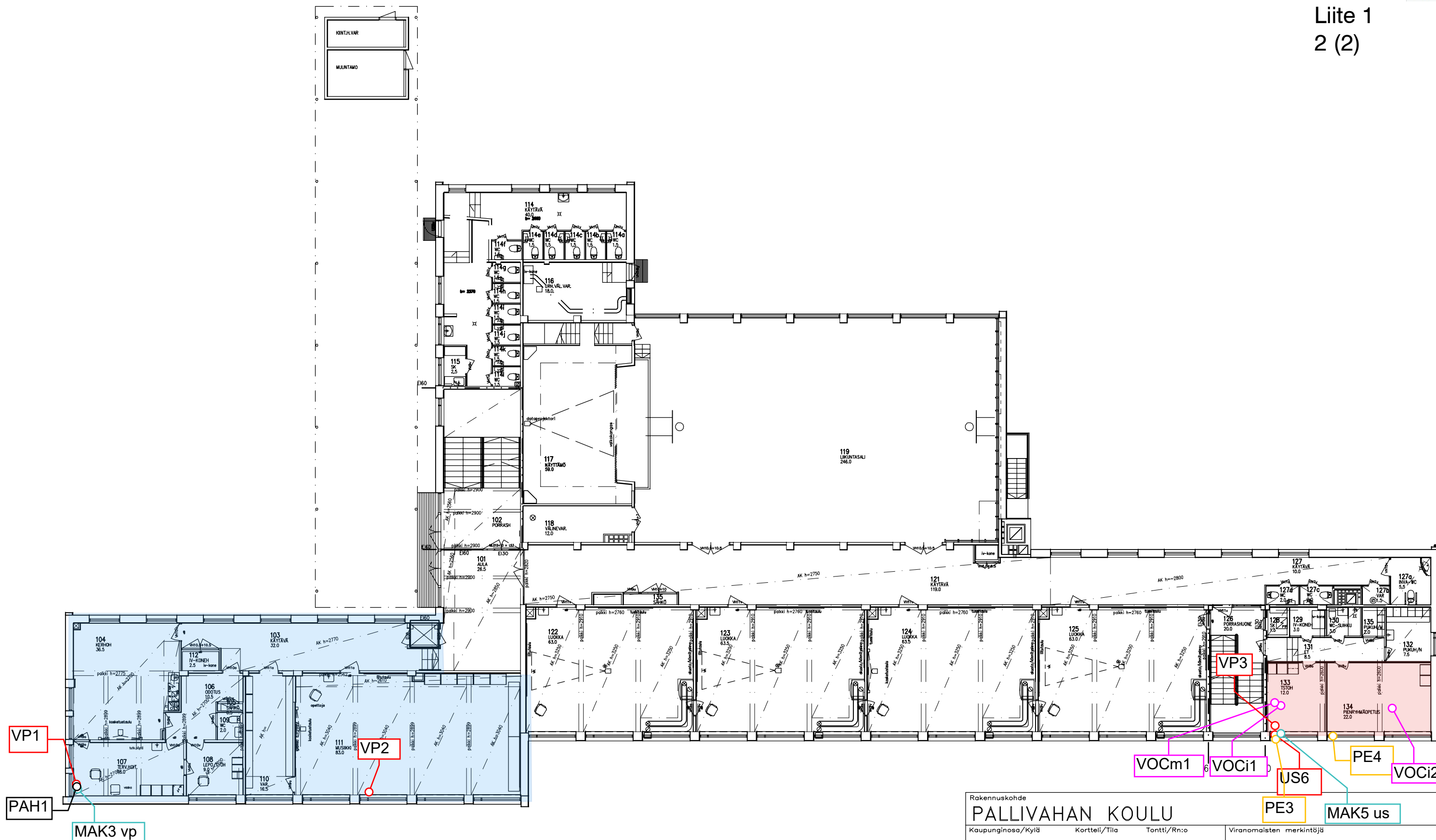
Merkintöjen selitteet

- =Rakenneavauskohta
- US=Ulkoseinä
- AP=Alapohja
- VS=Väliseinä
- IKK=Ikkunaliitos
- VP=Välipohja
- IKK=Ikkunaliitos
- PORRAS=Porrasrakenne
- =Olosuhdemittaus
- OS=Olosuhdeloggaus
- PE=Paine-erologgaus
- =Kosteusmittauspiste
- VM= Viilto mittaus
- BM= Betonin kosteus
- = Ilmatiiveystutkimus
- MAK=Merkkiainekoe
- =Tutkimusalueet
- =VOC-näyte
- VOCi=VOC-ilmanäyte
- VOCm=VOC-materiaalinäyte
- =Haitta-ainenäyte
- PAH=PAH-yhdisteet, materiaalinäyte



Rakennuskohde <b>PALLIVAHAN KOULU</b>		Viranomaisten merkintöjä	
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/Rn:o	
Osoite ja postin:o PALTANKATU 4, 20360 TURKU		Piirustuslaji AJANTASAKUVA	Juoks.n:o ( )
Rakennustoimenpide		Piirustuksen sisältö POHJAPIIRROS, 1. KRS	Mittakaavat 1:200 (A3)
Piirtäjä NA	Tark./Hyv.	Ohjelma/versio	
Pysyvä rakennustunnus	Koordinaattijärj. N2000	Suunnittelija, koulutus	
Allekirjoitus		Pvm. 23.5.2019	
Suunn.o R-tunnus		Piir.n:o	Muutos
		<b>TILAPALVELUKESKUS</b> Linnankatu 90 20100 TURKU Puh. +358 2 330 000	<b>ARK</b> Tiedoston nimi Työno
0000844			





Rakennuskohde <b>PALLIVAHAN KOULU</b>		Viranomaisten merkintäjä	
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/Rn:o	
Osoite ja postin:o PALTANKATU 4, 20360 TURKU		Piirustuslaji	Juoks.n:o
Rakennustoimenpide		Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Piirtäjä	Tark./Hyv.	Ohjelma/versio	
Pysyvä rakennustunnus		Koordinaattijärj.	Suunnittelija, koulutus
Allekirjoitus		Pvm.	
Suunn.ala		Piir.n:o	Muutos
R-tunnus		Tiedoston nimi	Ty8n:o



TILAPALVELUKESKUS  
Linnankatu 90  
20100 TURKU  
Puh. +358 2 330 000

ARK

0000844

23.5.2019

**Testausseleste, MIK10559**Materiaalinäytteen mikrobianalyysi, suoraviljely  
Kiwalab, 16.5.2023

<b>Tilaja:</b>	Turun Kaupunki
<b>Yhteyshenkilö:</b>	Hanna Vierinen, Kiwa Inspecta
<b>Kohde:</b>	Pallivahan koulu
<b>Työmääräin:</b>	WO-00982658
<b>Näytteenottaja:</b>	Hanna Vierinen ja Lauri Kallio, Kiwa Inspecta
<b>Näytteenottopäivä:</b>	25.- 26.4.2023
<b>Näytteet vastaanotettu:</b>	28.4.2023
<b>Analysointi aloitettu:</b>	2.5.2023

**Tutkimusmenetelmä:**

Materiaalinäyte analysoidaan asumisterveysasetuksen mukaisen ohjeistuksen viljelymenetelmällä, jossa materiaalia siirretään suoraan näytealustalle. Näytealustat pidetään  $+25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ :ssa 7-14 vrk ajan, ja mikrobit tunnistetaan pesäkeulkonäön ja valomikroskoopissa havaittujen rakenteiden perusteella. Mikrobimäärät ilmoitetaan muodossa pmy (cfu)/ malja, joka tarkoittaa pesäkkeen muodostavia yksiköitä maljalla. Tulkinta pohjautuu Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaiseen tarkasteluun toimenpiderajan ylittymisestä. Tulkinnassa huomioidaan menetelmän laajennettu mittaasepävarmuus 95 % luottamusvälillä. Toimenpiderajan alittavat, suoramikroskopointiin soveltuvat näytteet tarkastetaan erikseen kuolleen tai kuivuneen kasvuston havaitsemiseksi. Asiakas vastaa näytteenotosta. Näytteenotto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.

**Näytealustat:**

Homeet Rose Bengal -agar (Hagem-agar) / 2 % Mallasuuteagar (M2-agar) / Dikloran-glyseroli-agar (DG18-agar)  
Bakteerit Tryptoni-hiivauute-glukoosiagar (THG-agar)

Tulos ilmoitetaan suhteellisella asteikolla.

- ei kasvua

+ niukka kasvu, alle 20 pmy/näytealusta

++ kohtalainen kasvu, 20-49 pmy/näytealusta

+++ runsas kasvu, 50-200 pmy/näytealusta

++++ erittäin runsas kasvu, yli 200 pmy/näytealusta

Näyte	Materiaali	Rakennusosa	Tila	Tulkinta
1	Tervapaperi	VP 1	Terveystoimittaja 107	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>
2	Muottilauta	VP 1	Terveystoimittaja 107	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>
3	Tervapaperi	VP 2	Musiikki 111	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>
4	Sementtilastuvilla-levy	US 2, pilarin liitos	Tekstiilityö 007	Viite vauriosta
5	Sementtilastuvilla-levy	US 3	Käsityö 007	Heikko viite vauriosta <sup>1)</sup>
6	Sementtilastuvilla-levy *)	US 4	Puutyö 008	Heikko viite vauriosta
7	Mineraalivilla	US 5	Puutyö 008	Ei viitettä vauriosta

**Lisätiedot:**

\*) Näyttemateriaalin pinta ei soveltunut suoramikroskopointiin.

1) Näytteen suoramikroskopoinnissa havaittiin sienikasvustoon viittaavia rakenteita, mutta lajistoa ei pystytty määrittämään. Kyseessä saattaa olla kuollut/kuivunut kasvusto.

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

**Kiwalab**Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com**Inspecta Oy**PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fi**Y-tunnus**

1787853-0



Kiwalab

**Testausseleste, MIK10559**Materiaalinäytteen mikrobianalyysi, suoraviljely  
Kiwalab, 16.5.2023**Tulokset:**

Näyte	Sieni-itiöt pmy Hagem-agar	Sieni-itiöt pmy M2-agar	Sieni-itiöt pmy DG18-agar	Bakteerit pmy THG-agar
1	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + Cladosporium + Penicillium +	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + muut bakteerit +  <i>Vähän rihmastoa</i>
2	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + Cladosporium + Penicillium +	Yhteensä + Acremonium* 1 + Penicillium +	Yhteensä + muut bakteerit +  <i>Vähän rihmastoa</i>
3	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + A. ustus* 1 + Penicillium +	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä -  <i>Runsaasti rihmastoa</i>
4	Yhteensä ++ A. fumigatus* 1 + A. niger° + A. versicolor* 2 + Cladosporium + Penicillium + Ulocladium* 3 + muut sienet +	Yhteensä + A. fumigatus* 1 + Penicillium + Ulocladium* 4 + muut sienet +	Yhteensä +++ A. versicolor* 4 + Cladosporium ++ Penicillium ++ Ulocladium* 7 +	Yhteensä ++++ muut bakteerit ++++  <i>Ei suoramikroskoipoitu</i>
5	Yhteensä -	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + muut bakteerit +  <i>Vähän rihmastoa</i>
6	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä +++ aktinobakteerit* 17 + muut bakteerit +++  <i>Ei suoramikroskoipoitu</i>
7	Yhteensä + Penicillium +	Yhteensä + A. versicolor* 1 + Penicillium +	Yhteensä + A. versicolor* 2 +	Yhteensä ++ muut bakteerit ++  <i>Ei suoramikroskoipoitu</i>

määritysraja 1 pmy, A = Aspergillus, \* = kosteusvaurioon viittaava mikrobi, ° = mikrobin merkitys toistaiseksi avoin,  
(-) ei kasvua, (+) niukka kasvu, alle 20 pmy/näytealusta, (++) kohtalainen kasvu, 20-49 pmy/näytealusta, (+++) runsas kasvu, 50-200  
pmy/näytealusta, (++++) erittäin runsas kasvu, yli 200 pmy/näytealusta.

Suoramikroskoipointulos on esitetty *kursiivilla* tulostaulukon viimeisessä sarakkeessa.

Minna Lilja  
Asiantuntija, FM  
Kiwalab Kempele

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

**Kiwalab**

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fi

**Y-tunnus**

1787853-0



Kiwalab

**Testausseoste, MIK10559**

Materiaalinäytteen mikrobianalyysi, suoraviljely  
Kiwalab, 16.5.2023

**LIITE: Materiaalinäytetulosten arviointi****1. TULOSTEN TULKINTA**

Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa, kun suoraviljelymenetelmällä havaittavat sienten tai aktinobakteerien pesäkemäärät – mittausepävarmuuden alarajalla – ylittävät niitä vastaavan toimenpiderajan 50 pmy. Tulos viittaa tällöin toimenpiderajan ylittymiseen johtuen rakennusmateriaalissa olevasta kosteus- ja mikrobivauriosta.<sup>[1]</sup> Suoraviljelymenetelmä ja analyysin mittausepävarmuuden esittäminen toimenpiderajan ylittymisen arvioinnin tukena on luonteeltaan suuntaa antava. Suoramikroskopoimalla varmennettu vähäinen tai runsas sienirihmasto voi viitata vaurioon johtuen kuolleesta tai kuivuneesta kasvustosta.<sup>[1-2]</sup>

Suoraviljelyn rajatapaukset, missä keskimääräinen tulos ja/tai mittausepävarmuuden alaraja jää alle sienikasvustoa ilmaisevan toimenpiderajan (viite vauriosta), ilmoitetaan *heikkona viitteenä* vauriosta - edellyttäen näytteenottajan kokonaistarkastelua johtopäätösten suhteen. Viljelyn tulos ilmaisee *heikkoa viitettä* kosteus- ja mikrobivauriosta myös, jos sieniä on kohtalaisesti (++) tai niukasti (+) mutta lajistossa on useita (≥ 6 pmy) kosteusvaurioindikaattoreita millä tahansa viljelyistä alustoista (mittausepävarmuus huomioon ottaen); kuitenkin siten, että yksittäisten pesäkkeiden esiintyminen ei riitä. Kosteusvauriota indikoivat lajit on eritelty Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa.<sup>[1]</sup> Suoramikroskopiointin tuloksena havaittu sienirihmaston esiintyminen eri kohdissa näytettä tulkitaan soveltamisohjeen mukaisesti *heikoksi viitteeksi* vauriosta. Edellä mainituissa tapauksissa näytteenottajan tulee erikseen arvioida toimenpiderajan ylittyminen mm. pois sulkemalla näytteenottokohdan muut mikrobilähteet. Yksinomaan erittäin korkean bakteeripitoisuuden (+++++) perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin vaurioitumisesta - tulos voi johtua myös materiaalin likaisuudesta.<sup>[1-2]</sup>

**2. TIETOA MIKROBIKASVUSTOISTA JA SUORAMIKROSKOPOINNISTA**

Mikrobikasvustot ovat yleensä epätasaisesti jakautuneita, joten yksittäinen näyte antaa tiedon vain kyseisen näytteenottokohdan mikrobimäärästä ja -lajistosta. Näytetuloksesta ei voida vetää suoraa johtopäätöstä tilojen sisäilmaongelmaan tai käyttäjien oireisiin. Tulosten merkitys sisäilmaongelmien kannalta arvioituna riippuu tiloissa vietettävästä ajasta, ilmanvaihdon toimivuudesta, vaurioituneen pinta-alan laajuudesta sekä siitä, missä määrin mikrobien itiöt ja niiden aineenvaihduntatuotteet kulkeutuvat sisäilmaan rakenteiden kautta.

Usean eri indikaattorimikrobin esiintyminen näytteessä pieninä pitoisuuksina voi viitata vanhaan kuivuneeseen kasvustoon tai itiöiden kertymiseen materiaalin pinnalle ajan myötä. Jos viljelytulos jää alle toimenpiderajan, näytepinta suoramikroskopoidaan kuolleen tai kuivuneen kasvuston havaitsemiseksi. Suoramikroskopiointi voidaan tehdä luotettavasti vain tiivispintaisista materiaaleista - huokoinen, jauheinen tai rakeinen materiaali ei sovellu suoramikroskopiointiin. Suoraan maaperän tai ulkoilman kanssa kosketuksissa oleviin materiaaleihin voi kertyä maaperästä tai ulkoilmasta peräisin olevia mikrobeja, mikä tulee huomioida tulosten merkitystä arvioitaessa.<sup>[1-2]</sup>

**3. VIITTEET**

- [1] Valvira, Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV, ohje 8/2016 (päivitetty 19.2.2020). Saatavissa: <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>
- [2] Pessi A-M. ja Jalkanen K. (2018) Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy. ISBN 978-952-9637-61-4.

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

**Kiwalab**

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fi

**Y-tunnus**

1787853-0



Kiwalab

## Testausseleoste, VOC2296

Sisäilman VOC-analyysi

Kiwalab, 5.5.2023



<b>Tilaaaja:</b>	Turun Kaupunki
<b>Yhteyshenkilö:</b>	Jaana Vainio, Kiwa Inspecta
<b>Kohde:</b>	Pallivahan koulu
<b>Työmääräin:</b>	WO-00982658
<b>Näytteenottaja:</b>	Jaana Vainio
<b>Näytteenottopäivä:</b>	25.4.2023
<b>Näytteet vastaanotettu:</b>	28.4.2023
<b>Analysointi aloitettu:</b>	2.5.2023

**Tutkimusmenetelmä:**

Aktiivisesti yhdistelmäkeräinputkiin (kvartsililla-Tenax TA-Carbograph 5TD) kerätyt huoneilman näytteet tutkitaan käyttämällä termodesorptioon perustuvaa näytteensyöttöä, kromatografista erottelua ja massaselektiivistä ilmaisinta. Menetelmä pohjautuu standardiin ISO 16000-6:2021. Yhdisteiden pitoisuudet määritetään kvantitatiivisesti niiden omilla standardivasteilla tai semikvantitatiivisesti tolueeniekvivalentteina. TVOC-summapitoisuus määritetään tolueeniekvivalenttina heksaanin ja heksadekaanin välillä eluoituvien yhdisteiden vasteista. TVOC-alueen yhdisteiden ohella ilmoitetaan myös VVOC- tai SVOC-alueilla esiintyviä yhdisteitä, kuten etikkahappo ja TXIB. Tulokset ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään. Tulkinta pohjautuu Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaiseen tarkasteluun toimenpiderajan ylittymisestä. Näytteenotto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.

Näyte	Tila	Aika	Tulkinta
1	Tila 133	13:20-14:05	Toimenpideraja ei ylity
2	Tila 134	13:22-14:07	Toimenpideraja ei ylity

Tulos kertoo hetkellisestä sisäilman laadusta. Tavanomainen tulos ei poissulje mahdollista sisäilmaongelman aiheuttajaa eikä tilassa havaittava VOC-yhdisteen lähde välttämättä tarkoita sisäilmaongelmaa.

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

**Kiwalab**

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fin

**Y-tunnus**

1787853-0



Kiwalab

## Testausseleoste, VOC2296

Sisäilman VOC-analyysi

Kiwalab, 5.5.2023



## Tulokset

Pitoisuus / näyte	1.	2.
Kerätty ilmamäärä (dm <sup>3</sup> )	9,09	8,99
Yhdiste ja -ryhmä	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
<b>ALDEHYDIT</b>		
Heksanaali	1	
Bentsaldehydi	2	1
Oktanaali	1	
Nonanaali	4	
Dekanaali	2	
1-Butanoli		0,7
2-Etyyli-1-heksanoli	0,6	
<b>KETONIT</b>		
Asetoni*	4	5
Asetofenoni	1	1
<b>HAPOT</b>		
Etikkahappo*	14	5
Bentsoehappo <sup>(1)</sup>	4	0,7
<b>ESTERIT JA LAKTONIT</b>		
TXIB**	0,7	
<b>TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET</b>		
a-Pineeni	1	0,8
<b>GLYKOLIT JA GLYKOLIEETTERIT</b>		
1-Metoksi-2-propanoli	1	
<b>FENOLIT</b>		
Fenoli	1	0,8
<b>PIIYHDISTEET</b>		
Dekametyylisyklopentasiloksaani	2	
<b>TVOC</b>	30	10

<sup>1)</sup> Erittäin haihtuvat VVOC-yhdisteet, pitoisuus suuntaa antava yhdisteen osittain läpäistessä keräimen.

<sup>\*\*)</sup> Puolihaihtuvat SVOC-yhdisteet.

<sup>1)</sup> Yhdisteen pitoisuus laskettu tolueeniekvivalenttina

*Arttu Harmaala*

Arttu Harmaala  
Asiantuntija  
Kiwalab Kempele

*Annika Rinne*

Annika Rinne  
Asiantuntija  
Kiwalab Kempele

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

## Kiwalab

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

## Inspecta Oy

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fin

## Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab

**VOC2296**

Sisäilman VOC-analyysi

Kiwalab, 5.5.2023

**LIITE: Sisäilman VOC-analyysit ja tulosten tarkastelu**

Asumisterveysanalytiikassa huoneilman näytteillä tutkitaan sisäilmassa näytteenottohetkellä esiintyvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) määrää ja laatua. Sisäilman VOC-pitoisuuteen vaikuttavat tilan käyttö ja sijainti, materiaaliratkaisut, huolto- ja ylläpitohistoria sekä ilmanvaihdolliset, huoneilman lämpötilaan ja suhteelliseen kosteuteen liittyvät olosuhteet. Sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen 545/2015 perustuvat VOC-yhdisteiden toimenpiderajat asunnoille ja muille oleskelutiloille, eivät ole terveysperusteisia. Epätavanomaisen korkeat VOC-pitoisuudet voivat kuitenkin toisinaan heikentää sisäilman laatua.

Toimenpideraja katsotaan ylittyneeksi, kun tulos ja mittausepävarmuuden alaraja ylittävät kyseiselle yhdisteelle asetetun viitteellisen pitoisuuden (ks. taulukko 1).<sup>[2]</sup> Mittausepävarmuus raportoidaan yhdistekohtaisesti testausselesteen tulostaulukossa toimenpiderajan ylittävien tai sen läheisyydessä olevien tulosten osalta, ilmoittamalla yhdisteen keskimääräinen pitoisuus ± virherajat 95 % luottamusvälillä.

Taulukko 1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpiderajat huoneilmassa.<sup>[2]</sup>

Tarkasteltava osatulos	Toimenpideraja <sup>1)</sup>
TVOC	400 µg/m <sup>3</sup>
Yksittäinen yhdiste	50 µg/m <sup>3</sup>
TXIB <sup>2)</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
2-etyyli-1-heksanoli	10 µg/m <sup>3</sup>
Naftaleeni	10 µg/m <sup>3</sup> (hajua ei saa esiintyä)
Styreeni	40 µg/m <sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Tolueenivasteena määritettynä. <sup>2)</sup> 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatti

Toimistotyöpaikoilla sisäilman kemiallinen laatu on tehokkaan ilmanvaihdon vuoksi suhteellisen puhdasta ja emissiotasot asetettuihin toimenpidearvoihin nähden ovat tyypillisesti alhaisempia.<sup>[3]</sup> Teollisuusympäristöjen osalta tuloksia tarkastellaan yleensä suhteessa teollisuuden sisäympäristöjen ominais- ja tavoitetasoihin sekä yksittäisten yhdisteiden osalta haitallisiksi tunnistettuihin pitoisuuksiin.<sup>[4-5]</sup>

**VIITTEET**

[1] ISO 16000-6:2021 Determination of organic compounds (VVOC, VOC, SVOC) in indoor and test chamber air by active sampling on sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS FID.

[2] Valvira Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016, osat I (päivitetty 25.4.2016) ja III (päivitetty 8.10.2021). Saatavissa: <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

[3] Työterveyslaitos (2021) Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyöympäristöissä. Päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Verkkojulkaisu. Saatavilla: [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140940/TTL\\_978-952-261-957-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140940/TTL_978-952-261-957-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (haettu 2.11.2022)

[4] Työterveyslaitos (2012) Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/file-download/download/public/872>

[5] Sosiaali- ja terveysministeriö (2020) HTP-ARVOT 2020. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162457/STM\\_2020\\_24\\_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162457/STM_2020_24_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

**Kiwalab**

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fi

**Y-tunnus**

1787853-0



**Kiwalab**

**Testausseleoste, VOC2297**  
Materiaalinäytteen VOC-analyysi  
Kiwalab, 5.5.2023



<b>Tilaaaja:</b>	Turun kaupunki
<b>Yhteyshenkilö:</b>	Hanna Vierinen, Kiwa Inspecta
<b>Kohde:</b>	Pallivahan koulu
<b>Työmääräin:</b>	WO-00982658
<b>Näytteenottaja:</b>	Lauri Kallio, Kiwa Inspecta
<b>Näytteenottopäivä:</b>	26.4.2023
<b>Näytteet vastaanotettu:</b>	28.4.2023
<b>Analysointi aloitettu:</b>	5.5.2023

**Tutkimusmenetelmä:**

Materiaalien emissionäytteet kerätään mikrokammio ( $\mu$ CTE) -laitteistolla johtamalla puhdasta tyypeä testauskammion kautta adsorptiokeräysputkeen (Tenax TA-Carbograph 5TD). Näytteet kerätään  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa ilman kosteutusta. Menetelmä tuottaa suuntaa antavaa tietoa materiaalista testausolosuhteissa haihtuvien emissioiden laadusta ja suhteellisista määristä. Näytteet tutkitaan käyttämällä termodesorptioon perustuvaa näytteenottoa, kromatografista erottelua ja massaselektiivistä ilmaisinta. Menetelmä pohjautuu standardiin ISO 16000-6:2021 sekä keräysmenetelmän osalta sisäiseen menetelmään KLAB.230.03. Yhdisteiden pitoisuudet määritetään niiden omilla vasteilla tai tolueenivasteina sekä tunnistetaan puhtaiden vertailuaineiden ja/tai NIST-massaspektirikirjaston avulla. TVOC-summapitoisuus määritetään tolueeniekvivalenttina heksaanin ja heksadekaanin välillä eluotuvien yhdisteiden vasteista. TVOC-alueen yhdisteiden ohella ilmoitetaan myös VVOC- tai SVOC-alueilla esiintyviä yhdisteitä, kuten etikkahappo ja TXIB. Testauskammion ilmanäytteestä analysoidut pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ilmoitetaan testattavan näytteen tuorepainoon (g) vakioituna  $\pm$  mittausepävarmuus 95 % luottamustasolla (TVOC ja yksittäiset vertailuarvoja vastaavat analyytit). Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.

Näyte	Materiaali	Rakennusosa	Tila
1	Muovimatto ja liima	VP	Oppilashuolto 133

**Lisätiedot:**

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

**Kiwalab**

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fi

**Y-tunnus**

1787853-0



**Kiwalab**



**Testausseloste, VOC2297**  
Materiaalinäytteen VOC-analyysi  
Kiwalab, 5.5.2023



### Tulokset

<b>Näyte</b>	1.
<b>Massa (g)</b>	3,59
<b>Kerätty ilmamäärä (l)</b>	2,36
<b>Yhdiste ja -ryhmä</b>	<b>µg/m<sup>3</sup> g</b>
<b>ALKOHOLIT</b>	
Etanoli <sup>(1,*</sup>	1
1-Butanoli	1
2-Etyyli-1-heksanoli	9
<b>ALDEHYDIT</b>	
Heksanaali	1
Oktanaali	1
Nonanaali	2
<b>TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET</b>	
a-Pineeni	1
<b>GLYKOLIT JA GLYKOLIEETTERIT</b>	
1-Metoksi-2-propanoli	1
<b>TVOC</b>	20

<sup>\*)</sup> Erittäin haihtuvat VVOC-yhdisteet, pitoisuus suuntaa antava yhdisteen osittain läpäistessä keräimen.

<sup>1)</sup> Yhdisteen pitoisuus laskettu tolueeniekvivalenttina.

Arttu Harmaala  
Asiantuntija  
Kiwalab Kempele

Annika Rinne  
Asiantuntija  
Kiwalab Kempele

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

### Kiwalab

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

### Inspecta Oy

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fin

### Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab

**Testausseloste, VOC2297**

Materiaalinäytteen VOC-analyysi

Kiwalab, 5.5.2023

**LIITE: Bulk-emissiotestaus mikrokammion menetelmällä ja tulosten tarkastelu**

Bulk-emissiotestaus mallintaa materiaalien VOC-päästöjä niiden käyttöä, ylläpitoa ja elinkaarta vastaavassa tilanteessa. Bulk-emissiotestausta voidaan hyödyntää esim. kartoitettaessa yksittäisiä sisäilman VOC-lähteitä tai materiaaleja tutkittavan tilan sisäilman laatuun vaikuttavina tekijöinä. Lattiapinnoitteiden alapuolelta huoneilmaan kulkeutuvia päästöjä säätelevät mm. pinnoitteen ja reuna-alueiden läpäisevyys/tiiveys sekä tilassa vallitsevat olosuhteet (ilmanvaihdon tehokkuus, suhteellinen kosteus, lämpötila). Yksittäisten materiaalien, kuten lattiamattopinnoitteiden bulk-emissiopitoisuuksiin vaikuttavat materiaalityypin ja valmistelaadun ohella mm. materiaalin ikä, käytetyt kiinnitysaineet sekä pinnoitteeseen asennus- tai ylläpitovaiheessa kohdistuneet rasitteet. Tulokset eivät ole suoraan verrattavissa muilla bulk-emissiomenetelmillä ja/tai erilaisissa testausolosuhteissa saatuihin tuloksiin. Materiaalitestauksen tuloksista ei voi vetää suoraa johtopäätöstä tilojen sisäilmaongelmaan tai käyttäjien oireisiin.

Materiaalinäytteiden kokonaisemissioiden tutkimusmenetelmälle ei ole virallisia viitearvoja. Tulosten arvioinnissa voidaan suuntaa antavasti hyödyntää Työterveyslaitoksen vastaavalla menetelmällä keräämää vertailuaineistoa (Taulukko 1).<sup>[2-4]</sup> Yksittäinen näytetulos antaa tiedon vain kyseisen näytteenottokohdan suhteellisista päästöistä testausolosuhteissa. Tulokseen vaikuttaa testattavan materiaalin epätasaisuus, kuten liiman ja tasoitteen osuus lattiamattopalassa.

Taulukko 1. Bulk-emissioiden testausmenetelmän vertailuarvot eri materiaaleille.<sup>[2-3]</sup>

Tarkasteltava osatulos	Materiaalikohtaiset vertailuarvot:			
	PVC (pehmitin DEHP)	PVC (pehmitin DINCH, DIMP tai DIDP)	Linoleum	Tasoitteet, betoni
TVOC <sup>1)</sup>	200 µg/m <sup>3</sup> g <sup>1)</sup>	500 µg/m <sup>3</sup> g <sup>#), 2)</sup>	650 µg/m <sup>3</sup> g <sup>4)</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> g <sup>2)</sup>
2-etyyli-1-heksanoli <sup>**)</sup>	70 µg/m <sup>3</sup> g <sup>1)</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> g <sup>1)</sup>	-	40 µg/m <sup>3</sup> g <sup>3)</sup>
C <sub>9</sub> -alkoholit <sup>*)</sup>	-	320 µg/m <sup>3</sup> g <sup>#), 4)</sup>	-	-
Propaanihappo <sup>**)</sup>	-	-	100 µg/m <sup>3</sup> g <sup>2)</sup>	-

<sup>1)</sup> Tolueenin vasteella ilmoitettuna. <sup>\*\*)</sup> Omalla vasteella ilmoitettuna. <sup>#)</sup> Vertailuarvo on suuntaa antava, koska TTL:n seurantanäytteiden mukaan emissiotasot nousevat ajan myötä. Vertailuarvot edustavat TTL:n asiakasnäytteiden <sup>1)</sup> 70 %, <sup>2)</sup> 80 %, <sup>3)</sup> 85 % tai <sup>4)</sup> 90 % persenttilejää.

**VIITTEET**

[1] ISO 16000-6:2021 Determination of organic compounds (VVOC, VOC, SVOC) in indoor and test chamber air by active sampling on sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS FID.

[2] Härkönen K. (2012) Vaurioitumattomien lattiapintamateriaalien referenssitiedon kartuttaminen bulk-emissiotutkimuksilla, TAMK.

[3] Työterveyslaitos (2019) Kooste epäpuhtaustasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin toimistotyypisillä työpaikoilla. Verkkojulkaisu, päivitetty 27.2.2017.

[4] Ympäristöministeriö (2022) Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeet ja korjaaminen. Verkkojulkaisu ([linkki](#)), haettu 2.11.2022.

[5] Backlund P *et al.* (2010) Bulk-emissiotestausmenetelmien vertailua. Sisäilmastoseminaari 10. Sisäilmayhdistys ry, Aalto-yliopisto, TKK, LVI-tekniikka. SIY Raportti 28. s.213-218.

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

**Kiwalab**

Professorintie 9, 00440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fi

**Y-tunnus**

1787853-0

**Kiwalab**

Testausseloste, PAH2651  
PAH-analyysi  
Kiwalab, 5.5.2023



<b>Tilaaaja:</b>	Turun kaupunki	
<b>Yhteyshenkilö:</b>	Jaana Vainio, Kiwa Inspecta	
<b>Kohde:</b>	Pallivahan koulu	
<b>Työmääräin:</b>	WO-00982658	
<b>Näytteenottaja:</b>	Jaana Vainio	
<b>Näytteenottopäivä:</b>	25.04.2023	
<b>Näytteet vastaanotettu:</b>	28.04.2023	
<b>Analysointi aloitettu:</b>	03.05.2023	
<b>Tutkimusmenetelmä:</b>	<p>Materiaalinäyte uutetaan orgaanisella liuottimella ultraäänihauteessa, suodatetaan PTFE-suodattimella ja analysoidaan GC-MS -laitteistolla sisäisen standardin menetelmällä. Näytteestä analysoidaan 16 EPA-PAH-yhdistettä ja näiden summapitoisuus. Pitoisuudet ilmoitetaan milligrammoina kiloa kohden (tuorepaino). Määritettyjen pitoisuuksien ohella ilmoitetaan tuloksen vaihteluväli (%) huomioon ottaen menetelmän mittaasepävarmuus 95 % luottamusvälillä. Asiakas vastaa näytteenotosta. Näytteenotto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.</p> <p>Purettavat rakennusmateriaalit luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi Vna 978/2021 pitoisuusrajojen mukaan.</p>	
<b>Näyte</b>	<b>Tutkittava materiaali ja näytteenottoaikka</b>	<b>Tulosten tulkinta</b>
1	Tervapaperi, VP2, Musiikki 111	Ylittää pitoisuusrajan
<b>Lisätiedot:</b>		

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

#### Kiwalab

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

#### Inspecta Oy

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fin

#### Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab

**Tulokset:**

Näyte/ Yhdiste mg/kg	Naftaleeni	Asenaftaleeni	Asenaftaeni	Fluoreeni	Fenantreeni	Antraseeni	Fluoranteeni	Pyreeni	Bentso(a)antraseeni	Kryseeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(k)fluoranteeni	Bentso(a)pyreeni	Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	Dibentso(a,h)antraseeni	Bentso(ghi)peryleeni	PAH summa (EPA 16)
2651_1	4.1	130	2.2	43	290	480	2300	1900	1300	890	680	62	1000	490	200	460	10000
Mittausepävarmuus (%)	± 25	± 27	± 25	± 25	± 25	± 25	± 25	± 25	± 40	± 25	± 31	± 25	± 34	± 32	± 36	± 35	± 25

Arttu Harmaala  
Asiantuntija  
Kiwalab Kempele

Annika Rinne  
Asiantuntija  
Kiwalab Kempele

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

**Kiwalab**

Professorintie 9, 90440 Kempele  
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa  
Puh. 010 521 600  
kiwalab@kiwa.com

**Inspecta Oy**

PL1000  
00581 Helsinki  
www.kiwa.com/fin

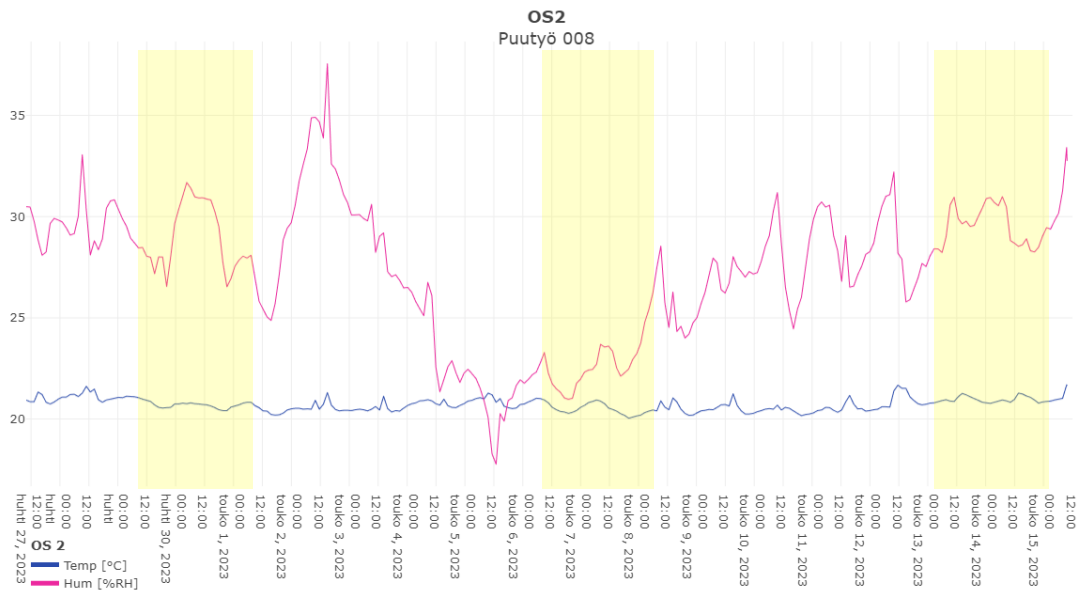
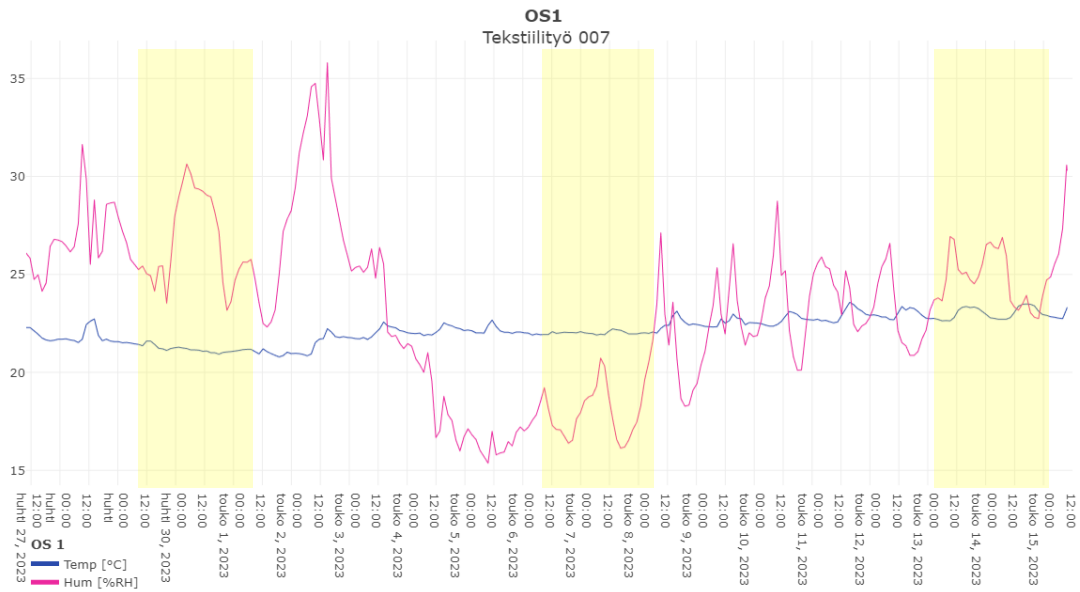
**Y-tunnus**

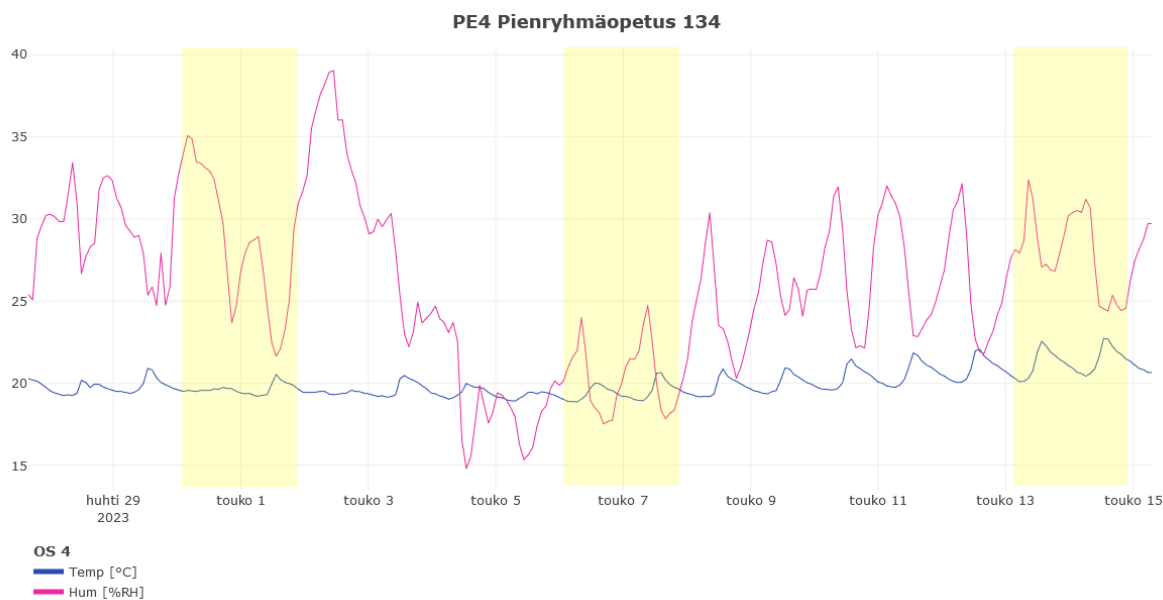
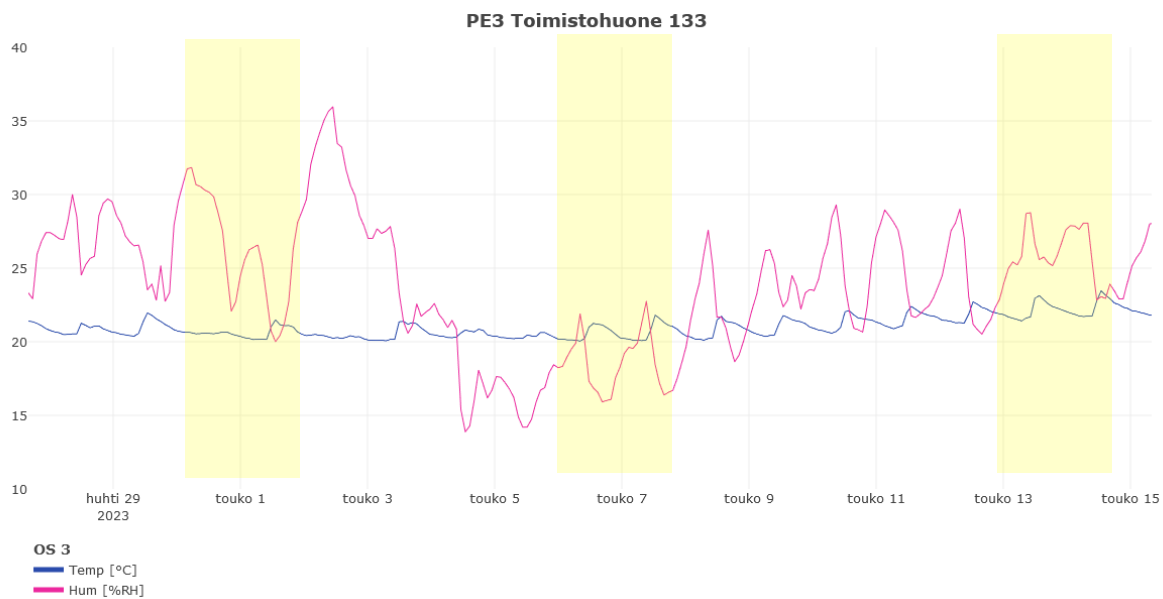
1787853-0



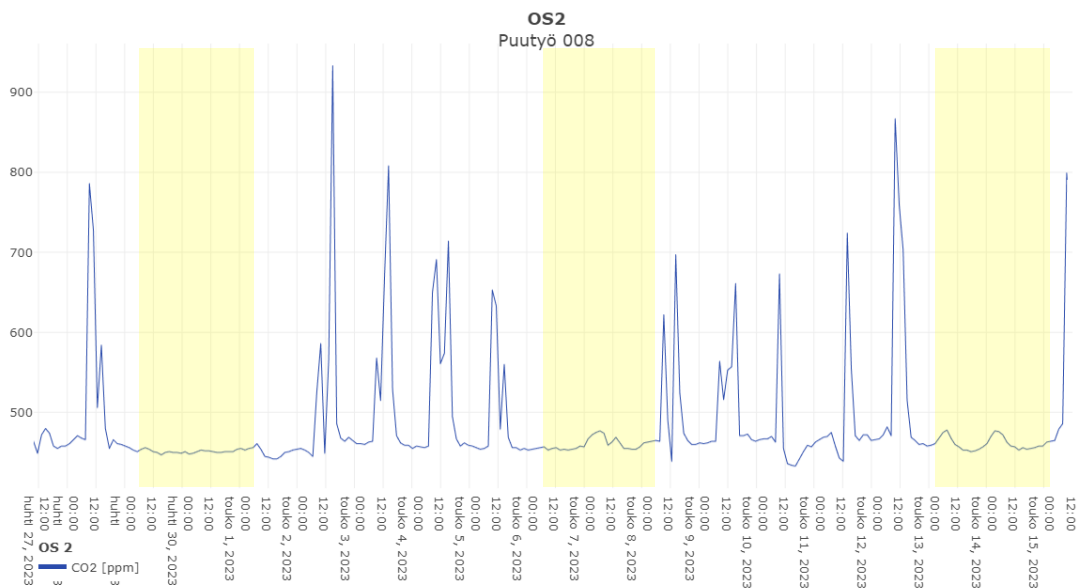
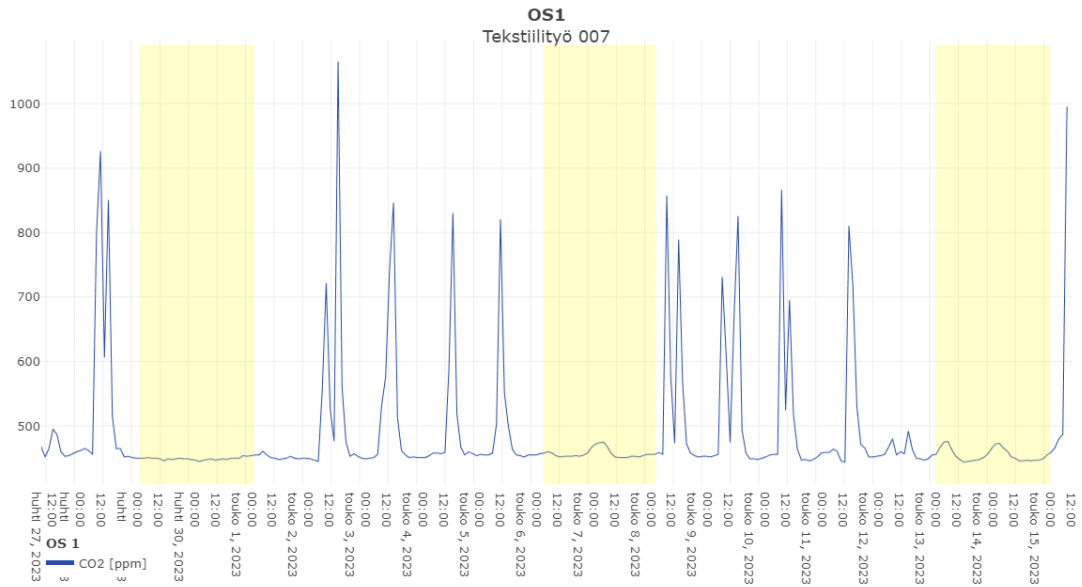
**Kiwalab**

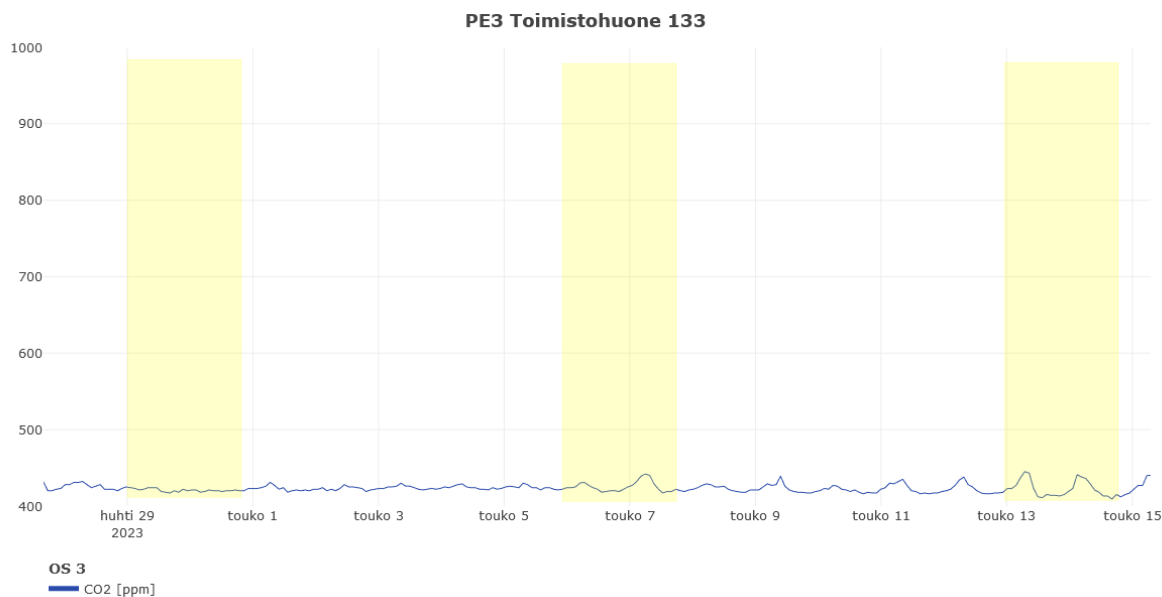
## Lämpötila ja suhteellinen kosteus



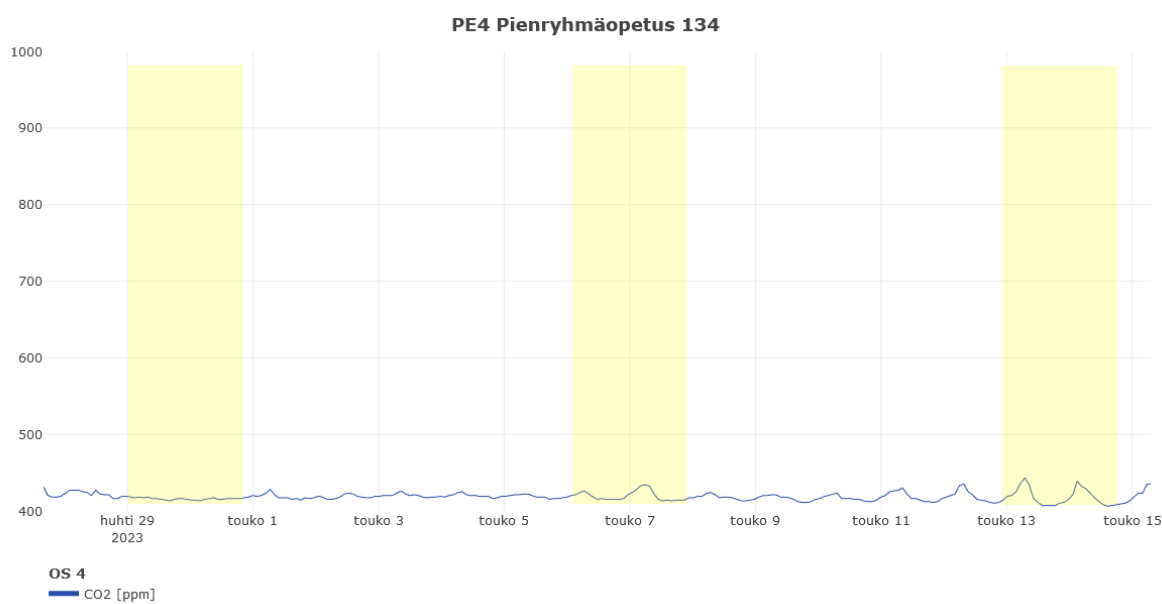


# Hiilidioksidi





\* Tilassa ei ollut käyttäjiä mittausjakson aikana.



\* Tilassa ei ollut käyttäjiä mittausjakson aikana.



## Merkintöjen selitteet:

- = Keskiarvo
- = Maksimi
- = Minimi
- = Viikonloppu

## Paine-eroseuranta

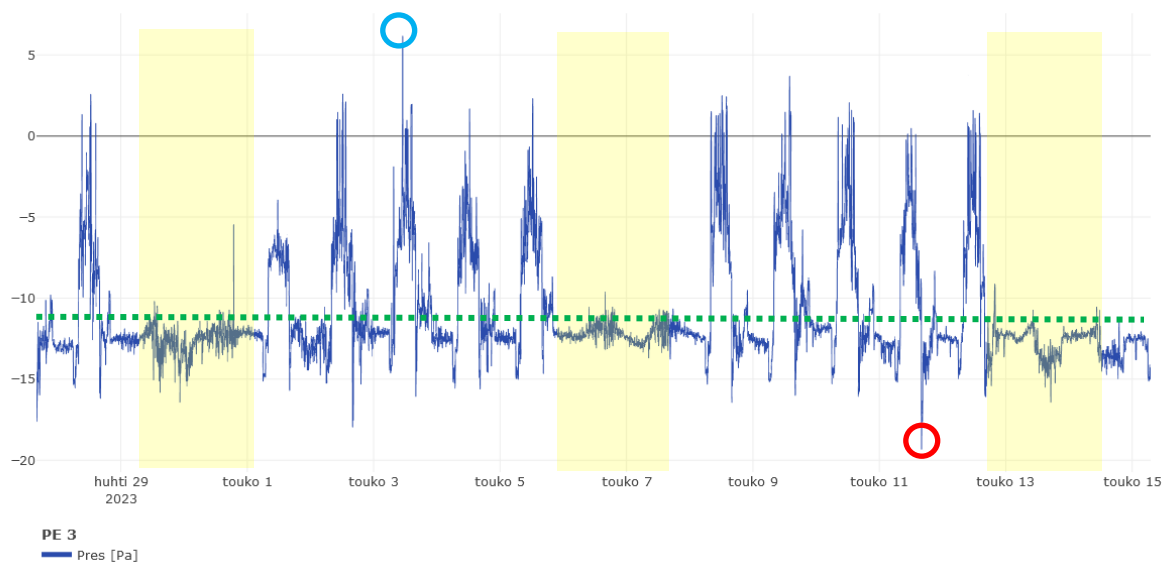
PE1 Tekstiilityö 007



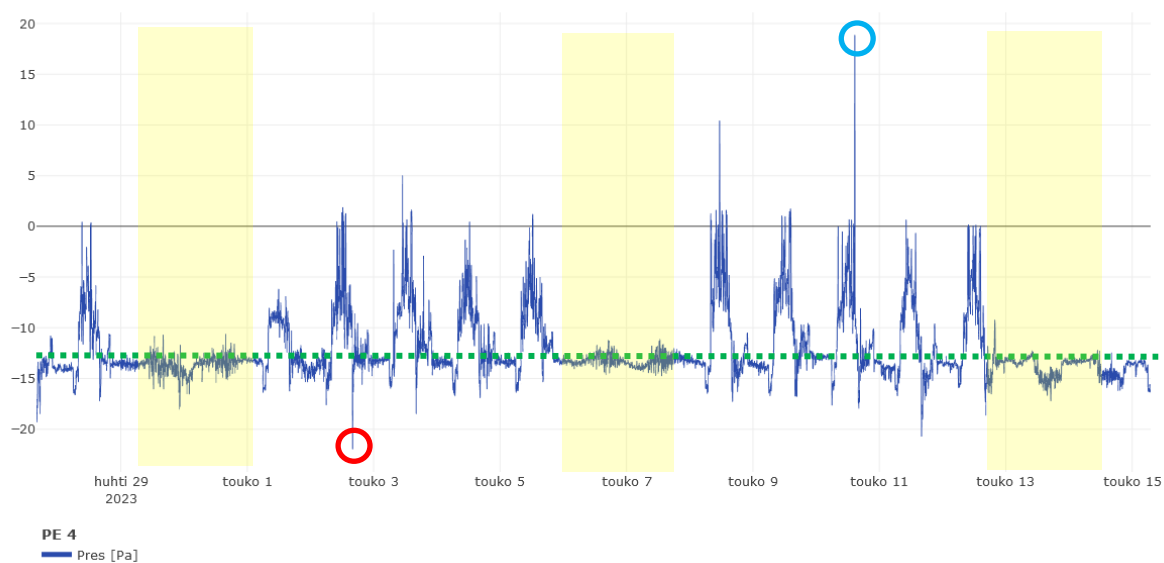
PE2 Puutyö 008

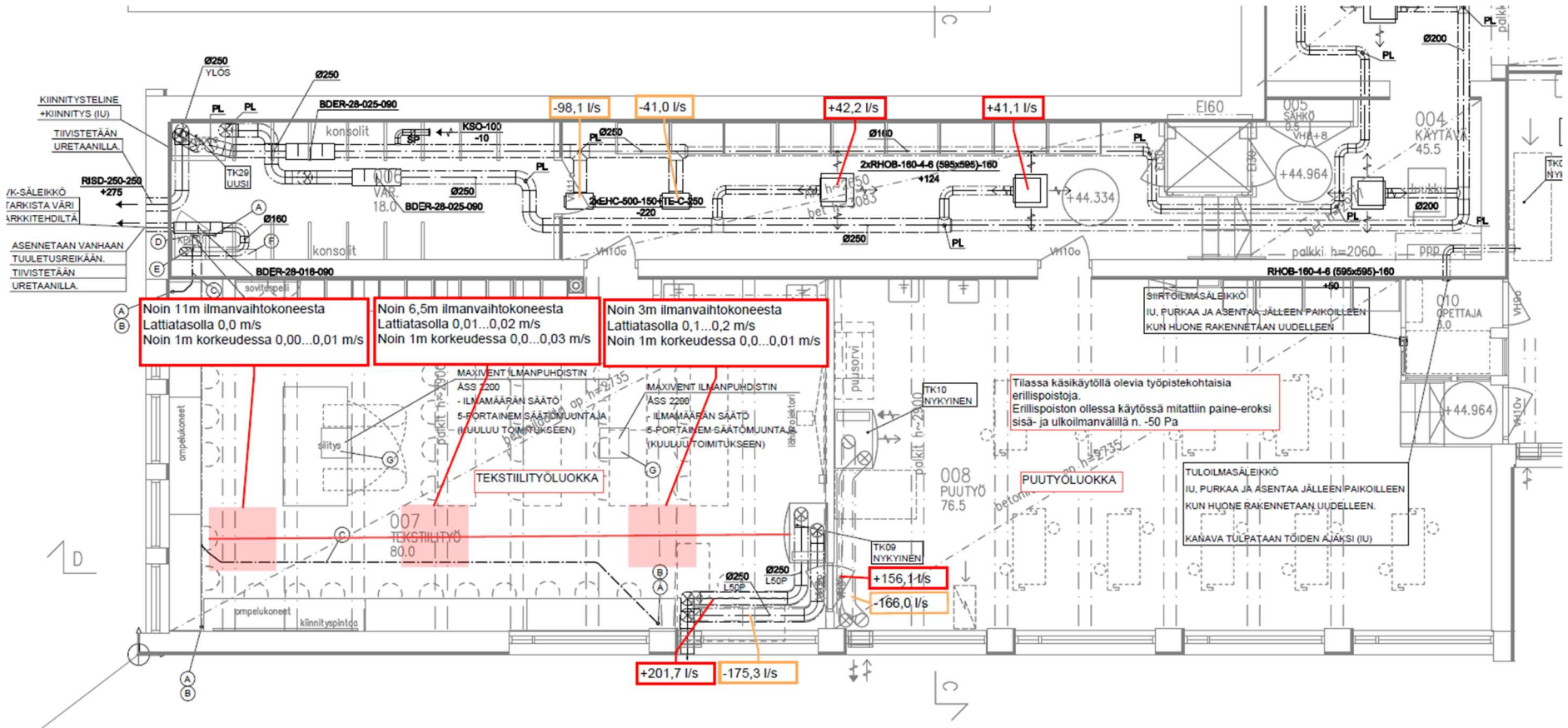


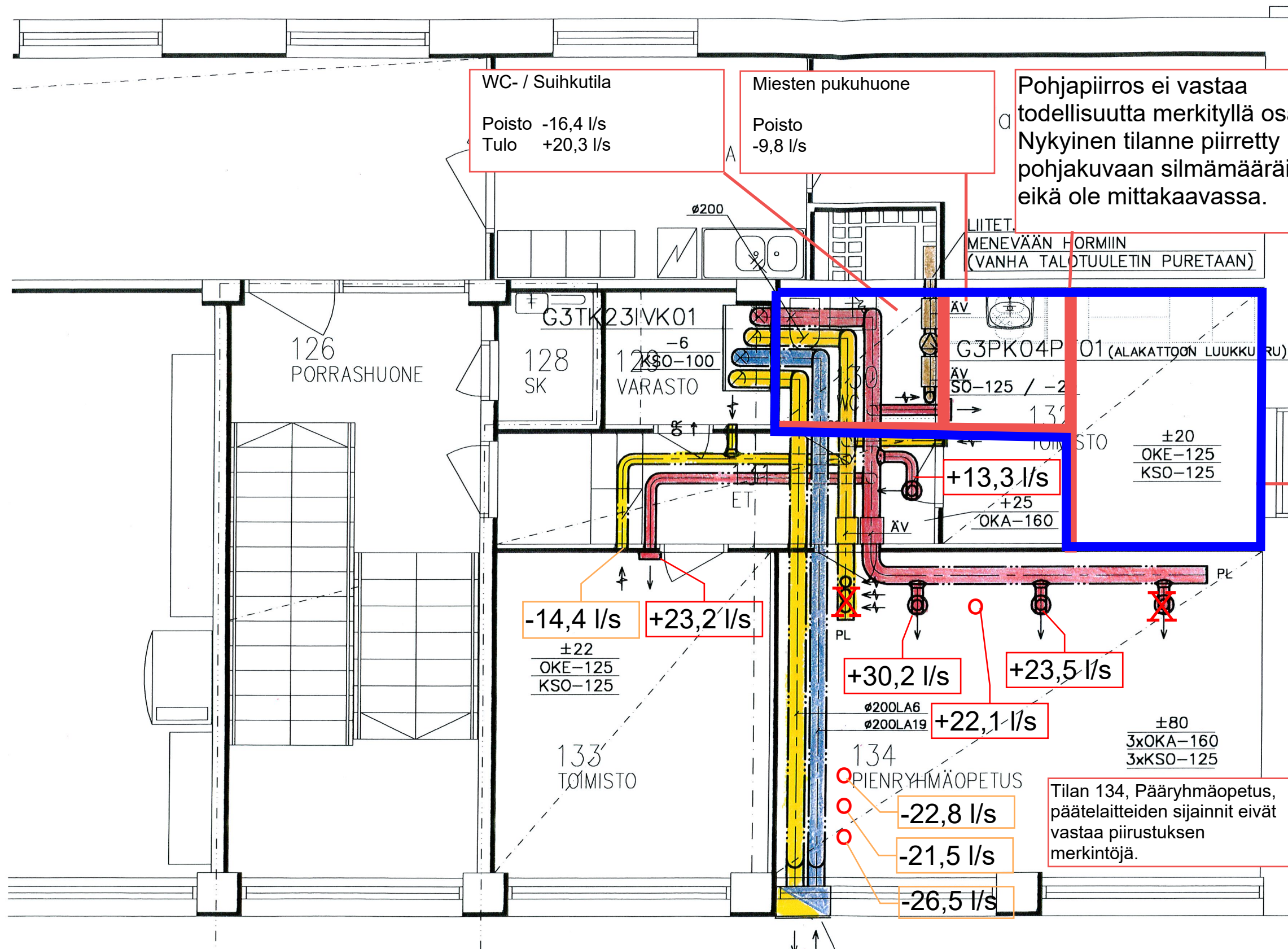
### PE3 Toimistohuone 133



### PE4 Pienryhmäopetus 134







WC- / Suihkutila  
 Poisto -16,4 l/s  
 Tulo +20,3 l/s

Miesten pukuhuone  
 Poisto -9,8 l/s

Pohjapiirros ei vastaa todellisuutta merkityllä osalla. Nykyinen tilanne piirretty pohjakuvaan silmämääräisesti, eikä ole mittakaavassa.

- PL = PUHDISTUSLUUKKU
- OR = OVIRAKO 10MM
- AV = ÄÄNENVAIMENNIN
- SP = SÄÄTÖPELTI
- US = ULKOSÄLEIKKÖ
- L = LAUTASVENTTIILI

- LA6 = ARMAFLEX AC 6MM
- LA19 = ARMAFLEX AC 19MM

KANAVAT VALMISTETAAN SFS-3281 JA SFS-3282 STANDARDIEN MUKAAN.

MITOITTAMATTOMAT LIITEHORMIT VENTTIILIILMAMÄÄRÄT ILMOITETTU dm<sup>3</sup>/s

Naisten pukuhuone/toimisto  
 Poisto -10,1 l/s  
 -10,2 l/s  
 Tulo +13,2 l/s

-14,4 l/s  
 +23,2 l/s  
 ±22  
 OKE-125  
 KSO-125

+30,2 l/s  
 +23,5 l/s  
 +22,1 l/s  
 Ø200LA6  
 Ø200LA19

±80  
 3xOKA-160  
 3xKSO-125

134 PIENRYHMÄOPETUS  
 -22,8 l/s  
 -21,5 l/s  
 -26,5 l/s

Tilan 134, Pääryhmäopetus, päätelaitteiden sijainnit eivät vastaa piirustuksen merkintöjä.

YHDISTETTY ULKOILMAN SIS.OTTO- JA JÄTEILMAN ULOSPUHALUSULKOSÄLEIKKÖ. KOKO N. 400x800, RAKENNE VASTAAVA KUIN YLÄPUOL. OLEVISSA IKKUNOISSA ASENNETAAN YLEMMÄN TUULETUSIKKUNAN PAIKALLE.

E160

E160