

Lepsämän koulu

Lepsämäntie 775, 01830 Lepsämä

Rakenne-, kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus
2.4.2019

Työnro 31 11346.11

Rkm Timo Ekola
DI Eeva Jokinen
RI Erkkä Autio



Lepsämän koulu

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistiedot	4
1.1	Tutkimuskohde.....	4
1.2	Tilaaaja.....	4
1.3	Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat	4
1.4	Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus	4
1.5	Tutkimuksen ajankohta.....	4
2	Kohteen yleiskuvaus.....	4
3	Lähtötiedot	5
3.1	Tilaaajan luovuttamat lähtötiedot	5
3.2	Tiedossa oleva korjaushistoria.....	5
3.3	Aikaisempien tutkimusten tulokset.....	6
4	Tutkimusmenetelmät ja käytetyt tutkimuslaboratoriot.....	6
5	Rakenneteknisten tutkimusten tulokset	6
5.1	Perustukset, salaojat ja maanvastaiset seinärakenteet	6
5.1.1	Sijainti, rakenne ja havainnot	6
5.1.2	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	7
5.2	Alapohjarakenteet	8
5.2.1	Rakenne	8
5.2.2	Havainnot.....	8
5.2.3	Kosteusmittaukset	8
5.2.4	Rakenteiden ja rakenneliittymien tiiveys, merkkiainekokeet.....	9
5.2.5	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	11
5.3	Julkisivut; ulkoseinät, ikkunat ja ovet	12
5.3.1	Sijainti ja rakenne.....	12
5.3.2	Havainnot.....	12
5.3.3	Mittaustulokset	15
5.3.4	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	17
5.4	Väliseinät ja sisäpuoliset pintarakenteet	18
5.4.1	Sijainti ja rakenne.....	18
5.4.2	Havainnot.....	18
5.4.3	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset.....	19
6	Yläpohja ja vesikatto.....	19
6.1	Rakenne	19
6.2	Havainnot.....	20
6.3	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset.....	22
7	Piha-alueet ja sadevesijärjestelmät.....	22
7.1	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset.....	23
8	Sisäilman paine-eromittausten tulokset	23
8.1	Mittaustulokset	23

8.2	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	24
9	Sisäilman olosuhdemittaukset	24
9.1	Mittaustulokset	24
9.1.1	Suhteellinen kosteus	24
9.1.2	Lämpötila	24
9.1.3	Hiilidioksidipitoisuus.....	25
9.2	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	26
10	VOC-näytteet	26
10.1	Materiaalien VOC-emissiot (BULK).....	26
10.1.1	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	26
10.1.2	Mittaustulokset	27
10.2	VOC-ilmanäytteet	27
10.2.1	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	27
10.2.2	Mittaustulokset	28
10.3	Johtopäätökset.....	28
11	Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitujen laskenta.....	29
11.1	Havainnot ja mittaustulokset.....	29
11.2	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset.....	29
12	Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä	29
12.1	Johtopäätökset.....	29
12.2	Suosittelvat toimenpiteet	30
12.3	Korjaussuunnittelussa ja -työssä huomioitavaa.....	30
13	Päiväys ja allekirjoitukset	31

LIITTEET:

- Liite 1 Tutkimusmenetelmät ja viitearvot
- Liite 2 Pohjapiirustukset
- Liite 3 Kosteusmittauspöytäkirja
- Liite 4 Analyysivastaukset

JAKELU:

Mika Laakso

Nurmijärven kunta, Tilakeskus, Ylläpitoyksikkö

mika.laakso@nurmijarvi.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksen kohde on Lepsämän koulun vuonna 2001 rakennettu koulurakennus, jonka yhteydessä on myös koulun keittiö ja ruokala. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rakennuksen rakenne- ja kosteusteknistä kuntoa sekä sisäilman laatuun vaikuttavia haittatekijöitä. Työn toimeksiantajana on Nurmijärven kunta (Tilakeskus) ja yhteyshenkilönä kohteessa on toiminut Mika Laakso.

Tutkimuksissa tarkasteltiin pääasiassa alapohja- ja ulkoseinärakenteiden kuntoa. Rakenteiden kunnon selvittämisessä käytettiin kosteusmittauksia, rakenneavauksia, mikrobinäytteenottoja sekä merkkiainekokeita rakenteiden tiiviiden selvittämiseksi. Tutkimuksissa tarkasteltiin myös sisätilojen painesuhteita sekä sisäilman suhteellista kosteutta, lämpötilaa ja hiilidioksidipitoisuutta. Lisäksi tutkittiin sisäilmassa mahdollisesti esiintyviä teollisia mineraalikuituja laskeumalevynäytteiden avulla. Mahdollista muovimattojen tai niiden kiinnitysliimojen kemiallista vaurioitumista selvitettiin VOC-ilmanäytteillä sekä VOC-emissionäytteillä (muovimatto, betoni).

Tutkimusten perusteella merkittävien korjaustoimenpiteitä vaativa vaurio todettiin keittiön astianpesulinjaston vastaisella ulkoseinällä, jossa astianpesulinjastosta aiheutuva kosteusrasitus on aiheuttanut ulkoseinärakenteeseen kosteus- ja mikrobivaurioita. Ulkoseinässä oleva vedeneriste voi olla myös puutteellisesti asennettu tai siihen on voinut muodostua epäjatkuvuuskohtia. Seinälaatoituksen ja muovimaton lattian ylösnoston liittymässä oli havaittavissa selvä rako, jota oli yritetty tiivistää silikonilla, ja lisäksi viemäriputken takana ylösnosto oli murtunut. Ulkoseinärakenne tulee uusua vaurioituneelta osin erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

Ulkoseinän mineraalivillaeristeissä todettiin vahva viite vauriosta käytävän pohjoispäädyn naulakkotilassa 102. Lisäksi viite vauriosta todettiin opettajanhuoneen päätyseinän mineraalivillaeristeestä otetuissa näytteissä. Mineraalivillaeristeet suositellaan vaihdettavaksi ulkokautta, ikkunoiden alapuoliselta osuudelta. Mikrobinäytteitä otettiin vaurioiden laajuuden selvittämiseksi myös vaurioituneiden kohtien vierestä vaurioiden laajuuden selvittämiseksi, eikä kyseisissä näytteissä todettu viitteitä mikrobivaurioista. Ulkoseinärakenteen merkkiainekokeiden yhteydessä todettiin luokkatilan 104 alapohjarakenteessa painumaa ja selviä ilmavuotoja, jotka tulee korjata tiivistyskorjauksin. Myös alapohjan viemäri- ja vesiputkien läpiviennit tulee tiivistää kaikissa tiloissa.

Wc-tilassa 110 todettiin selviä viitteitä kohonneesta pintakosteudesta viemärin tuuletusputken juuressa, alapohjarakenteessa. Tuuletusputken rassauseristeen ympärillä oli havaittavissa irtovettä. Viemärin tuuletusputki tulee lämmöneristää yläpohjassa ja kastunut lattiarakenne tulee kuivattaa ja lattiapinnoite uusua.

Alapohjarakenteessa todettiin viitteitä kohonneesta kosteudesta lähinnä ruokasalissa sekä keittiön astianpesulinjaston yhteydessä. Ruokasalissa mitattiin kohonneita kosteuspitoisuuksia. Ruokasalissa otetuissa emissionäytteissä todettiin kohonneita TVOC-pitoisuuksia betonilaatassa. Ilmanäytteissä ei kuitenkaan todettu kohonneita pitoisuuksia tai toimenpiderajat ylittäviä VOC-yhdisteiden pitoisuuksia. Kosteusmittausten ja betonilaatan emissionäytteiden perusteella suositellaan ruokailutilan lattiapinnoitteiden uusimista.

Kaikki korjaukset tulee tehdä erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti ja korjaukset tulee toteuttaa sisäilmakorjauksiin erikoistuneen urakoitsijan toimesta.

1 Yleistiedot

1.1 Tutkimuskohde

Lepsämän koulu, uusi osa
Lepsämäntie 775
01830 Lepsämä

1.2 Tilaaja

Nurmijärven kunta, Tilakeskus, Ylläpitoyksikkö
Keskustie 2B
01800 Klaukkala

Yhteyshenkilönä toimi ylläpitopäällikkö Mika Laakso, p. 040 317 2307, mika.laakso@nurmijarvi.fi.

1.3 Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat

Vastuuhenkilöt:

Rkm Timo Ekola, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, timo.ekola@ains.fi, p. 040 1908477

Tutkimushenkilöt:

Rkm Timo Ekola, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, timo.ekola@ains.fi
DI Eeva Jokinen, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, eeva.jokinen@ains.fi
RI Erkkä Autio, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, erkka.autio@ains.fi

1.4 Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tutkittavien tilojen sisäilman laatuun vaikuttavia haittatekijöitä, rakenteiden kosteusteknistä kuntoa sekä toteutustapaa ja mahdollisia materiaalien mikrobivaurioita. Tutkimukset koskivat koko rakennusta.

1.5 Tutkimuksen ajankohta

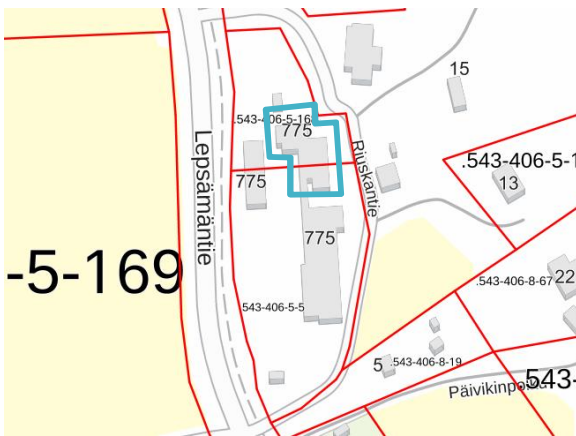
Kenttätutkimukset suoritettiin 4. – 27.2.2019.

2 Kohteen yleiskuvaus

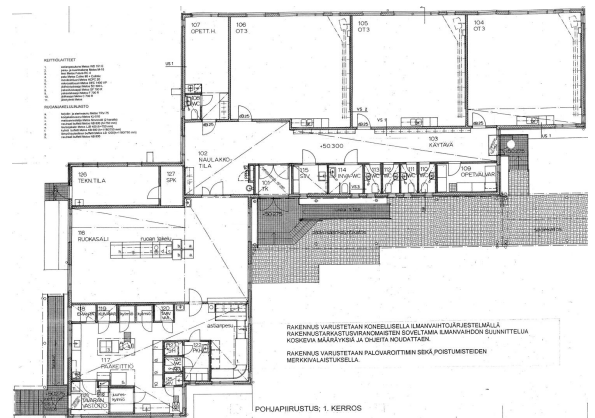
Pääasiallinen rakennusmateriaali:	Puu, betoni
Rakennusvuosi:	2001
Peruskorjaus / laajennus vuosi:	-
Kerrosluke:	1
Kerrosala:	n. 520 m ²
Tilavuus:	n. 1960 m ³
Ilmanvaihtojärjestelmät:	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla
Lämmitysjärjestelmät:	Vesikeskuslämmitys, lämmönjako seinäpattereilla



Kuva 1
Ilmakuva, tutkimuskohde korostettuna kuvassa.



Kuva 2
Kohteen kiinteistötunnus sekä tontin rajat, kohde rajattuna (Kuvan lähde: Maanmittauslaitos).



Kuva 3
Kohteen pohjapiirustus.

3 Lähtötiedot

3.1 Tilaajan luovuttamat lähtötiedot

- Pohjapiirustus
- Alkuperäisiä rakennedetailji-piirroksia, Insinööritoimisto Mika Laakso Oy, 14.6.2001

3.2 Tiedossa oleva korjaushistoria

Ei tiedossa.

3.3 Aikaisempien tutkimusten tulokset

Käytössä ei ollut aikaisempien tutkimusten tuloksia.

4 Tutkimusmenetelmät ja käytetyt tutkimuslaboratoriot

Tässä tutkimuksessa on käytetty seuraavia tutkimusmenetelmiä:

- Aistinvarainen havainnointi (tilapinnat, alakatot, yläpohja)
- Pintakosteuskartoitus
- Viiltokosteusmittaukset
- Rakenneavaukset (alapohja-, väliseinä- ja ulkoseinä-rakenteet)
- Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi (yht. 5 näytettä)
- Rakenteiden tiiveyden tarkastaminen merkkiainekokeella
- Pölyn mineraalikulujen laskenta geeliteippimenetelmällä 14 vrk:n laskeumasta, yht. 2 kpl
- Pitkäaikaiset paine-eromittaukset sisätilan ja ulkoilman välillä, yht. 3 mittauspistettä
- Pitkäaikaiset sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaukset, yht. 3 mittauspistettä
- Pitkäaikaiset sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittaukset, yht. 3 mittauspistettä

Tutkimusmenetelmien tarkemmat kuvaukset, tulosten tulkintaperusteet, käytetyt mittalaitteet, mittalaitteiden kalibroitiedot ja virhetarkastelu on esitetty liitteessä 1.

Rakenneavaukset kohteessa tehtiin tilaajan toimesta.

5 Rakenneteknisten tutkimusten tulokset

5.1 Perustukset, salaojat ja maanvastaiset seinärakenteet

5.1.1 Sijainti, rakenne ja havainnot

Alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaan rakennus on perustettu teräsbetoni-anturoiden varaan. Rakennus on yksikerroksinen. Perusmuuri on paikalla valettu ja se on vedeneristetty ulkopuolelta patolevyllä ja lämmöneristetty sisäpuolelta EPS-eristeellä. Perusmuuria vasten on asennettu sepelikaistale. Sokkelissa ei havaittu näkyviä rakenteellisia vaurioita tai poikkeuksellisesta kosteusrasituksesta aiheutuvaa kalkkihärmää. Suunnitelma-asiakirjojen perusteella rakennuksen ympärille on suunniteltu salaojat. Rakennuksen kulma-alueilla havaittiin salaojien tarkastuskaivot.

Salaojan tarkastuskaivoja tarkastettiin pistokokeenomaisesti keittiön ulkokulmauksen alueelta. Tarkastuskaivoista havaittiin salaojaputkistot. Salaojien kuntoa tai toimivuutta ei selvitetty tämän tutkimuksen yhteydessä. Rakennuksen kattovedet ohjataan hallitusti syöksytorvia pitkin niiden alla oleviin kaivoihin ja niistä edelleen sadevesijärjestelmään.

Sokkeliosan rakennetta ei erikseen rakenneavauksin varmistettu tämän tutkimuksen yhteydessä.



Kuva 4
Yleiskuvaa rakennuksen sokkelista.



Kuva 5
Yleiskuvaa rakennuksen sokkelista.



Kuva 6
Salaojien olemassaoloa tarkastettiin tarkastuskaivosta.



Kuva 7
Salaojien tarkastuskaivossa oli tarkastushetkellä vettä ja vettä valui salaojaputkista.

5.1.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Sokkeli on vedeneristetty ulkopuolelta ja sokkelin vierustalle on asennettu asianmukainen pystysuuntainen sepelisalaojitus. Rakennuksen ympärillä havaittiin suunnitelma-asiakirjoissa esitetty salaojitus ja sokkeleissa ei havaittu vaurioita tai poikkeavaa ulkopuolista kosteutta. Perusrakenteet ja salaojitus vaikuttaa toimivalta.

Toimenpide-ehdotukset

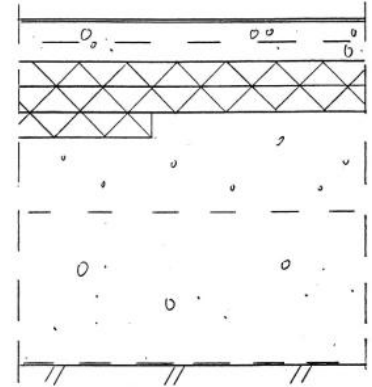
Salaojajärjestelmän toimintakunto tulee tarkastaa säännöllisin väliajoin ja järjestelmä tulee huuhdella tarpeen mukaan.

5.2 Alapohjarakenteet

5.2.1 Rakenne

Alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaan alapohjarakenteena on 80 mm teräsbetoni-laatta alapuolella EPS-lämmöneristeellä. Alapohjarakenne on seuraava:

- lattiapinnoite
- tasoite
- pintalaatta 80 mm
- polystyreenimuovilevy 100 mm
- reuna-alueilla 150 mm
- soratäyttö



5.2.2 Havainnot

Alapohjan rakennetta tarkasteltiin luokassa 105 poratusta pisteestä. Kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella alapohjarakenne vastaa alkuperäisiä rakennesuunnitelmia. Lattiapinnoitteena on käytetty muovimattoa, jonka alla on ohut tasoitekerros.

5.2.3 Kosteusmittaukset

Alapohjarakenteen kosteus tilannetta tarkasteltiin pintakosteuskartoituksella, joka suoritettiin pistokokeenomaisesti kaikissa tiloissa. Pintakosteusmittausten perusteella alapohjarakenteissa ei pääosin havaittu poikkeavaa kosteutta. Viitteitä kohonneesta kosteudesta havaittiin ainoastaan ruokasalissa (tila 116) ja wc-tilassa (tila 110). Alueet on merkitty liitteessä 2 olevaan pohjakuvaan punaisella rasterilla.

Wc-tilassa 110 todettiin viitteitä kohonneesta kosteudesta viemärin tuuletusputken läheisyydessä. Tuuletusputken koteloinnin pohjalla havaittiin aistinvaraisesti kosteutta. Viemärin tuuletusputken tarkastusluokun alareunassa oli havaittavissa irtovettä. Tuuletusputkea ei ole lämmöneristetty yläpohjassa.



Kuva 8
Viemärin tuuletusputken juuressa havaittiin viitteitä kohonneesta kosteudesta lattiapinnalla.



Kuva 9
Kosteutta oli aistinvaraisesti havaittavissa myös tuuletusputken koteloinnin sisällä.

Lattiapinnoitteen alapuolisilla viiltomittauksilla tarkasteltiin kosteusilannetta lattiapinnoitteen ja lattiatasoitteen välisessä ilmatilassa. Viiltomittaukset tehtiin pintakosteuskartoituksen perusteella kosteimpiin paikkoihin. Vertailun vuoksi tehtiin lisäksi referenssimittauksia pintakosteuskartoituksen perusteella kuivimpiin kohtiin. Viiltomittauksia suoritettiin yhteensä kahdeksaan eri kohtaan. Viiltomittauksin lattiapinnoitealustat ovat pääosin kuivia, kohonneita kosteuspitoisuuksia mitattiin ainoastaan ruokasalissa 116 kahdessa eri kohdassa (VM4: 87 %RH / 20,9 °C, VM5: 86 %RH / 21,0 °C). Viiltomittauksien tarkemmat tulokset on koottu liitteessä 3 olevaan kosteusmittauspöytäkirjaan ja mittapisteen sijainnit on esitetty liitteessä 2 olevassa pohjakuvassa.

Lattiapinnoitteiden ja niiden alapuolisten tasoitteiden kuntoa on tutkittu VOC-yhdisteiden kokonaisemissioiden osalta (ns. bulk-näytteet). BULK-näytteiden analyysitulokset on esitetty raportin kappaleessa 10.1 – *Materiaalien VOC-emissiot (BULK)*.

5.2.4 Rakenteiden ja rakenneliittymien tiiveys, merkkiainekokeet

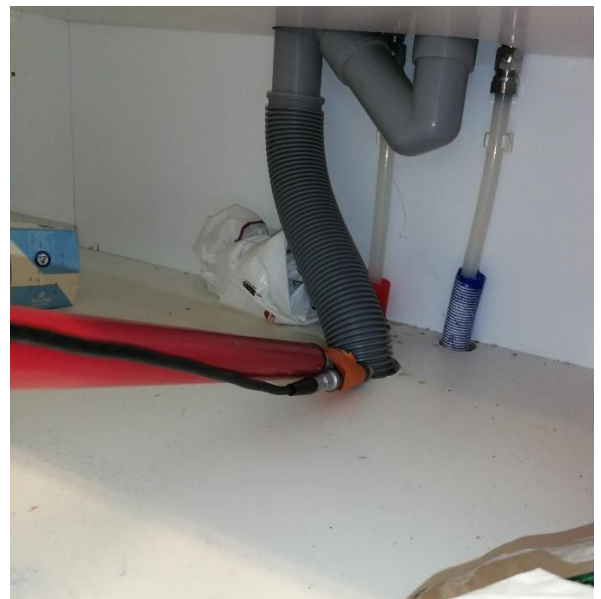
Kohteessa suoritettiin merkkiainekokeita, joilla selvitettiin ilmapuotoreittejä alapohjarakenteista sisäilmaan päin. Alapohjarakenteiden merkkiainekokeita suoritettiin pistokoeluoontoisesti luokkatiloissa 104, 105 ja 106. Merkkiainekaasua syötettiin luokkatiloissa maanvaraisen alapohjan soratäyttöön.

Luokkatilojen ja ulkoilman välille saatiin noin -10 Pascalin (Pa) alipaine teippaamalla tulokanavien pääte-elimä umpeen. Paine-ero oli samaa luokkaa myös luokkatilojen ja alapohjan soratäytön välillä.

Merkkiainekokeessa todettiin pistemäisiä ilmapuotokohtia ulkoseinän ja alapohjan liittymärakenteissa sekä kantavan väliseinän ja alapohjan liittymärakenteissa. Luokkatilassa 104 olevan kiinteän kaapiston takaa alapohjan ja ulkoseinän liitoskohdassa havaittiin voimakkaampaa ilmapuotoa. Tarkkaa merkkiaineen vuotokohtaa ei voitu paikantaa, sillä merkkiainekaasu voi kulkeutua jalkalistan takana kauemmaksi varsinaisesta vuotokohdasta. Selvää ilmapuotoa havaittiin allaskaapin pohjan viemäri- ja vesiputkien läpiviennistä, kaapiston sokkelitilasta. Ilmapuoto on todennäköisesti peräisin viemäri- ja vesiputkien alapohjan läpiviennistä.



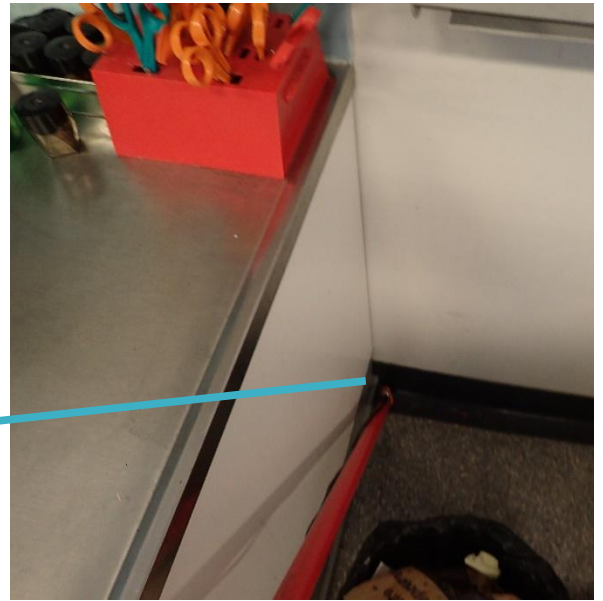
Kuva 10
Luokkatilassa 104 todettiin pistemäisiä ilmapuotokohtia kiinteän kaapin takaa alapohjan ja ulkoseinän liitoskohdassa.



Kuva 11
Luokkatilassa 104 ilmapuotoa todettiin allaskaapin sisällä viemäriputken läpiviennin kohdalla.



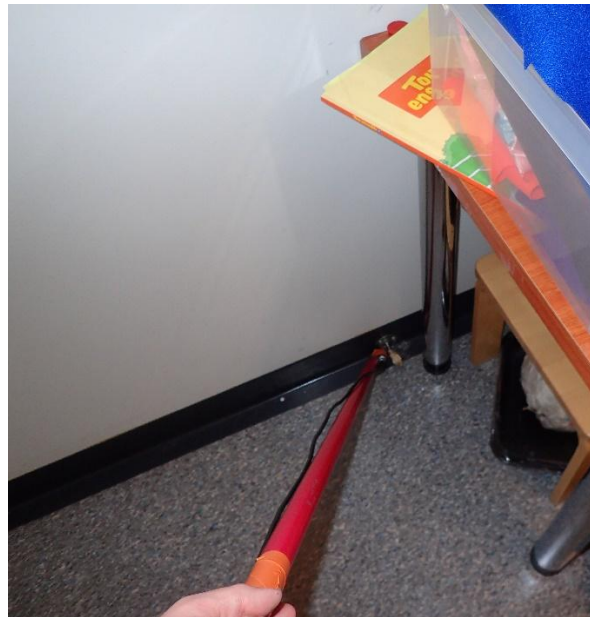
Kuva 12
Luokkatilassa 104 todettiin pistemäisiä merkkiainevuotokohtia kiinteään allaskaapin takaa alapohjan ja ulkoseinän liitoskohdassa.



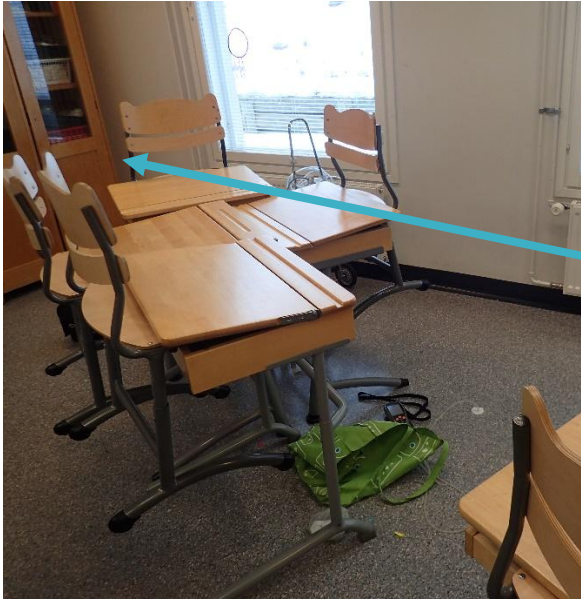
Kuva 13
Tarkkaa merkkiaineen vuotokohtaa ei voitu paikantaa.



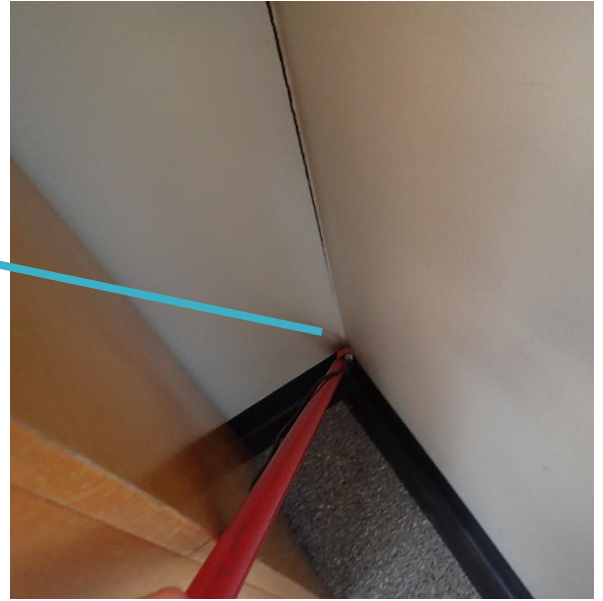
Kuva 14
Luokkatilassa 105 pistemäistä merkkiainevuotoa todettiin oven kohdalla, missä muovinen jalkalista päättyy.



Kuva 15
Luokkatilassa 105 merkkiainevuotoa todettiin myös ovistopparin kohdalta luokkatilan 106 vastaisella seinällä.



Kuva 16
Luokkatilassa 106 todettiin pistemäistä merkkiainevuotoa alapohjan ja ulkoseinän liitoskohdassa opettajanhuoneen 107 vastaisella seinällä.



Kuva 17
Lähikuva merkkiainevuotokohdasta.

Merkkiainekaasun syöttöpisteiden sijainnit on esitetty tarkemmin liitteessä 2 olevissa pohjakuvissa. Lisätietoja merkkiainekokeen suorituksesta ja tulosten tulkinnasta on esitetty liitteessä 1.

5.2.5 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Rakennuksen alapohjarakenne on tehtyjen rakennetarkastushavaintojen perusteella suunnitelma-asiakirjojen mukainen, rakenne on lämpö- ja kosteusteknisesti toimiva rakenne.

Tehtyjen pintakosteushavaintojen ja muovimattopinnoitteen alle tehtyjen viiltomittausten perusteella alapohjarakenteet ovat pääosin kuivia. Paikallisesti kohonnuttu kosteutta todettiin ruokalassa ja wc:ssä 110 viemärin tuuletusputken juuren läheisyydessä. Ruokalassa muovimaton alle tehdyissä viiltomittauksissa todettiin paikallisesti kohonnuttu kosteutta. Ruokalassa todettu kosteus on todennäköisesti rakennusaikaista kosteutta (tai kosteus voi nousta maaperästä kapillaarisesti, mikäli alapuolisessa lämmöneristyksessä on puutteita). Mikäli kosteus on rakennusaikaista, on muovimatto asennettu liian kostean betonin päälle ja muovimattoon ja sen kiinnitysliimaan kohdistuva kosteusrasitus on täten ollut pitkäaikaista.

Merkkiainekokeissa todettiin pistemäisiä vuotokohtia ulkoseinän ja alapohjan liittymärakenteissa sekä kantavan väliseinän ja alapohjan liittymärakenteissa.

Toimenpide-ehdotukset

Merkkiainekokeiden perusteella suositellaan viemäri- ja vesijohtoläpivientien läpivientien tiivistämistä alapohjarakenteessa.

Ruokalassa alueella, jossa todettiin poikkeavaa kosteutta, suositellaan lattiapinnoitteen uusintaa ja alustarakenteen kuivaamista ennen uudelleenpinnoitusta

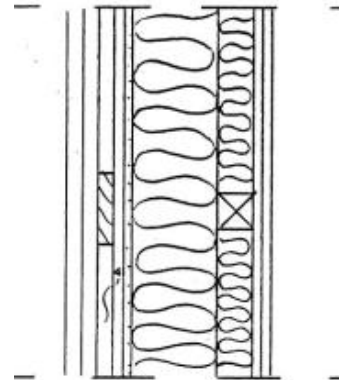
5.3 Julkisivut; ulkoseinät, ikkunat ja ovet

5.3.1 Sijainti ja rakenne

Alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaan ulkoseinärakenteena on käytetty kahta rakennetyyppiä. Rakennetyypit eroavat toisistaan vain ulkovuorauksen osalta. Rakennetyyppien rakennekerrokset on lueteltu sisältä ulospäin.

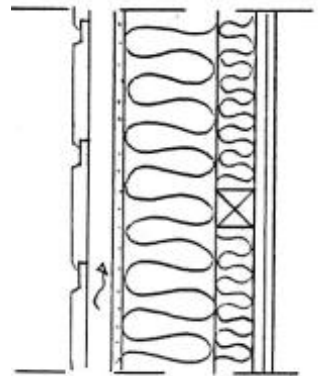
US1:

- maali	
- kipsilevy + kipsilevy EK	13 + 13 mm
- höyrynsulku	
- puurunko + mineraalivilla	50 mm
- pystyrunko + mineraalivilla	125 mm
- tuulensuojalevy, leijonabituliitti	12 mm
- pystylauta	16 mm
- vaakalauta	22 mm
- rimalaudoitus (rima + laudoitus)	25 + 22 mm



US2:

- maali	
- kipsilevy + kipsilevy EK	13 + 13 mm
- höyrynsulku	
- puurunko + mineraalivilla	50 mm
- pystyrunko + mineraalivilla	125 mm
- tuulensuojalevy, leijonabituliitti	12 mm
- pystykoolaus	33 mm
- vaakapaneeli	21 mm



5.3.2 Havainnot

Ulkoseinärakenteen todentamiseksi ja rakenteen kunnon selvittämiseksi tehtiin yhteensä 14 rakenneavausta, joista otettiin yhteensä 20 mikrobinäytettä. Rakenneavaukset suoritettiin ulkokautta poistamalla ulkoverhouslaudoitusta. Rakenneavauskohdat on merkitty liitteessä 2 olevaan pohjakuvaan tunnukseksi US. Suoritettujen rakenneavausten perusteella ulkoseinän rakenne vastaa pääosin rakennesuunnitelmia.

Ulkoseinien rakenneavauspisteissä todettiin, että ulkoverhouksen taustalla on suunnitelmien mukaiset tuulettumisedellytykset. Seinärakenteiden avatuissa pisteissä tuulensuojarakenteet, seinän mineraalivillaeristykset ja puurunkorakenteet olivat aistinvaraisesti havainnoiden terveitä ja vaurioitumattomia, pois lukien keittiön tiskauslinjaston kohdalle tehtyä rakenneavausta. Kyseisen rakenneavauksen kohdalla havaittiin, että sisäpuolisen kipsilevytyksen takapinnalla esiintyy aistinvaraisesti havaittavissa olevaa mikrobikasvustoa. Ko. kohdasta otettiin myös materiaalinäytteet, joissa todettiin mikrobianalyyseissä vahva viite vauriosta.

Ulkoseinärakenteiden mikrobinäytteiden tarkemmat tulokset on raportoitu seuraavassa luvussa. Ulkoseinärakenteen vaurioituminen on aiheutunut sisäpuolisesta kosteusrasituksesta astianpesulinjastolta,

mikä viittaa puutteelliseen sisäpinnan vedeneristykseen. Sisäpuolelta tarkasteltuna ulkoseinän pintamateriaalina on käytetty laatoitusta ja lattiapinnoitteena muovimattoa, josta myös lattian ylösnosto on toteutettu. Ylösnoston ja laatoituksen välissä havaittiin epäjatkuvuuskohtia, joita on yritetty tiivistää silikonilla. Lisäksi viemärin takana olevassa ylösnostossa on halkeama.



Kuva 18
Yleiskuvaa rakennuksen julkisivusta. Julkisivuverhoukset ovat hyväkuntoisia ja vaurioitumattomia.



Kuva 19
Julkisivuverhouksena on pääasiassa käytetty peiterimalaudoitusta ja vaakapanelointia.



Kuva 20
Yleiskuvaa rakennuksen julkisivusta, ruokasalin kohdalta.



Kuva 21
Ulkoseinän alaohjauspuun alle on asennettu asianmukainen bitumihuopakaista.



Kuva 22
Rakenneavauksia tehtiin ympäri rakennusta. Rakenneavauspisteistä todettiin yleisesti, että rakenteet ovat aistinvaraisesti havainnoiden terveitä ja vaurioitumattomia.



Kuva 23
Ruokasalin kohdalle tehtiin rakenneavaus, josta otettiin mikrobinäyte mineraalivillasta (MN18).



Kuva 24
 Ulkoseinärakenne.
 Rakenneavauksia tehtiin ympäri rakennusta. Rakenneavauspisteistä todettiin yleisesti, että rakenteet ovat aistinvaraisesti havainnoiden terveitä ja vaurioitumattomia.



Kuva 25
 Alaohjauspuuna on käytetty painekyllästettyä puutavaraa. Puurunkorakenteet ovat aistinvaraisesti havainnoiden terveistä ja vaurioitumattomia.



Kuva 26
 Astianpesulinjaston kohdalle tehdyssä rakenneavauksessa todettiin selvä kosteusvaurio.



Kuva 27
 Näkyvää mikrobikasvustoa esiintyy myös sisäpuolisen kipsilevyn pinnassa.



Kuva 28
Muovimaton ylösnoston ja seinäläatoituksen välistä rajapintaa on tiivistetty jälkikäteen silikonilla, mutta liittymässä oli havaittavissa edelleen epätiiviyiskohtia. Muovimatto päättyy seinäläatoituksen alaosaan.



Kuva 29
Viemäriputken takana muovimaton lattian ylösnosto on ratkennut.

5.3.3 Mittaustulokset

Ulkoseinän rakenneavausten yhteydessä otettiin yhteensä 20 materiaalinäytettä ulkoseinän mineraalivil-läeristeestä sekä yksi näyte sisäverhouslevyn kipsilevystä mikrobimääritystä varten. Näytteet otettiin avaamalla ulkoseinärakennetta ulkopuolelta.

Ensimmäiset näytteet (MN1 – MN5) otettiin 4.2.2019 ja näytteissä esiintyi viitteitä mikrobikasvustosta, minkä perusteella näytteitä päätettiin ottaa lisää vaurioiden määrän ja laajuuden selvittämiseksi. Lisä-näytteet (MN6 – MN20) otettiin 27.2.2019.

Kaikkien näytteiden tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Ulkoseinän materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tulokset

Näytenumero	Tila	Rakenne	Materiaali	Tulkinta
MN1	Opettajanhuone 107	US	Mineraalivilla	Viittaa vaurioon
MN2	Luokka 105	US	Mineraalivilla	Heikko viite vauriosta
MN3	Keittiö/astianpesu 117	US	Mineraalivilla	Vahva viite vauriosta
MN4	Keittiö/astianpesu 117	US	Kipsilevy	Vahva viite vauriosta
MN5	Naulakkotila 102	US	Mineraalivilla	Vahva viite vauriosta
MN6	Luokka 104, yläosa	US	Mineraalivilla	Heikko viite vauriosta
MN7	Luokka 104, alaosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN8	Luokka 104	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN9	Luokka 105	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN10	Luokka 106	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN11	Opettajanhuone 107, yläosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN12	Opettajanhuone 107, alaosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta

MN13	Wc 108, yläosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN14	Wc 108, alaosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN15	Ruokasali 116, yläosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN16	Ruokasali 116, alaosa	US	Mineraalivilla	Heikko viite vauriosta
MN17	Pääkeittiö, astianpesu 117	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN18	Ruokasali 116	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN19	Luokka 104, yläosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN20	Luokka 104, alaosa	US	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta

Otettujen lisänäytteiden (MN6 – MN20) perusteella voidaan todeta, että näytteissä esiintyneet viitteet mikrobivaurioista ovat paikallisia. Vahva viite vauriosta esiintyi keittiön astianpesulinjaston vastaisella ulkoseinällä, jossa sekä mineraalivillaeristeessä (MN3) että kipsilevyssä (MN4) todettiin vahva viite vauriosta. Lisäksi vahva viite vauriosta todettiin aulan naulakkotilan päätyseinällä. Näytteessä esiintyi runsaasti kosteusvaurioon viittaavaa mikrobilajia. Opettajan huoneen päätyseinältä otetussa näytteessä (MN1) todettiin viite vauriosta ja näytteessä esiintyi kohtalaisesti mikrobeja, sisältäen yksittäisiä pesäkkeitä kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja. Heikko viite vauriosta todettiin näytteissä luokasta 105 (MN2) otetussa näytteessä, luokasta 104 (MN6) otetussa näytteessä sekä ruokasalista (MN16) otetussa näytteessä. Näytteissä esiintyi yksittäisiä pesäkkeitä kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja, mitä voidaan pitää normaalina ulkoseinän mineraalivillaeristeissä.

Todettujen mikrobivaurioiden vuoksi suoritettiin myös ulkoseinärakenteiden merkkiainekoe jokaiseen luokkatilaan. Jokaisen luokkatilan kohdalla merkkiainekaasua laskettiin yhdestä pisteestä. Luokkatilojen ja ulkoilman välille saatiin noin -10 Pascalin alipaine teippaamalla tulokanavien päätte-elimiiä umpeen. Luokkatiloissa havaittiin pistemäisiä vuotokohtia alapohjan ja ulkoseinän liittymästä, patterikannakkeiden kohdalta ja ikkunaliittymistä. Selvästi merkittävä vuotokohta havaittiin luokassa 104, jossa lattia on todennäköisesti painunut ja lattialista oli myös irronnut alustastaan (lattialista poimuttunut).



Kuva 30
Ilmavuotoa lattialistan yläreunasta (lattian ja ulkoseinän liittymästä) luokassa 106.



Kuva 31
Ilmavuotoa patterikannakkeen läpiviennistä luokassa 106.



Kuva 32
Ilmavuotoa patterikannakkeiden läpiviennistä luokkatilassa 105.



Kuva 33
Ilmavuotoa ikkunaliittymistä luokkatilasta 105.



Kuva 34
Ilmavuotoa ikkunaliittymästä luokkatilassa 104.



Kuva 35
Lattialista poimuttunut laatan painumisen johdosta luokkatilassa 104. Merkittävää ilmavuotoa alapohjan ja ulkoseinän liittymäkohdasta.

5.3.4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Rakennuksen puurakenteiset ulkoseinärakenteet on toteutettu suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Rakenneaivausten perusteella ulkoseinärakenteet ovat yleisesti toimivia ja vaurioitumattomia.

Ulkoseinärakenteissa todettiin paikallinen, aistinvaraisesti havaittava kosteusvaurio keittiön astianpesukonelinjaston kohdalla. Vauriot ovat aiheutuneet astianpesulinjaston kohdalla havaitusta lattia- ja seinän vedeneristepuutteista ja epätiiveyskohdista.

Ulkoseinien eristeiden mikrobinäyteanalyysien tulosten perusteella seinäeristeet ovat pääosiltaan vaurioitumattomia. Materiaalinäytteiden analyysivastausten perusteella mikrobivaurioita esiintyy astianpesulinjaston kosteusvaurioalueen kohdalla sekä paikallisesti naulakkotilan 102 ja opettajan huoneen päätyseinien mineraalivillaeristeessä.

Merkkiainekokeissa todettiin pistemäisiä, mutta toistuvia ilmavuotokohtia ulkoseinän liittymärakenteissa sekä läpiviennissä, mitkä ovat tyypillisiä vielä 2000-luvun alun rakennuksissa. Merkittävä ilmavuoto todettiin luokassa 104, jossa alapohjarakenteessa todettiin painumaa.

Toimenpide-ehdotukset

Astianpesulinjaston vastainen seinä tulee uusia kokonaisuudessaan erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti. Korjauksissa tulee poistaa kaikki vaurioitunut rakennusmateriaali. Seinän vedeneristyksen limitys lattian vedeneristykseen tulee toteuttaa huolellisesti, lattiapinnoitetta avattava tarvittavassa laajuudessa ja betonirakenne on kuivattava ennen uudelleenpinnoitusta.

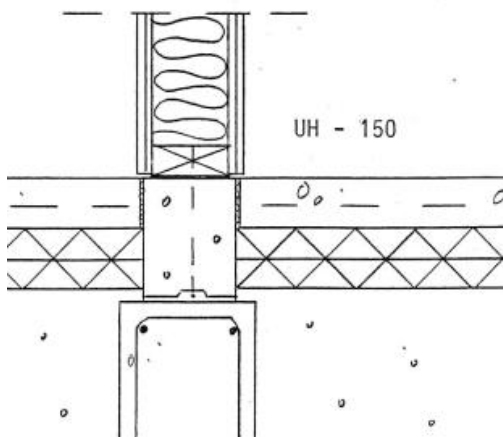
Mikrobinäytteiden tulosten perusteella suositellaan myös naulakkotilan 102 päätyseinän mineraalivillaeristeiden uusimista ikkunan alapuoliselta alueelta ulkokautta. Ulkoseinän mineraalivillaeeristeet suositellaan uusittavaksi myös opettajan huoneen päätyseinällä, ikkunan alapuolisella osuudella.

Luokan 104 ulkoseinä- ja alapohjaliittymät suositellaan tiivistettäväksi erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

5.4 Väliseinät ja sisäpuoliset pintarakenteet

5.4.1 Sijainti ja rakenne

Rakennesuunnitelmien mukaan väliseinät ovat kevytrakenteisia, kipsilevyverhottuja väliseiniä. Väliseinärakenteessa on käytetty kaksinkertaista kipsilevytystä seinän molemmiin puolin. Luokkatilojen ja käytävän välinen seinä on kantava ja lähtee omalta anturalta. Anturan päällä on kevytsoraharkko ja kevytsoraharkon ja alaohjauspuun väliin on asennettu bitumikermi.



Kuva 36
Kantavat väliseinät lähtevät oman anturan päältä. Kevytsoraharkon ja alaohjauspuun väliin on asennettu bitumihuopa kapillaarikatkoksi.

5.4.2 Havainnot

Väliseinien rakennetta tarkasteltiin kahdesta eri kohdasta. Toinen tarkastelu tehtiin ruokalan ja käytävän väliselle väliseinälle ja toinen käytävän ja luokkahuoneen 106 väliselle väliseinälle. Väliseinärakenteet vastasivat alkuperäisiä rakennesuunnitelmia.

Luokkatilan 106 ja opettajanhuoneen 107 välisen väliseinän ja ulkoseinän liittymäkohdassa havaittiin halkeama, jonka havaittiin vaikuttavan tilojen väliseen ääneneristävyyteen heikentävästi.



Kuva 37
Väliseinän rakennetta tarkasteltiin luokkahuoneen 106 vastaisella seinällä.



Kuva 38
Opettajanhuoneen ja luokkatilan 106 välisen väliseinän ja ulkoseinän liittymässä selvä rako.

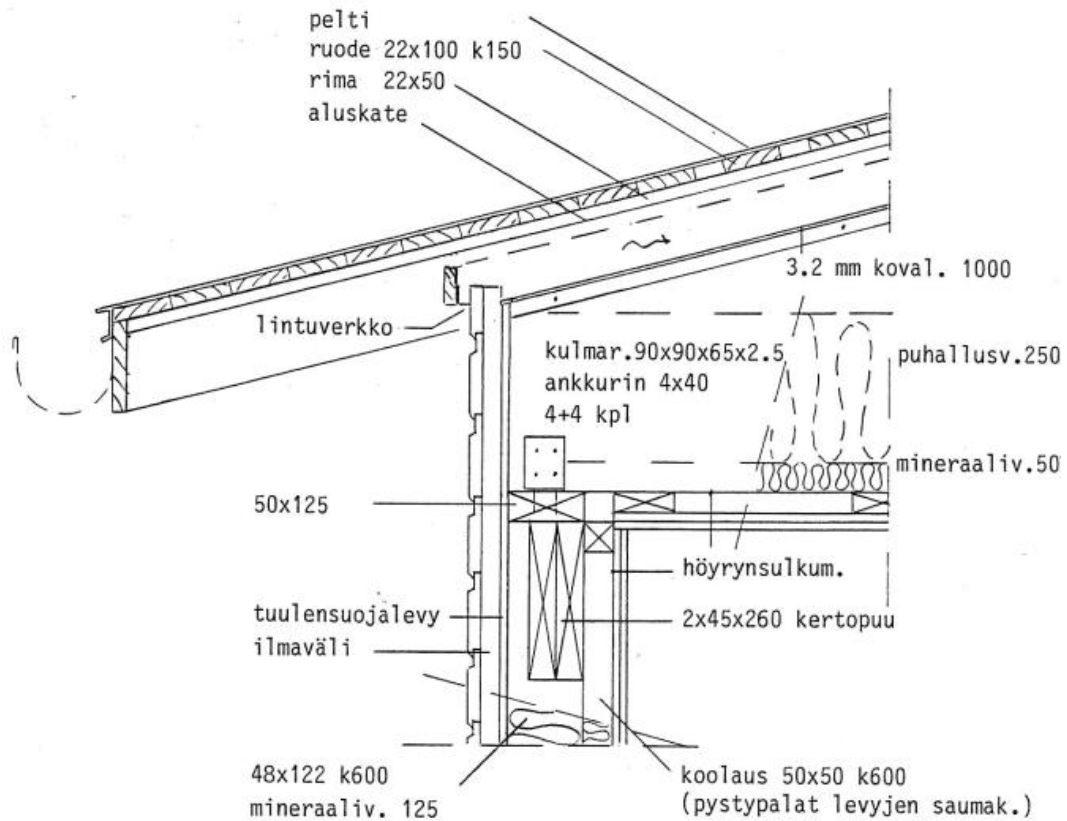
5.4.3 Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset

Luokkatilojen väliseinien liitokset ulkoseinärakenteisiin ovat paikoitellut epätiivit, jolloin äänen siirtyminen tilasta toiseen ilmayhteyden välityksellä on mahdollista ja seinän ääneneristävyys heikentyy. Äänieristävyttä tulee parantaa tarvittaessa.

6 Yläpohja ja vesikatto

6.1 Rakenne

Rakennuksen vesikatto on puurakenteinen ja vesikatteena on peltikate. Yläpohjassa eristeenä on käytetty puhallus- ja mineraalivillaa. Vesikaton alkuperäinen rakenneleikkaus on esitetty alla olevassa kuvassa.



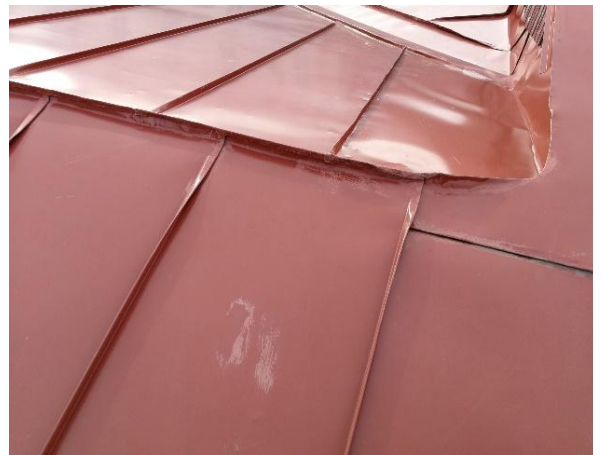
Kuva 39
Vesikaton alkuperäinen rakenneleikkaus.

6.2 Havainnot

Vesikatteen maalipinnoite on hyväkuntoinen. Yläpohjan aistinvaraisessa tarkastelussa ei havaittu merkittäviä puutteita tai vuotokohtia. Yläpohja on siisti ja hyväkuntoinen ja puuosat ovat kirkkaat. Yläpohjan tuuletus on toteutettu räystäiden sekä päätykolmioissa olevien tuuletusaukkojen kautta.



Kuva 40
Yleiskuvaa vesikatolta. Vesikate on hyväkuntoinen.



Kuva 41
Vesikatteen maalipinnoite on hyväkuntoinen.



Kuva 42
Yleiskuvaa yläpohjasta. Yläpohjatilän tuuletus-
vuudessa ei havaittu puutteita.



Kuva 43
Yläpohjan eristeenä on käytetty puhallusvillaä.



Kuva 44
Viemärin tuuletusputki on lämmöneristämättä
yläpohjassa.



Kuva 45
Yläpohjan tuuletus tapahtuu räystäiltä sekä pää-
tykolmioiden tuuletusaukoista.



Kuva 46
Ilmanvaihtokanavat ym. tekniikkaa kulkee käytä-
vätilassa, alakattojen yläpuolella.



Kuva 47
Ilmanvaihtokanavat ym. tekniikkaa kulkee käytä-
vätilassa, alakattojen yläpuolella.

6.3 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Rakennuksen vesikate ja yläpohja ovat aistinvaraisen arvioin perusteella hyväkuntoiset.

Toimenpide-ehdotukset

Yläpohjassa kulkevaa viemärin tuuletusputkea ei ole lämmöneristetty, ja sen eristämistä suositellaan.

7 Piha-alueet ja sadevesijärjestelmät

Rakennus sijaitsee rinteeseen juurella, mutta maanpinnan kallistukset ovat rakennuksen ympärillä tasaiset tai poispäin rakennuksesta. Perusmuurin vierustalle on asennettu asianmukainen sepelikaista ja kattovedet on ohjattu suoraan sadevesijärjestelmään. Rakennuksen ympäristät ovat pääosin nurmea, kiveystä ja asfalttia. Rakennuksen vierustalla on jonkin verran istutuksia.



Kuva 48
Rakennus sijaitsee rinteeseen juurella. Pinta- ja valumavedet eivät rasita rakennuksen sokkelirakenteita.



Kuva 49
Pääsisäänkäynnin yhteydessä katos ja kiveystä.



Kuva 50
Keittiösiiven edustalla pensaita rakennuksen vierustalla.

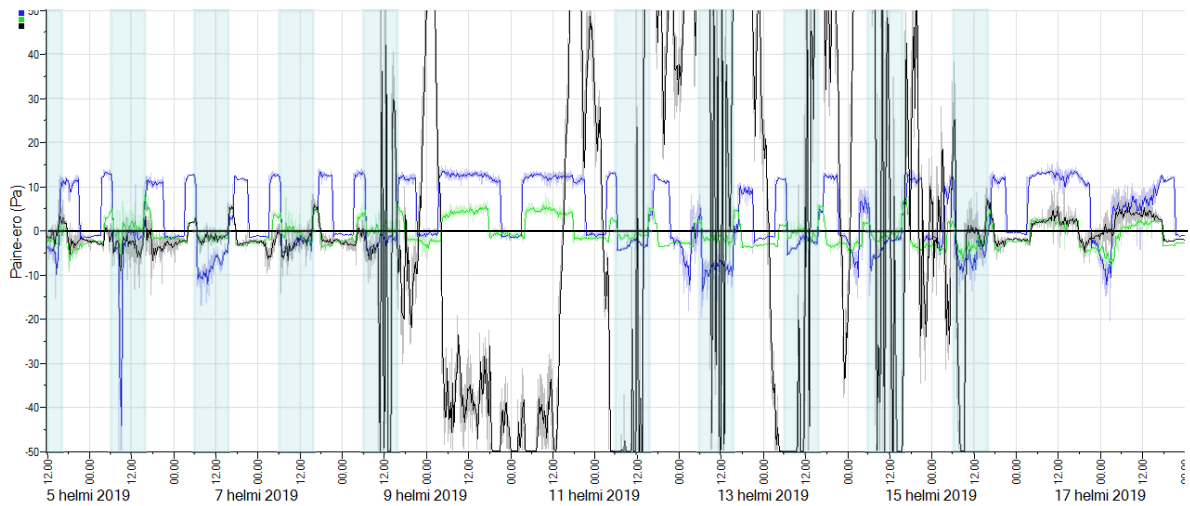
7.1 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Rakennuksen piha-alueet ja piha-alueiden vedenpoistojärjestelmät ovat yleisesti hyväkuntoisia eikä niissä havaittu puutteita.

8 Sisäilman paine-eromittausten tulokset

8.1 Mittaustulokset

Paine-eroa mitattiin jatkuvatoimisilla mittalaitteilla yhteensä kolmessa eri tilassa kahden viikon kestävässä mittauksena. Mittaukset suoritettiin ruokasaliin 116 sekä luokkahuoneisiin 104 ja 106. Tutkimusmenetelmät ja viitearvot on esitetty liitteessä 1.



Kuva 51

Sisäilman ja ulkoilman välisen paine-eromittauksen tulokset tutkituissa tiloissa. Sininen kuvaaja on ruokasalista 116, vihreä luokasta 106 ja musta luokasta 104. Arkipäivät klo 6:00 – 16:00 korostettuna kuvassa sinisellä.

Ruokasalissa (kuvaajassa sininen käyrä) paine-ero vaihtelee pääosin lievästi alipaineisen ja selvästi ylipaineisen välillä. Arkisin tilojen käytönaikana, noin klo 6:00 – 16:00, ruokasali on lievästi alipaineinen ulkoilmaan nähden, paine-eron vaihdella pääosin n. -5...0 Pascalin välillä. Käytön ajan ulkopuolella ruokasali on pääosin ylipaineinen, paine-eron ollessa noin 10...15 Pascalia. Ilmavaihtokoneen toiminnassa on havaittavissa muutos käytön ajan ulkopuolella noin klo 20:00 – 3:00, jolloin alipaineisuus kasvaa selvästi.

Luokan 106 (kuvaajassa vihreä käyrä) painesuhteet mukailevat ruokasalista mitattuja painesuhteita ja ilmanvaihdon käyntiajat ovat tiloissa yhtenevät. Luokassa 106 alipaineisuus vaihtelee tilojen käytön aikana pääosin -5...0 Pascalin välillä ja käytön ajan ulkopuolella painesuhteet vaihtelevat alipaineisesta ylipaineiseen, paine-eron vaihdella -5...5 Pascalin välillä.

Luokassa 104 (kuvaajassa musta käyrä) painesuhteet vaihtelevat voimakkaasti 8.2.2019 jälkeen, mikä on voinut aiheutua mittausetkun tukkeutumisesta tai muusta ulkopuolisesta tekijästä. Ennen tätä luokkatilaa on koko ajan pääosin alipaineinen, paine-eron vaihdella -5...0 Pascalin välillä.

8.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Paine-eron mittauksissa havaittiin muutoksia ilmanvaihdon käynnissä noin klo 6:00, 16:00, 20:00 ja 3:00. Tilojen käytön aikana tilat ovat pääosin alipaineiset, mutta käytönajan ulkopuolella ruokailutila muuttuu ylipaineiseksi aikavälillä 16:00 – 20:00 ja uudelleen klo 3:00 – 6:00. Ylipaineisuutta oli havaittavissa myös luokkatilassa 106. Käytön aikana tiloissa on keskimäärin -5...0 Pascalia alipainetta.

Toimenpide-ehdotukset

Suoritettujen jatkuvatoimisten paine-eromittausten perusteella suositellaan ilmanvaihdon käyntiaikojen tarkastamista ja ilmamäärien säätämistä siten, että tilojen ylipaineisuutta käytön ajan ulkopuolella saadaan pienennettyä.

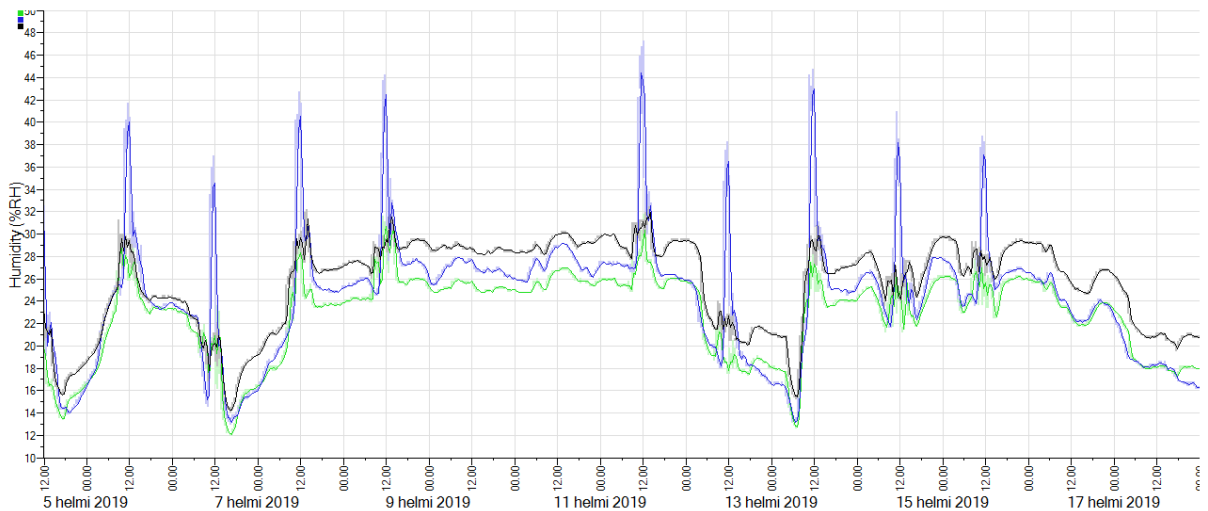
9 Sisäilman olosuhdemittaukset

9.1 Mittaustulokset

Sisäilman suhteellista kosteutta, lämpötilaa ja hiilidioksidipitoisuutta mitattiin jatkuvatoimisilla mittalaitteilla yhteensä kolmessa eri tilassa kahden viikon ajan. Tutkimusmenetelmät ja viitearvot on esitetty liitteessä 1.

9.1.1 Suhteellinen kosteus

Alla olevassa kuvaajassa on esitetty sisäilman suhteellisen kosteuden mittaustulokset.



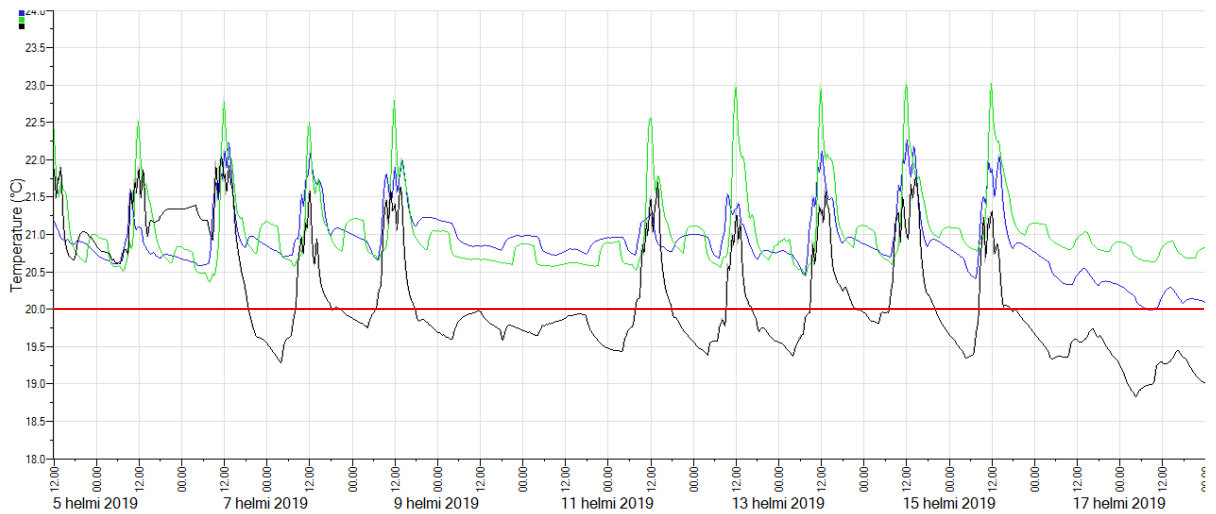
Kuva 52

Sisäilman suhteellinen kosteus tutkituissa tiloissa. Sininen kuvaaja on ruokasalista 116, vihreä luokasta 106 ja musta luokasta 104.

Sisäilman suhteellisen kosteuden mittaustulokset ovat asianmukaisella tasolla. Ruokasalin mittaustuloksessa korostuvat ruokailusta aiheutuva kosteuslisä.

9.1.2 Lämpötila

Alla olevassa kuvaajassa on esitetty sisäilman lämpötilan mittaustulokset.



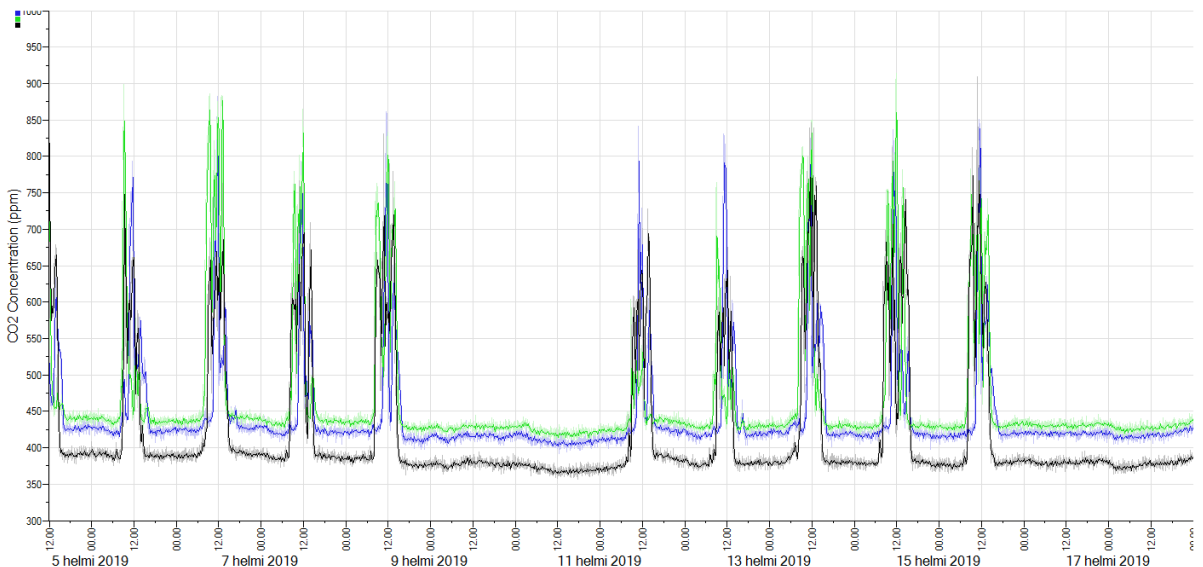
Kuva 53

Sisäilman lämpötila tutkituissa tiloissa. Sininen kuvaaja on ruokasalista 116, vihreä luokasta 106 ja musta luokasta 104. Punaisella viivalla esitetty Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja 20 °C.

Saatujen mittaustulosten perusteella luokkahuone 104 on hieman viileämpi kuin ruokasali tai luokka 106 ja Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja (20 °C) lämmityskaudella alittuu käytön aikana etenkin aamuisin. Lämpötilaa suositellaan nostettavaksi luokkatilassa 104.

9.1.3 Hiilidioksidipitoisuus

Alla olevassa kuvaajassa on esitetty sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittaustulokset.



Kuva 54

Sisäilman hiilidioksidipitoisuus tutkituissa tiloissa. Sininen kuvaaja on ruokasalista 116, vihreä luokasta 106 ja musta luokasta 104.

Saatujen mittaustulosten perusteella sisäilman hiilidioksidipitoisuudet mitatuissa luokissa ovat asianmukaisella tasolla (toimenpideraja 1550 ppm). Käytönaikana hiilidioksidipitoisuudet vaihtelivat pääasiassa välillä 380...850 ppm.

9.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Suoritetujen sisäilman olosuhdemittausten perusteella sisäilman olosuhteet ovat asianmukaisella tasolla lämpötilan, suhteellisen kosteuden sekä hiilidioksidipitoisuuden osalta. Ainoastaan luokassa 104 sisäilman lämpötila oli hieman alhainen.

Toimenpide-ehdotukset

Sisäilman lämpötilaa luokassa 104 suositellaan nostettavaksi toimenpiderajan (20 °C) yläpuolelle.

10 VOC-näytteet

VOC-näytteitä otettiin sisäilmasta kaksi kappaletta ja lisäksi otettiin kolme muovimatto- ja kaksi betoniemissionäytettä. VOC-emissionäytteitä eli niin kutsuttuja BULK-näytteitä otettiin sekä muovimattopinnoitteesta että sen alapuolisesta betonilaatasta. Samasta kohdasta, muovimattopinnoitteesta ja betonista otettuja näytteitä otettiin ruokasalista ja luokasta 105. Näytteet otettiin kohdista, joissa pintakosteudenilmaisimella havaittiin poikkeavaa kosteutta. Lisäksi muovimatosta otettiin yksi vertailunäyte kuivemasta kohdasta, luokkatilasta 104. Sisäilman VOC-näytteitä otettiin ruokasalista ja luokasta 105.

Tarkemmat tiedot laboratorion käyttämästä tutkimusmenetelmästä esitetään laboratorion (Mikrobioni Oy) testausselostuksessa liitteessä 4.

10.1 Materiaalien VOC-emissiot (BULK)

Emissionäytteet otettiin ruokasalista muovimatosta ja sen alapuolisesta betonista, luokasta 105 muovimatosta ja sen alapuolisesta betonista sekä luokasta 104 muovimatosta.

10.1.1 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Saatuja tuloksia verrataan Työterveyslaitoksen asettamiin viitearvoihin. Viitearvot perustuvat Työterveyslaitoksen asiakas- ja seurantanäytteiden BULK-emissioihin (*Lähde: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>*). Emitoituvien päästöjen määrä kerrotaan yksikössä $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$.

Muovimattojen osalta viitearvot riippuvat muovimatossa käytetystä pehmittimestä. Tulosten perusteella on oletettavaa, että pehmittiminä on käytetty C9-alkoholia sisältävää pehmittintä, jolloin muovimaton raja-arvot ovat seuraavat.

Taulukko 1

Työterveyslaitoksen esittämät viitearvot BULK-emissioista muovimatoille, kun pehmittiminä on käytetty di-isononyliheksahydroftalaattia, di-isononyliftalaattia tai di-isodekyyliftalaattia.

Muovimatto	
TVOC, $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$	500
2-Etyyli-1-heksanoli, $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$	50
C9-alkoholit	320

Tasoitteelle ja betonille raja-arvot ovat erisuuruiset ja ne on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2

Työterveyslaitoksen esittämät viitearvot BULK-emissioista tasoitteille ja betonille.

Tasoite ja betoni	
TVOC, $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$	50
2-Etyyli-1-heksanoli, $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$	40

10.1.2 Mittaustulokset

Muovimatosta otettiin näytteet ruokasalissa 116, luokassa 105 ja luokassa 104. Betonista otettiin näytteet samasta kohdasta kuin ruokasalissa ja luokassa 105. Betonista otetut näytteet otettiin noin 0...20 mm syvyydestä. Tulokset analysoitiin Mikrobioni Oy:n laboratoriossa Kuopiossa. Näytteenottokohdat on merkitty tunnuksella BULK liitteessä 1 olevaan pohjakuvaan ja laboratorion testausseleste on esitetty liitteessä 4. TVOC-tuloksen mittaasepävarmuus on ilman näytteenottoa 34 % ja yksittäisten, tolueeniekvivalenttina määritettyjen yhdisteiden mittaasepävarmuus on yleisesti suurempi.

Taulukossa 3 on esitetty näytteiden VOC-emissiotulokset TVOC-kokonaispitoisuuden ja 2-etyyli-1-heksanolin osalta.

Taulukko 3

VOC-emissionäytteiden tulokset.

	TVOC, $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$	2-Etyyli-1-heksanoli, $\mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$
BULK1, ruokailusali, muovimatto + tasoite	190	36
BULK2, ruokailusali, betoni	58	4,6
BULK3, luokka 105, muovimatto + tasoite	210	5,2
BULK4, luokka 105, betoni	110	1,9
BULK5, luokka 104, muovimatto + tasoite	77	3,2

Tuloksista voidaan havaita, että kokonais-VOC-määrä eli TVOC ylittää vertailuarvon näytteen BULK2 osalta ja näytteen BULK4 osalta, jotka molemmat ovat betonista otettuja emissioäytteitä. Vertailuarvo $50 \mu\text{g}/(\text{m}^3\text{g})$ ylittyy selvemmin näytteen BULK4 osalta. Mittaasepävarmuus huomioiden myös näytteen BULK1 2-etyyli-1-heksanoli-pitoisuus on koholla.

10.2 VOC-ilmanäytteet

Ruokasalista 116 ja luokkatilasta 105 otettiin sisäilmasta VOC-näytteet.

10.2.1 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpideraja on huoneilmassa $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. On huomioitava, että pienempikin pitoisuus voi aiheuttaa oireilua. Toimenpiderajan ylitys voi johtua myös yhdisteistä, joista ei ole todettua terveyshaittaa, eikä se tällöin johda jatkotoimenpiteisiin. Kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittyminen edellyttää yksittäisten yhdisteiden merkityksen selvittämistä. Minkä tahansa haihtuvan orgaanisen yhdisteen (VOC) huoneilman tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toi-

menpideraja on 50 µg/m³, jolla tarkoitetaan minkä tahansa tunnetun tai tuntemattoman orgaanisen yhdisteen pitoisuutta sisäilmassa, ellei yhdisteelle ole omaa toimenpiderajaa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III). Seuraavaan taulukkoon on koottu Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaiset toimenpiderajat yksittäisille yhdisteille.

Taulukko 4

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen toimenpiderajat yksittäisille yhdisteille tolueenivasteella laskettuna. *Ei saa esiintyä naftaleeniin viittaavaa hajua

Yhdiste	Toimenpideraja (µg/m ³)
TVOC	400
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyyraatti (TXIB)	10
naftaleeni*	10
styreeni	40
mikä tahansa yksittäinen orgaaninen yhdiste	50

10.2.2 Mittaustulokset

Ruokasalista ja luokasta 105 otettujen sisäilman VOC-näytteiden TVOC-pitoisuus sekä yksittäisten yhdisteiden, joille on annettu toimenpiderajat Asumisterveysoppaan soveltamisohjeessa, on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 5

Ruokasalista 116 ja luokasta 105 otettujen VOC-ilmanäytteiden tulokset.

Yhdiste	Ruokasali 116	Luokka 105
TVOC	15	17
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	0	0
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyyraatti (TXIB)	0	0
naftaleeni*	0	0
styreeni	1,0	0,4

Näytteissä ei esiintynyt toimenpiderajat ylittäviä pitoisuuksia kokonais-VOC:a tai yksittäisiä yhdisteitä. Pitoisuudet olivat alhaisia. Ruokasalissa tai luokassa 105 ei havaittu sisäilmassa muovimaton tai sen kiinnitysliiman kemialliseen hajoamiseen viittaavia hajuja.

10.3 Johtopäätökset

Ruokasalin ja luokan 105 betonilaatasta otetuissa näytteissä esiintyy vertailuarvot ylittävät määrät kokonais-VOC:eja (TVOC).

Korkea TVOC-pitoisuus ja yksittäisten yhdisteiden korkeat pitoisuudet voivat johtua monesta eri tekijästä tai niiden yhdistelmästä. Lattiapinnoitteena käytetty muovimatto voi itsessään olla VOC-päästöjen lähde tai niitä voi syntyä muovimaton tai sen kiinnitysliiman kemiallisen vaurioitumisen johdosta. Kemiallinen vaurioituminen voi alkaa, mikäli muovimattopinnoitteen alapuolinen suhteellinen kosteus nousee riittävän korkealle. Yleisesti suunta-antavana raja-arvona pidetään 75 %RH:n kosteutta, mutta vaurioituminen riippuu myös kosteusaltistuksen kestosta sekä lattiatasoinnusta/betonilaatan alkalisuudesta sekä itse muovimattopinnoitteesta ja sen kiinnitysliimasta. Kosteus voi olla rakennusaikaista kosteutta tai maaperästä nousevaa kosteutta. Vaurioituminen voi jatkua, vaikka suhteellinen kosteus laskisi alhaisemmaksi.

Ruokasalista 116 ja luokasta 105 otettiin myös sisäilman VOC-näytteet, joiden tuloksissa ei todettu kohonneita pitoisuuksia eikä toimenpiderajat ylittyneet TVOC-arvojen tai yksittäisten yhdisteiden osalta. Ruokasalissa tai luokkatiloissa ei myöskään aistinvaraisesti ollut havaittavissa muovimaton tai sen kiinnitysliiman kemialliseen vaurioitumiseen viittaavaa hajua. Betonilaatassa esiintyvät kohonneet TVOC-pitoisuudet eivät ole päässeet kulkeutumaan tiiviin muovimattopinnoitteen läpi sisäilmaan. Muovimatossa tai sen alapuolisessa liima-aineessa ei analyyseissa todettu viitteitä vaurioista.

Toimenpide-ehdotukset

Kosteusmittausten ja VOC-tutkimusten perusteella suositellaan, että ruokailusalin 116 muovimattopinnoitteet uusitaan. Pinnoitteiden alapuoliset liima- ja tasoiteaineet poistetaan jyrsimällä puhtaaseen betonipintaan saakka. Mikäli jyrsimän jälkeen betonilaatassa esiintyy kohonneita VOC-yhdisteiden pitoisuuksia, suositellaan betonirakenteiden kapselointia.

11 Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitujen laskenta

11.1 Havainnot ja mittaukset

Teollisten mineraalikuitujen esiintymistä tutkittiin kahden viikon laskeuma-aikana laskeumalevyille kerääntyneestä pölystä geeliteippi-menetelmällä kahdessa tilassa. Laskeuma-aika oli 4.2. – 18.2.2019. Tutkimusmenetelmät ja viitearvot on esitetty liitteessä 1. Näytteenottokohdat on merkitty liitteessä 2 olevaan pohjakuvaan.

Taulukossa 6 on esitetty kuitulaskentanäytteiden tulokset. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen toimenpideraja 14 vrk:n laskeumasta on 0,2 kuitua/cm².

Taulukko 6
Kuitulaskeumanäytteiden tulokset.

Näyte	Näytteen kertymä-aika	Kuitua / cm ²
MVL1, Luokka 104, kaapin päältä	14 vrk	< 0,1
MVL2, Luokka 106, kaapin päältä	14 vrk	0,1

11.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa määritetty toimenpideraja (0,2 kuitua/cm²) alittuu molemmissa näytteissä. Tulosten perusteella voidaan todeta, ettei tutkituissa tiloissa ole mineraalikuituongelmaa.

12 Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä

12.1 Johtopäätökset

Sisäilman laadun kannalta merkittävimmät tekijät ovat ilmanvaihdon epätasapaino sekä ulkoseinä- ja alapohjarakenteissa havaitut paikalliset ilmapuoretit rakenteista. Keittiön astianpesulinjaston vastaisella ulkoseinällä on lisäksi näkyviä kosteus- ja mikrobivaurioita. Ilmanvaihdon käyntiajat ja ilmamäärät tulee tarkastaa ja säätää siten, että paine-erot sisä- ja ulkoilman välissä saadaan tasapainotettua lähemmäksi 0 Pascalia.

Ruokailusalin muovimattopinnoitteet suositellaan uusittavaksi pinnoitteen alla todettujen kohonneiden kosteuspitoisuuksien sekä betonilaatassa esiintyvien kohonneiden VOC-pitoisuuksien vuoksi.

12.2 Suositeltavat toimenpiteet

Alapohjarakenteet

- Ruokailutilan ja astianpesutilan lattiapinnoitteiden uusinnat tarvittavassa laajuudessa
- Viemärien ja vesijohtoputkien läpivientien tiivistys luokkatiloissa
- Wc-tilassa 110 havaitun paikallisen kosteusalueen korjaaminen (viemärin tuuletusputki)

Ulkoseinärakenteet

- Ulkoseinärakenteen ja vedeneristeen korjaaminen keittiössä, astianpesulinjaston vastaisella seinällä ja lattiasa erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti
- Naulakkotilan 102 ja opettajanhuoneen 107 ulkoseinärakenteiden mineraalivillaeristeiden uusiminen paikallisesti ikkunarakenteiden alapuolelta
- Luokkatilassa 104 alapohja- ja ulkoseinäliittymien tiivistäminen

Väliseinärakenteet

- Ei suositeltavia toimenpiteitä

Yläpohjarakenteet

- Viemärin tuuletusputken eristäminen

Ilmanvaihtojärjestelmät

- Ilmamäärien säätäminen ja ilmanvaihdon tasapainottaminen tilojen paine-erojen pienentämiseksi

12.3 Korjaussuunnittelussa ja -työssä huomioitavaa

Tehdyt jatkotoimenpidesuosituksukset ovat korjaussuunnittelun lähtötietoja, eikä niitä voi käyttää korjaussuunnitelmana. Varsinaiset korjaussuunnitelmat tulee laatia kosteusvaurioiden korjauksiin erikoistuneen suunnittelijan toimesta. Korjaussuunnittelijan tulee varmistaa lähtötietojen kattavuus ja esittää mahdolliset jatkotutkimustarpeet korjauksien onnistumisen varmistamiseksi.

Kosteusvaurioituneiden rakenteiden purkutöissä syntyvien epäpuhtauksien leviäminen muihin tiloihin tulee estää riittävällä suojauksella (purkutyöalueen osastointi muoviseinin ja alipaineistus) sekä huolehdittava työntekijöiden suojauksesta.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutöissä on huomioitava työturvallisuuslain 738/2002 sekä Valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 säännöt. Korjaustöiden suorittamisesta on laadittu Ratu-kortti 82-0383 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku.

Ennen korjauksiin ryhtymistä tulee selvittää kattavasti asbesti- ja haitta-aineiden esiintyminen rakennuksessa. (Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015)

13 Päiväys ja allekirjoitukset

Tampereella 2.4.2019


A-Insinöörit Suunnittelu Oy



Rkm Timo Ekola
Projektipäällikkö
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen



DI Eeva Jokinen,
Projekti-insinööri, sisäilmatutkija
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen



Ins. (AMK) Saija Korpi
Erityisasiantuntija, RTA (C-22375-26-16)
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen

25.3.2019

SISÄLLYSLUETTELO

1	Mittalaitteiden kalibrointi	3
2	Pintakosteuskartoitus	3
2.1	Tutkimusvälineet	3
2.2	Tulosten tulkinta	3
2.3	Epävarmuustarkastelu	4
3	Rakennekosteusmittaukset	4
3.1	Viiltomittaus	4
3.1.1	Tutkimusvälineet	4
3.1.2	Tulosten tulkinta	4
3.1.3	Epävarmuustarkastelu	4
4	Rakenneavaukset	4
4.1	Yleistä	5
4.2	Kalusto	5
4.3	Tulosten tulkinta	5
4.4	Epävarmuustarkastelu	5
5	Rakenteiden tiiveyskoe (merkkiainetutkimus)	5
5.1	Mittauksen suoritus	5
5.2	Tutkimusvälineet	6
5.3	Tulosten tulkinta	6
5.4	Epävarmuustarkastelu	6
6	Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset	6
6.1	Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitujen laskenta	6
6.1.1	Näytteenotto	6
6.1.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	7
7	Pitkäaikaiset paine-eromittaukset	7
7.1	Tutkimusvälineet	7
7.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	7
8	Sisäilman lämpötila	7
8.1	Tutkimusvälineet	7
8.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	8
9	Sisäilman suhteellinen kosteus	10
9.1	Tutkimusvälineet	10
9.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	10
10	Sisäilman hiilidioksidi	11
10.1	Tutkimusvälineet	11
10.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	11
11	Materiaalien mikrobianalyysit	11
11.1	Materiaalinäytteenotto	11
11.2	Tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä	11

12	Materiaalien VOC-emissiot (BULK)	12
12.1	Tutkimusmenetelmä	12
12.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	12
13	Sisäilman VOC-näytteet	13
13.1	Tutkimusvälineet	13
13.2	Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot	13

1 Mittalaitteiden kalibrointi

Mittalaitteet on kalibroitu noin vuoden välein. Tämä koskee seuraavia mittalaitteita:

- Gann Hydromette UNI1 ja UNI2 -pintakosteudenosoittimet ja B50/LB70 -mittausanturit
- Vaisala HM40 ja HM41 -mittalaitteet ja HMP40S, HM42 Probe ja HMP42 mittapäät (rakennekosteusmittaukset)
- Testo 435-4 -yhdistelmämittari
- Testo 512 -paine-eromittari
- Tinytag TGPR-0704 ja TGC-0046 (paine-eron seurantamittaukset)
- Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505 (sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset)
- Tinytag TGE-0010 (sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset)
- Andersen-keräimen ilmapumppu (lisäksi ultraäänipesu kalibroinnin yhteydessä)

Noin viiden vuoden välein kalibroidaan:

- Retrotec-ovipuhallinlaitteisto (valmistajan kalibrointi 12/2014)
- Retrotec DM32 -paine-eromittari (valmistajan kalibrointi 12/2014)

Kalibrointitodistukset saa nähtäville niitä erikseen pyydettyessä.

2 Pintakosteuskartoitus

Pintakosteuskartoitus on ainetta rikkomaton ja suuntaa antava menetelmä, jossa tutkitaan lattia-, katto- ja seinäpinnoilta ns. poikkeama-alueita. Korkeat pintakosteudenosoittimen lukemat saattavat viitata kosteuteen rakenteissa. Mittaus on rakenteita rikkomaton ja nopea, mutta myös virhealtis.

2.1 Tutkimusvälineet

Pintakosteusmittaukset rakenteiden pinnoilta suoritettiin Gann Hydrotest LG1, LG2 tai LG3 -pintakosteudenosoittimilla ja B50/LB70/LB71 -mittausantureilla.

2.2 Tulosten tulkinta

Pintakosteudenosoittimien näytössä esiintyvät lukuarvot ovat välillä 0...199. Betonirakenteissa normaali lukuarvo vaihtelee yleensä välillä 50...90. Havaintojen tulokset ovat suuntaa antavia vertailuarvoja, jotka riippuvat rakenteen kosteuspuiteisuuden lisäksi myös materiaaleista ja niiden kerrospaksuuksista. Tutkittavan alueen pintakosteuslukemia tulisi aina siksi verrata mahdollisuuksien mukaan ns. referenssialueeseen, jossa rakenteet ovat samanlaisia kuin tutkittavalla alueella. Mittalaite mittaa kosteuspuiteisuutta koko mittausvytyydeltä, eikä sen perusteella voida eritellä kosteuspuiteisuutta eri syvyyksillä. Pelkän pintakosteudenosoittimen lukemien perusteella ei tule tehdä päätöksiä purkutöistä, vaan rakennekosteusepäilyt tulee tarvittaessa tarkistaa luotettavammalla tutkimusmenetelmällä, esim. rakennekosteus- tai viiltomittauksella.

2.3 Epävarmuustarkastelu

Pintakosteudenosoittimella voidaan paikoittain saada vertailuarvoista poikkeavia tuloksia, jotka saattavat johtua esim. rakenteellisesta poikkeamasta, metallia sisältävästä tasoitteesta, raudoitteesta, kaapeleista, ym. Virhettä mittaukseen voi aiheuttaa mittapään asennon vaihtelu suhteessa mitattavaan pintaan sekä mittajaan kosketus mitta-anturiin. Mittapäätä ei myöskään saa viedä n. 5 cm lähemmäksi nurkkaa, jolloin anturi mittaa sähkönjohtavuutta kahdesta eri pinnasta. Tutkimusmenetelmän käyttö edellyttää harjaantumista ja kykyä tulkita pintakosteudenosoittimen lukemia. Mittalaitteella voidaan melko nopeasti tutkia laajoja alueita ja havaita siellä olevia mahdollisia poikkeamia. Kelluvilla lattiapinnoitteilla, kuten laminaatilla, mittaus ei ole luotettava.

3 Rakennekosteusmittaukset

3.1 Viiltomittaus

Mittauksella tutkitaan lattiapinnoitteen, kuten muovimaton alapuoliseen liimapintaan kohdistuva kosteusrasitusta. Mittauksessa pinnoitteeseen tehdään viilto ja sitä irrotetaan hieman esim. taltalla. Viillon kautta pieni mittapää työnnetään pinnoitteen alle. Tämän jälkeen lattiapinnoitteen viiltokohta tiivistetään vesihöyrytiivillä kitillä. Mittapään tasaantumisaika on n. 20 minuuttia. Lisätietoa mittauksesta löytyy RT-kortista 14-10984.

3.1.1 Tutkimusvälineet

Sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila ja lattiapinnoitteen alle tehdyt suhteellisen kosteuden mittaukset tehtiin Vaisala HMI41 -mittalaitteella ja HMP42 mittapäällä.

3.1.2 Tulosten tulkinta

Mittausten tarkoituksena on selvittää, ylittyykö lattiapinnoitteen alla useimpien mattoliimojen kriittisenä pidettävä suhteellisen kosteuden arvo, joka on 85 %. Suhteellinen kosteus lattiapäällysteen alla liimatilassa ei saa pitkäksi aikaa nousta yli tämän arvon. Vanhemmissa lattiapinnoitemateriaaleissa suhteellisen kosteuden arvo lattiapinnoitteen alla olisi suositeltavaa olla alle 75 %, jotta voitaisiin olla varmoja liiman ja pinnoitteen kunnosta.

Lattiapinnoitteen viiltomittauksessa on hyödyllistä tehdä myös aistinvaraiset tarkastelut: Kun lattiapinnoitetta avataan mittapäätä varten, tulee tehdä havaintoja liiman tartunnasta, koostumuksesta, väristä ja hajusta. Mittaushetkellä kosteutta ei välttämättä enää ole, mutta viitteet siitä yleensä säilyvät.

3.1.3 Epävarmuustarkastelu

Mittapään HMP42 mittaustarkkuus on ± 2 % RH kun suhteellinen kosteus on < 90 %. Suhteellisen kosteuden ollessa > 90 % mittaustarkkuus on ± 3 % RH. Mittausmenetelmällä on suositeltavaa tehdä riittävän monta mittauspistettä. Tällöin saadaan kattavasti rajattua alueet, joilla on poikkeavaa kosteuspitoisuutta. Referenssimittaukset ovat olennainen osa mittausta, joilla selvitetään rakenteen ns. normaalitila. Mittausmenetelmää voidaan pitää tarkkana.

4 Rakenneavaukset

Rakenneavauksia tehdään rakennetyyppien selvittämiseksi ja rakenteen kunnan tarkistamiseksi. Samassa yhteydessä rakenteille voidaan tehdä kosteusmittauksia ja tarpeen mukaan ottaa materiaalinäytteitä haitta-aine- tai mikrobianalyysiä varten.

4.1 Yleistä

Kattavan rakenteellisen kuntotutkimuksen yksi perustehtävä on rakenneavaukset. Avauksia tarvitaan, jotta rakenteen tiiveyttä, kosteusfysikaalista toimintaa, kuntoa ja toteutustapaa voidaan tutkia kattavasti. Yleensä rakenneavauksilla tutkitaan myös mahdollisten mikrobivaurioiden laajuutta ja vakavuutta. Rakennusmateriaalin mikrobivaurioista on kerrottu lisää kohdassa materiaalien mikrobianalyysit.

4.2 Kalusto

Rakeneavaukset betonirakenteisiin tehdään pääsääntöisesti $\varnothing 8 \dots 28$ mm iskuporakoneella ja $\varnothing 52 \dots 100$ mm timanttikorakoneella (kuivaporaus). Levyrakenteiden rakenneavaukset tehdään käsityökaluin, monitoimityökalulla tai reikäsahalla. Isommat rakenneavaukset betonirakenteisiin teetetään tarvittaessa ulkopuolisella toimijalla.

4.3 Tulosten tulkinta

Rakeneavausten yhteydessä materiaalien vaurioita voidaan arvioida aistinvaraisesti tai rakennekosteusmittauksin, mutta rakenteen vaurioitumisesta saadaan varmuus materiaalinäytteen mikrobianalyysillä. Rakeneavauksen yhteydessä selvitetään rakenteen mahdollisia ilmavuotoreittejä sisäilmaan, joka on olennainen osa rakenteen mikrobivaurion vaikutuksesta sisäilman laatuun.

4.4 Epävarmuustarkastelu

Rakeneavausten sijainti ja lukumäärä on olennainen osa tutkimuksen kattavuutta ja luotettavuutta. Rakenteelliset poikkeamat saattavat aiheuttaa väärän tulkinnan mahdollisten vaurioiden laajuudesta tai rakenteiden toteutustavasta. Joskus vanhat rakenteet on korjattu vain osittain, joka voi vaikeuttaa rakenteiden toteutustavan selvittämistä, mutta vaikeuttaa myös vaurioiden paikallistamista ja niiden laajuuden selvittämistä.

5 Rakenteiden tiiveyskoe (merkkiainetutkimus)

Merkkiainetutkimus on ulkoseinä-, alapohja-, yläpohja- ja välipohjarakenteiden tiiveyden tutkimista. Merkkiainetutkimusten avulla selvitetään rakenteiden ilmatiiveyttä sekä rakenteissa mahdollisesti olevien epäpuhtauksien tai radonin kulkeutumisreittejä sisätiloihin. Merkkiainetutkimuksella voidaan tutkia rakenteiden tiiveyttä eri tavoitetasoilla. Lisätietoa tutkimuksesta löytyy RT-kortista 14-11197.

5.1 Mittauksen suoritus

Tutkittavaan tilaan pyritään saamaan n.10 Pa alipaine tutkittavaan rakenteeseen nähden. Alipaineen luomiseksi tilaan voidaan asentaa ovipuhallinlaitteisto, joka ylläpitää tavoiteltua paine-eroa automaattisesti tutkittavaan rakenteeseen nähden. Alipainetta voidaan luoda myös muilla erillisillä alipaineistuspuhaltimilla tai rakennuksen omilla ilmanvaihtolaitteistoilla. Paine-eroa seurataan lisäksi erillisellä paine-eromittarilla.

Kaasunsyöttöpiste- ja paine-eromittauspisteet tiivistetään vesihöyrytiivillä kitillä ja niiden ja kaasunsyöttölaitteiston tiiveys tarkistetaan ennen tutkimusta. Merkkiainetutkimuksessa merkkiaineikaasua johdetaan tutkittavan rakenteen sisään ja merkkiaineen kulkeutumista sisäilmaan tutkitaan rakenneliittymien ja läpivientien kautta kaasuanalysointorin avulla. Vuotopisteet ja -alueet merkitään, valokuvataan ja kirjataan ylös.

5.2 Tutkimusvälineet

Merkkiainekaasuna käytettiin Formier 5 -seoskaasua, jossa on 5 % vetyä ja 95 % typpeä ja on siten tiheydeltään ilmaa vastaava seos. Merkkiainekaasua syötettiin kaasupulloon liitetyllä virtaussäätimellä, jolla kaasun syöttömäärää voidaan säätää. Merkkiainevuotojen tutkimiseen käytettiin Inficon Sensistor XRS 9012 -merkkiaineanalysaattoria. Merkkiainelaitteanalysointilaitteen herkkyyttä voidaan säätää tasoille 1-10. Tutkimus suoritettiin pääsääntöisesti herkkyysasetuksella 5, mutta tarkemmassa paikallistamisessa tarvittaessa herkemmällä asetuksella. Paine-ero toteutettiin Retrotec-ovipuhallinlaitteistolla ja paine-eromittarilla DM32 (jos ovipuhallinlaitteistoa käytettiin). Lisäksi paine-eroa seurattiin Testo 435-4 -yhdistelmämittarilla tai Testo 512 paine-eromittarilla.

5.3 Tulosten tulkinta

Vuotojen tulkinta on melko yksiselitteistä, mutta tutkimuksessa on otettava huomioon useita rakenteellisia seikkoja ja epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä. Katso tarkemmin kohta epävarmuustarkastelu.

5.4 Epävarmuustarkastelu

Merkkiainekaasun syöttömäärällä on suuri vaikutus tuloksiin. Liian pienellä kaasumäärällä merkkiainetta ei ole rakenteessa riittävästi, eivätkä isotkaan rakenteelliset ilmavuodot tule esille. Vastaavasti liian suurella kaasumäärällä pienetkin vuodot korostuvat tarpeettomasti. Olennainen osa tutkimusta on sopiva ja jatkuva paine-ero tutkittavaan rakenteeseen nähden. Paine-eroa tulee seurata aktiivisesti koko tutkimuksen ajan, jotta voidaan olla varmoja alipaineistuksen toimivuudesta tutkittavalla alueella. Tutkittavat rakenteet on oltava tiedossa tutkimusta tehdessä, jotta merkkiainetta voidaan syöttää oikeisiin kohtiin. Kaasun syöttöpisteiden määrä on myös oltava riittävä rakenteeseen nähden, jotta kaikki vuotopaikat saadaan näkyville.

Vety pystyy tunkeutumaan joidenkin materiaalien läpi (merkkiaine saattaa läpäistä maalaamattoman kipsilevyn tai rapatun tiilimuurauksen, mutta jo pinnan maalaus pysäyttää kaasun etenemisen), mikä pitää tulkinnassa huomioida. Tunkeutuvuus materiaalien läpi on merkkiaineelle hyvä ominaisuus, jos tavoitteena on ehkäistä mikrobin aineenvaihduntatuotteiden pääsy sisäilmaan.

On tyypillistä, että rakenteiden tiivistystoimenpiteiden jälkeen tehtävässä merkkiainekokeessa pienemmät vuodot korostuvat, kun ilmavuotoreittien määrä on pienentynyt.

Testo monitoimimittauslaitteen 435-4 paine-eron mittausvirhe on ± 1 %, kun mitattu paine-ero on alle 200 Pa.

Retrotec-ovipuhallinlaitteiston puhaltimen ilmoittaman ilmamäärän tarkkuus on ± 5 %. Ovipuhallinlaitteiston paine-erosäätimen DM32-4A tarkkuus on ± 1 % tai $\pm 0,25$ Pa (joista suurempi on määräävä).

6 Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset

6.1 Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuittujen laskenta

Tutkimusmenetelmällä selvitetään, esiintyykö tasopinnoille laskeutuvassa pölyssä poikkeavia pitoisuuksia teollisia mineraalivillakuituja.

6.1.1 Näytteenotto

Tilojen sisäilman kuitupitoisuutta selvitetään harvoin siivotuilta pinnoilta sekä 14 vuorokauden laskeumasta. Tutkittavaan huoneeseen asennetaan puhdistettu levy pinta tai puhdistetaan taso ja rajataan

se teipein. Tutkimuspisteen ei tulisi sijaita poisto- tai tuloilmapäätelaitteiden läheisyydessä, eikä ikkunalaudalla tai hyllyvälissä. Tutkimus ei estä tilojen normaalia käyttöä, mutta laskeumalevyn peittämistä ja kirjojen, tekstiilien ym. aiheuttamaa pölyämistä tiloissa tulee välttää.

6.1.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Tutkitusta tilasta otetaan geeliteippinäyte harvoin siivotulta pinnalta laskeumalevyn asennuksen yhteydessä ja/tai 2 viikon laskeuma-ajan jälkeen tasopinnalta. Harvoin siivotulta pinnalta (ei tiedossa olevaa laskeuma-aikaa) ei voida tehdä yksiselitteistä raja-arvoihin perustuvaa tulkintaa, mutta voidaan tehdä tulkintoja mahdollisista epäpuhtauslähteistä, kun myös tuloilmakanavista otetaan näytteitä. Analyysitulokset ilmoitetaan kuitujen lukumääränä pinta-alaa kohden (kuitua/cm²). Synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos kuitupitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (pöydät ym.) ovat alle 0,2 kuitua/cm² (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, 8/2016). Harvoin siivotuilla pinnoilla kuitupitoisuuden tulisi olla alle 3 kpl/cm². Jos kuitujen lukumäärät harvoin siivotuilla pinnoilla ovat yli 10 kpl/cm², tulee siivousta tehostaa tai muuttaa menetelmiä (Työterveyslaitos). Tarkemmat tutkimusmenetelmät on esitetty laboratorion analyysivastauksessa.

7 Pitkäaikaiset paine-eromittaukset

Paine-eromittauksella voidaan arvioida ilmanvaihdon toimivuutta ja sen vaikutusta rakennuksen paine-eroihin tilakohtaisesti. Mittauksella voidaan myös arvioida mahdollisten epäpuhtauksien siirtymistä rakenteista sisäilmaan.

7.1 Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden (Dwyer Magnesence ja Pro-dual -paine-eronäytöt ja Tinytag TGPR-0704 -paine-erologgeri sekä Beck-anturi ja Tinytag TGC 0046 -paine-erologgeri) avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on $\pm 1\%$ ($\pm 50\text{Pa}$).

7.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Rakennuksen ja ulkoilman välillä mitattuihin painesuhteisiin vaikuttavat rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä, rakennuksen sisälle lämpötilaeroista muodostuva paine-ero (savupiippuvaikutus) ja tutkimushetkellä vallinneet tuuliolosuhteet.

Vuonna 2015 voimaan astuneen Asumisterveysasetuksen (545/2015) soveltamisohjeen mukaan: *Jos rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pascalia (Pa), niin alipaineisuuden syy tulee selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa. Tällä vähennetään vuotoilmavirtauksia ja niiden mukana kulkeutuvia epäpuhtauksia.*

8 Sisäilman lämpötila

8.1 Tutkimusvälineet

Sisäilman lämpötilan seurantamittaukset suoritetaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden (Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505) avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on lämpötila-alueella $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,35 \dots 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan lämpötilojen toimenpiderajat ovat seuraavat:

- Lämmityskaudella asuinhuoneistoissa lämpötilan tulisi olla yli +18 °C ja alle +26 °C. Lämmityskauden ulkopuolella asuinhuoneiston lämpötilan tulisi olla yli +18 °C ja alle +32 °C
- Lämmityskaudella palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa huoneilman lämpötilan tulisi olla yli + 20 °C ja alle +26 °C.
- Lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja muissa vastaavissa tiloissa lämpötilan tulisi olla yli + 20 °C ja alle +32 °C
- Lämmityskauden ulkopuolella palvelutaloissa, vanhainkodeissa ja muissa vastaavissa tiloissa lämpötilan tulisi olla yli +20 °C ja alle +30 °C

Suomen säädöskokoelman (1009/2017) mukaan uuden rakennuksen suunniteltu huonelämpötila tulee olla lämmityskaudella 21 °C, mutta voi vaihdella välillä 20-25 °C ja lämmityskauden ulkopuolella välillä 20-27 °C. Rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää.

Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan sisäilman operatiivisen lämpötilan tavoitearvot ovat seuraavat:

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 ¹⁾	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ ¹⁾	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 ¹⁾	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	< $22,5 + 0,166 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	> $20,5 + 0,075 \times t_u$	> $20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	< $23 + 0,2 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) ²⁾
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) ²⁾
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) ²⁾
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjästä]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

¹⁾ S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5$ °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

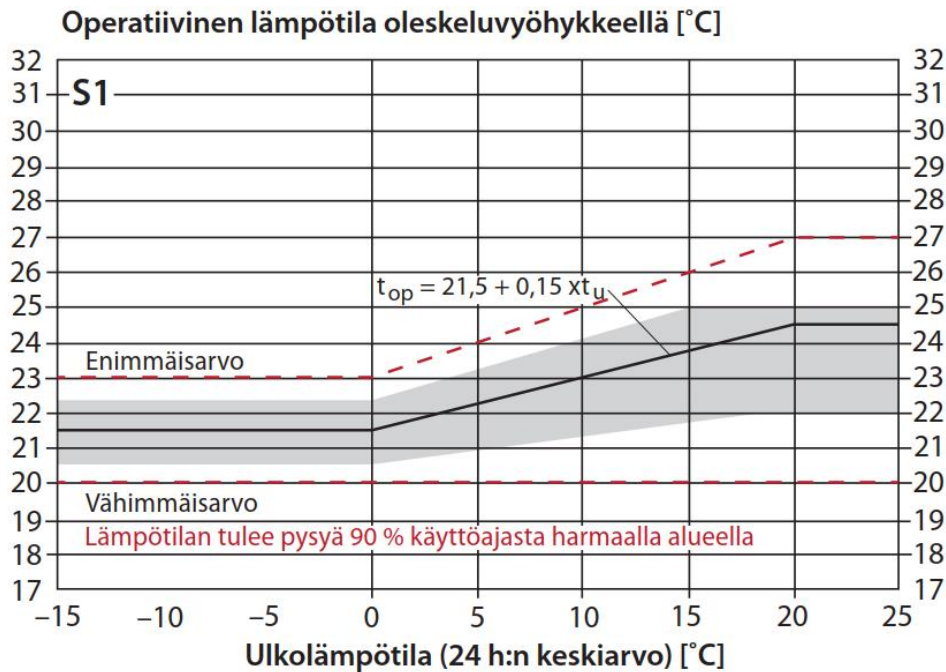
²⁾ Suluisissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

Taulukko 1. Sisäilmastoluokituksen 2018 operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa.

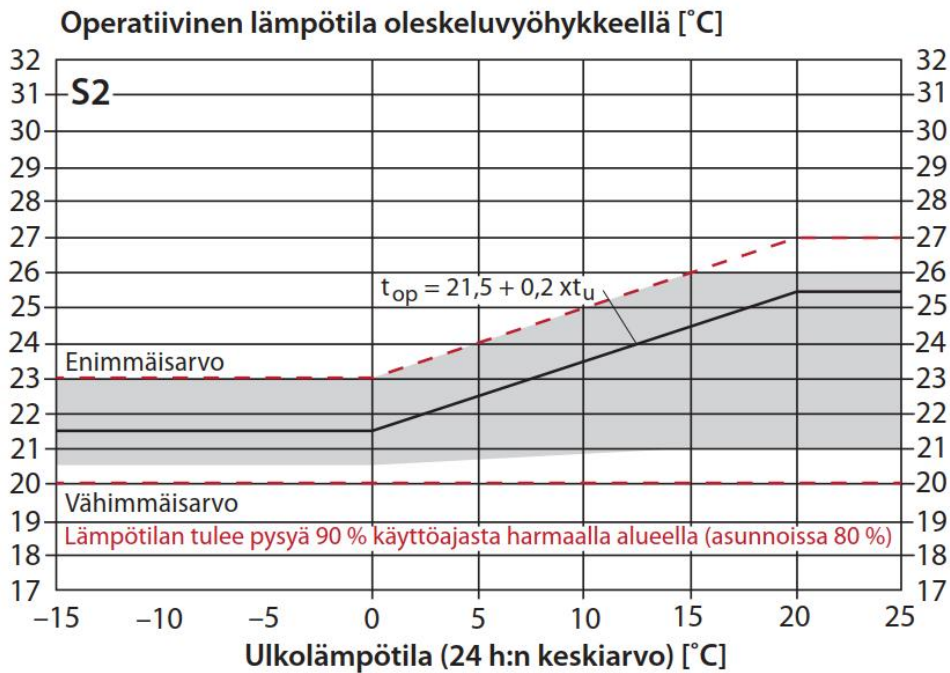
Ulkolämpötilalla t_u tarkoitetaan ulkoilman 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa lähimmällä säähavaintopaikalla. Tilan käyttäjän toivomuksesta voidaan sisälämpötilan antaa laskea alle tavoitetason tai antaa kesällä nousta yli tavoitetason. Operatiivisen lämpötilan tulee olla tavoitearvon sallitun vaihteluvälin alueella

olosuhteiden pysyvyyden edellyttämä aika laskettuna rakennuksen suunnitellusta käyttöajasta. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa suunnitellulla käytöllä (mitoitussäällä tarkasteltuna käyttöaikana) alittaa vähimmäis- tai ylittää enimmäisarvoja.

Operatiivinen lämpötila mitataan esimerkiksi nestepatsaslämpömittarilla tai sähköisellä anturilla oleskeluyöhykkeeltä 1,1 metrin (työpisteessä 0,6 m) korkeudelta standardin SFS EN 12599 mukaisesti. Operatiivisen lämpötilan asemasta voidaan usein tarkastella huonelämpötilaa. Kuitenkin, jos pintojen lämpötilat poikkeavat selvästi ilman lämpötilasta (esim. huonosti eristetty vaippa, 2-lasiset ikkunat, suuret ikkunat, useita ulkoseiniä, lattian alla lämmittämätön tila, auringonsäteily, lattialämmitys, kattolämmitys, jäähdytyskatto), määritetään operatiivinen lämpötila laskemalla se ilman ja pintojen lämpötiloista tai mitaamalla esimerkiksi pallolämpömittarilla standardin SFS EN 12599 mukaisesti.



Kuva 1
S1-luokan tavoitelämpötila-arvot. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta.



Kuva 2

S2-luokan tavoitelämpötila-arvot. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta.

9 Sisäilman suhteellinen kosteus

9.1 Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden (Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505) avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on $\pm 3\%$ RH, kun lämpötila on 25 °C.

9.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Huoneilman kosteus ei saa pitkäkestoisesti olla niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvuston riskiä (Sosiaali- ja terveysministeriö, Asumisterveysasetus 545/2015). Tarkkoja sisäilman suhteellisen kosteuden vaihteluvälin raja-arvoja ei ole asetettu. Huoneilman suhteellisen kosteuden suositeltavana vaihteluvälinä on pidetty 20 – 60%. Tähän vaikuttaa kuitenkin ilmastolliset tekijät, eikä se aina ole saavutettavissa. Talviaikaan kovalla pakkasella sisäilman suhteellinen kosteus saattaa yleensä tippua melko matalalle. Jos sisäilma on erityisen kuivaa (< 20 %) pidemmän ajan, käyttäjät voivat tuntea sen epämiellyttäväksi. Alhaisella huoneilman kosteudella on todettu olevan yhteyttä hengitystieoireisiin.

Sisäilman suhteellista kosteutta tulisi tarkastella kosteuslisänä ulkoilman vallitsevaan kosteuspitoisuuteen verrattuna, tarkasteltaessa kosteuden vaikutusta rakenteisiin. Mikäli kosteuslisä on suurempi kuin 3-4 g/m³, mikrobikasvun riski rakenteissa ja sen pinnoilla lisääntyy (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016).

10 Sisäilman hiilidioksidi

10.1 Tutkimusvälineet

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset suoritetaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden (Tinytag TGE-0010) avulla. Käytetyn mittalaitteen mittaustarkkuus on ± 50 ppm.

10.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on suurempi kuin 2100 mg/m^3 (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. (Sosiaali- ja terveysministeriö, Asumisterveysasetus 545/2015). Ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden yleisenä arvona voidaan pitää 400 ppm. 1550 ppm pitoisuuden ylittyessä huoneilmassa, toimenpiderajan voidaan katsoa ylittyvän.

Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot ovat eri sisäilmastoluokissa seuraavat, kun ulkoilman hiilidioksiditasona pidetään 400 ppm*:

- S1 < 750 ppm
- S2 < 950 ppm
- S3 < 1200 ppm

*Hiilidioksidipitoisuustavoite koskee ihmisperäistä hiilidioksidia. Olosuhteiden pysyvyyttä tarkastellaan yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla.

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on riippuvainen sijainnista ja vuodenajasta. Talviaikaan hiilidioksidipitoisuus on kesäaikaan nähden hieman korkeampi, kun kasvillisuus on lumen peitossa. Kaupunkialueella ja liikennöidyillä alueilla hiilidioksidipitoisuus on myös tyypillisesti korkeampi.

Hiilidioksidin suuri pitoisuus sisäilmassa on yleensä viite tilan riittämättömästä ilmanvaihdesta ja voi aiheuttaa tilan käyttäjälle väsymystä, päänsärkyä ja työskentelytehon huononemista.

11 Materiaalien mikrobianalyysit

Tutkimuksella selvitetään, onko tutkitun rakenteen materiaalinäytteissä poikkeavaa mikrobikasvustoa.

11.1 Materiaalinäytteenotto

Materiaalinäytteet kerätään suljettaviin muovipusseihin. Materiaalinäytteenottoon käytetyt välineet puhdistetaan ennen jokaista näytteenottoa aseptisesti.

11.2 Tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä

Suoraviljelymenetelmän tulokset ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa seuraavasti:

- = ei mikrobeja

+ = 1-19 pesäkettä (niukasti mikrobeja)

++ = 20-49 pesäkettä (kohtalaisesti mikrobeja)

+++ = 50-199 pesäkettä (runsaasti mikrobeja)

++++ ≥ 200 pesäkettä (erittäin runsaasti mikrobeja)

Yllä mainittua asteikkoa käytetään sekä mikrobin kokonaismäärän, että tunnistettujen mikrobin määrän arvioimiseen. Jos homeiden ja hiivojen ja aktinomykeettien kokonaismäärät ovat pieniä (-/+/+), lasketaan ja ilmoitetaan kosteusvaurioindikaattorien pesäkemäärä.

Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa, kun suoraviljelyllä materiaalinäytteessä havaitaan elinkykyisiä sieni-itiöitä ja/tai aktinomykeettejä runsaasti (+++/++++).

Suoraviljelyn tulokset voivat viitata mikrobikasvustoon silloin, kun mikrobeja on kohtalaisesti tai niukasti, mutta lajistossa on kosteusvaurioindikaattoreita.

Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteessä on elinkykyisiä sieni-itiöitä runsaasti (+++/++++) tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Valvira, 8/2016). Yksittäisten kosteusvauriomikrobin esiintyminen on kuitenkin normaalia.

12 Materiaalien VOC-emissiot (BULK)

Tutkimuksella on tarkoitus selvittää materiaalinäytteestä emittoituvien päästöjen määrää, jolla selvitetään tilassa olevien VOC-päästöjen lähdettä.

12.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkittavasta pintarakenteesta otetaan materiaalinäyte (esim. tasoite, liima, muovimatto), joka kääritään folioon ja toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Suositeltavaa on, että yhteen näytteeseen toimitetaan vain yhtä materiaalia.

12.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Saatuja tuloksia verrataan Työterveyslaitoksen asettamiin viitearvoihin. Viitearvot perustuvat Työterveyslaitoksen asiakas- ja seurantanäytteiden BULK-emissioihin. Emittoituvien päästöjen määrä kerrotaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$.

PVC, jossa pehmittimenä DEHP	
TVOC	200
2-Etyyli-1-heksanoli	70
PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP	
TVOC	500
2-Etyyli-1-heksanoli	50
C ₉ -alkoholit	320
Tasoitteet ja betonit	
TVOC	50
2-Etyyli-1-heksanoli	40
Linoleum	
TVOC	650

Propaanihappo	100
---------------	-----

Taulukko 4. Työterveyslaitoksen esittämät viitearvot BULK-emissioista (Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin, 27.2.2017)

Tarkemmat tutkimusmenetelmät esitetään laboratorion analyysivastauksessa.

13 Sisäilman VOC-näytteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tiloissa mahdollisesti havaitun poikkeavan hajun lähdettä tai selvittää sisäilman laatua tutkimalla sisäilmassa olevien VOC-yhdisteiden laatua ja määrää. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden aiheuttamia oireita ovat mm. silmien ja limakalvojen ärsytysoireet ja päänsärky.

13.1 Tutkimusvälineet

VOC-näytteet kerättiin sisäilmasta Tenax TA -adsorbenttiputkiin niihin liitettävällä pumpulla.

13.2 Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpiderajana on huoneilmassa 400 µg/m³. On huomioitava, että pienempikin pitoisuus voi aiheuttaa oireilua. Toimenpiderajan ylitys voi johtua myös yhdisteistä joista ei ole todettua terveyshaittaa, eikä se tällöin johda jatkotoimenpiteisiin. Kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittyminen edellyttää yksittäisten yhdisteiden merkityksen selvittämistä. Minkä tahansa haihtuvan orgaanisen yhdisteen (VOC) huoneilman tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja on 50 µg/m³, jolla tarkoitetaan minkä tahansa tunnetun tai tuntemattoman orgaanisen yhdisteen pitoisuutta sisäilmassa, ellei yhdisteelle ole omaa toimenpiderajaa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III).

Yhdiste	Toimenpideraja (µg/m ³)
TVOC	400
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10
naftaleeni*	10
styreeni	40
mikä tahansa yksittäinen orgaaninen yhdiste	50

Taulukko 2. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen toimenpiderajat yksittäisille yhdisteille tolueenivasteella laskettuna.

*Ei saa esiintyä naftaleeniin viittaavaa hajua

Työterveyslaitos on esittänyt viitearvoja toimistoympäristöjen sisäilman VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksille). Viitearvot ovat tavanomaista korkeamman pitoisuuden viitearvoja (ns. P90-arvot). Taulukko on esitetty alla.

Yhdiste	Suosittelutavoitetaso (µg/m ³)
Ammoniakki	25
Formaldehydi	15
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet, ISO 16017-2, 16000-6)	

Kaikkien yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty käyttäen yhdisteen omaa vastetta. Viitearvo on annettu vain standardin ISO 16000-6 VOC määritelmään sisällyville yhdisteille (C6-C16).	
TVOC	100
Alifaattiset hiilivedyt	
Nonaani	2
Heptaani	3
2,2,4,6,6,-Pentametyyliheptaani	4
Oktaani	1
Dekaani	3
Undekaani	3
Aromaattiset hiilivedyt	
Tolueeni	4
Bentseeni	1
Ksyleenit (m,o,p)	6
Etylibentseeni	3
1,2,4-Trimetylibentseeni	2
Naftaleeni	2
Alkoholit	
Butanoli	4
Fenoli	3
2-Etyyli-1-heksanoli	4
Bentsyylialkoholi	6
2-Metyyli-1-propanoli	3
Esterit	
Texanol	6
n-Butyyliasetaatti	5
2-(2-Butoksietoksi)-etyyliasetaatti	5
Etyyliasetaatti	7
Glykolit ja glykolieetterit	
1,2-Propaanidioli	12
2-(Etoksietoksi)etanoli	15
2-Fenoksietanoli	3
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	6
2-Butoksietanoli	7
1-Metoksi-2-propanoli	5
TXIB	6
Karboonylit	
Bentsaldehydi	2
Nonanaali	5
Dekanaali	3
Heksanaali	6
Oktanaali	2
Pentanaali	3
Asetofenoni	1
Heptanaali	2
Orgaaniset hapot	
Heksaanihappo	11
Propaanihappo	8
Terpeenit	
a-Pineeni	8
Kareeni	6
Limoneeni	6

Muut yhdisteet	
Dekametyylisyklopentasiloksaani	10
Bentso(a)pyreeni	0,01

Taulukko 3. Yleisimpien kemiallisten yhdisteiden P90-arvot (Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin, 27.2.2017)

Tutkimuksessa on huomioitava, ettei sisäilman VOC-tutkimus kata kaikkia kaasumaisia epäpuhtauksia. Lisäksi on tarkastettava, ettei tutkittujen tilojen ilmanvaihto poikkea tutkimusajankohtana ns. normaalista tasosta, jolloin sisäilmasta ei saada edustavaa näytettä. Talviaikana materiaaleista emittoituvat VOC-pitoisuudet ovat yleensä matalampia sisätilojen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihteluista johtuen. Näytteenottoon vaikuttavat mm. tutkituissa tiloissa tehdyt siivoukset ja 6 kk sisällä tehdyt remontit ja korjaustyöt.

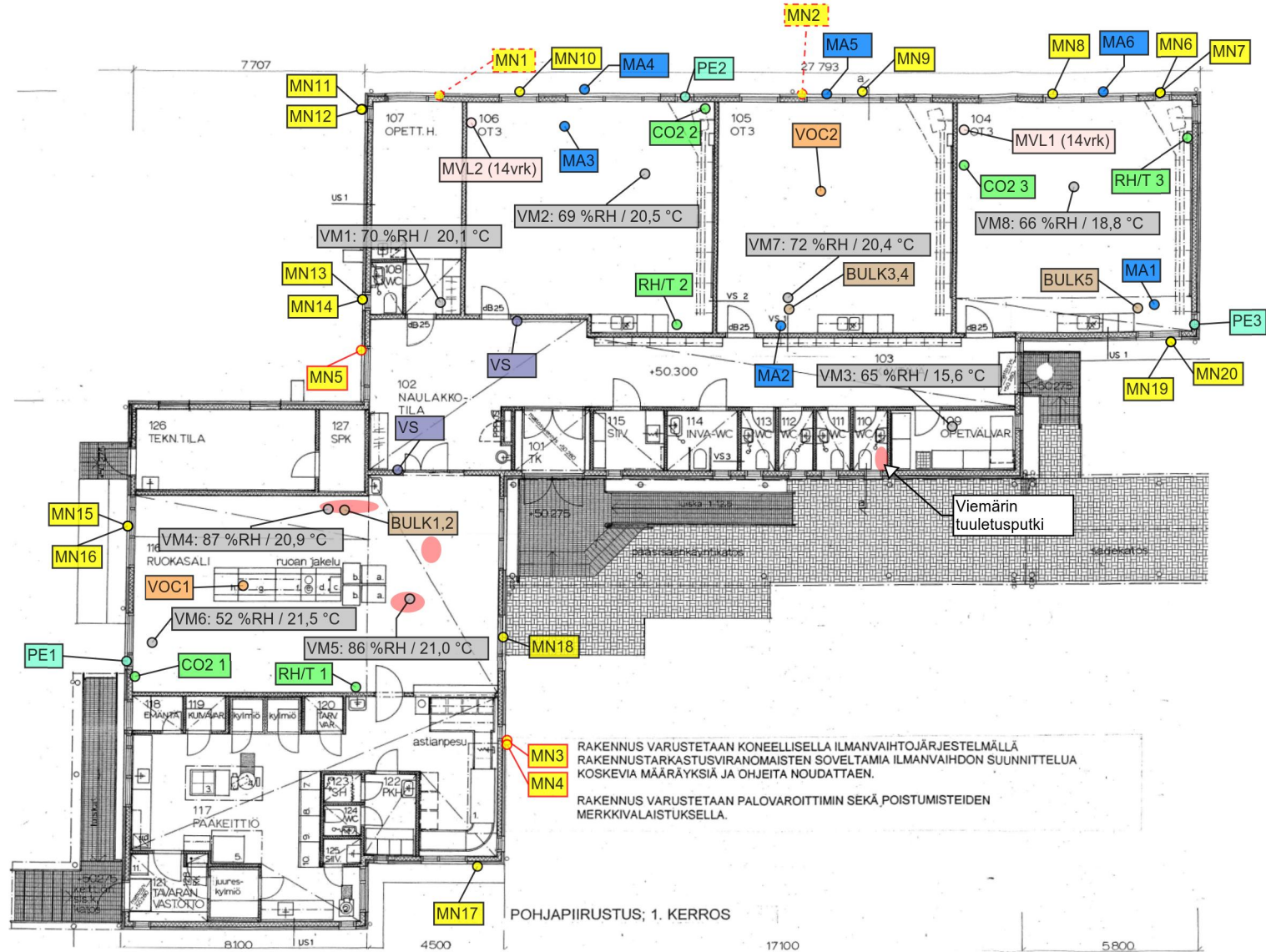
Laboratorion ilmoittama mittausepävarmuus laboratorioanalyysin osalta on yleensä $\pm 30\%$.

Pohjapiirustus

- XX# Rakenneavaus (AP / VP / VS / US / YP)
- PE# Paine-eron mittauspiste
- VM# Suhteellisen kosteuden mittauspiste (viiltomittaus)
- Poikkeava kosteusalue

- OS# Sisäilman olosuhteiden mittauspiste (CO₂, T, RH)
- VOC# VOC-näyte sisäilmasta
- BULK# BULK-materiaalinäyte
- MK# (xx) Mineraalikuitunäyte (IV/14vrk/harvoin siivottu pinta)
- MA# Merkkiaineen laskupaikka

- XX# Materiaalien mikrobi, ei viitettä vauriosta
- XX# Materiaalien mikrobi, heikko viite/viite vauriosta
- XX# Materiaalien mikrobi, vahva viite vauriosta



MN3 RAKENNUS VARUSTETAAN KONEELLISELLA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄLLÄ RAKENNUSTARKASTUSVIRANOMAISTEN SOVELTAMIA ILMANVAIHDON SUUNNITTELUVA KOSKEVIA MÄÄRÄYKSIÄ JA OHJEITA NOUDATTAEN.

MN4 RAKENNUS VARUSTETAAN PALOVAIROITTIMIN SEKÄ POISTUMISTEIDEN MERKKIVALAISTUKSELLE.

POHJAPIIRUSTUS; 1. KERROS

Kohde: Lepsämän koulu
Työnumero: 3111346.11
Mittaja: Eeva Jokinen, Erkka Autio

Mittalaitteet ja mittaustarkkus:

Vaisala HM40 ja HM42 Probe mittapää: $\pm 1,5\%RH$ (0-90%RH), $\pm 2,5\%RH$ (90-100%RH), 0-40°C
 Kalibrointipöytäkirjat saa nähtäville niitä erikseen pyydettäessä.

nro	aloitus pvm	mittaus pvm	tila	rakenne	materiaali	syvyys mm	antu-ri nro	RH %	°C	abs. kost. g/m ³	Mittaustulokinta
VM1	-	4.2.2019	Opettajanhuone 107	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	17	70,2	20,1	12,2	
	-	4.2.2019	Opettajanhuone 107	Sisäilma		-	15	19,0	22,5	3,8	
VM2	-	4.2.2019	Luokkatila 106	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	16	68,6	20,5	12,2	
	-	4.2.2019	Luokkatila 106	Sisäilma		-	15	16,0	21,0	2,9	
VM3	-	4.2.2019	Opetusvälinevarasto 109	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	8	65,3	15,6	8,7	
	-	4.2.2019	Opetusvälinevarasto 109	Sisäilma		-	18	26,2	16,6	3,7	
VM4	-	18.2.2019	Ruokasali 116	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	20	87,0	20,9	15,8	Koholla
VM5	-	18.2.2019	Ruokasali 116	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	8	86,0	21,0	15,8	Koholla
VM6	-	18.2.2019	Ruokasali 116	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	16	51,9	21,5	9,8	
		18.2.2019	Ruokasali 116	Sisäilma			20	18,6	21,2	3,4	
VM7	-	18.2.2019	Luokkatila 105	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	18	71,7	20,4	12,7	
VM8	-	18.2.2019	Luokkatila 104	Alapohja	Muovimaton alapinta	-	22	66,1	18,8	10,7	
		18.2.2019	Luokkatila 104	Sisäilma			20	21,0	18,8	3,4	

Lisätiedot:

Sisällysluettelo

Materiaalinäytteen mikrobianalyysit.....	2
Mineraalikuitulaskenta	8
Sisäilman VOC -näytteet	9
BULK-emissionäytteet.....	14

31 11346.11

Analyysivastaukset

Materiaalinäytteen mikrobianalyysit


 Analyysivastaus
389695
MB19-00275
19.2.2019

1 (2)

 A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Eeva Jokinen
Puutarhakatu 10
33210 TAMPERE

Materiaalinäytteen mikrobianalyysi

Näytteenottaja: Eeva Jokinen
Näytteenottoaika: 31.11.2019
Näytteenottopäivämäärä: 4.2.2019
Vastaanottoaika: 5.2.2019
Näyttemäärä: 5 kpl

Analyysimenetelmä: Materiaalinäytteen mikrobiologinen analysointi (MIKROB-TY-031) Suoraviljelymenetelmä, elinkykyisten mikrobin määrä suhteellisella asteikolla.
Asteikko: - = ei mikrobeja, + = niukasti (1-19 pmy/malja), ++ = kohtalaisesti (20-49 pmy/malja), +++ = runsaasti (50-200 pmy/malja), ++++ = erittäin runsaasti mikrobeja (>200 pmy/malja).
Asumisterveysasetus (545/2015), Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016, Valvira.
Akkreditointi koskee ainoastaan ko. analyysiä. Finas testauslaboratorio T013, SFS ISO/IEC 17025.

Mikrobiryhmät	Kasvatusalustat	Kasvatus- lämpötilä	Kasvatus- aika
Mesofiiliset sienet	Rose Bengal mallasuute-agar (Hagem-agar)	25 °C	7 vrk
Mesofiiliset sienet	Dikloran-glyseroli-agar (DG18-agar)	25 °C	7 vrk
Mesofiiliset sienet	2% mallasuuteagar (M2-agar)	25 °C	7 vrk
Mesofiiliset bakteerit ja aktinobakteerit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar (THG-agar)	25 °C	7-14 vrk

Tutkitut näytteet

- Opettajanhuone 107, US, min.villa
- Luokka 105, US, min.villa
- Keittiö/astianpesu, US, min.villa
- Keittiö/astianpesu, US, kipsilevy
- Naulakotila 102, US, min.villa

Tulosten tulkinta

viittaa vaurioon
heikko viite vauriosta
vahva viite vauriosta
vahva viite vauriosta
vahva viite vauriosta

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

Työterveyslaitos
70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

31 11346.11

Analyysivastaukset

Työterveyslaitos

 Analyysivastaus
389695
MB19-00275

2 (2)

Analyysitulokset:

Näyte	Mesofiiliset sienet				Mesofiiliset bakteerit ja aktinobakteerit	
	Hagem-agar		DG18-agar		M2-agar	THG-agar
1.	Yhteensä ++		Yhteensä +		Yhteensä ++	Yhteensä -
	<i>A. versicolor</i> * +(7)		<i>A. penicillioides</i> * +(1)		<i>A. versicolor</i> * +(10)	Muut bakteerit -
	<i>Cladosporium</i> +		<i>A. versicolor</i> * +(10)		<i>Cladosporium</i> +	<i>Streptomyces</i> * -
	<i>Penicillium</i> ++		<i>Cladosporium</i> +		<i>Penicillium</i> +	
2.	Yhteensä +		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä +
	<i>A. versicolor</i> * +(2)		<i>A. penicillioides</i> * +(3)		<i>A. versicolor</i> * +(7)	Muut bakteerit +
	<i>Alternaria</i> +		<i>A. versicolor</i> * +(5)		<i>Cladosporium</i> +	<i>Streptomyces</i> * -
	<i>Cladosporium</i> +		<i>Cladosporium</i> +			
3.	Yhteensä ++++		Yhteensä ++++		Yhteensä ++++	Yhteensä -
	<i>A. versicolor</i> * ++++		<i>A. versicolor</i> * ++++		<i>A. versicolor</i> * ++++	Muut bakteerit -
	<i>Penicillium</i> ++		<i>Penicillium</i> +		<i>Fusarium</i> * +	<i>Streptomyces</i> * -
					<i>Stachybotrys</i> * +	
4.	Yhteensä ++++		Yhteensä ++++		Yhteensä +++	Yhteensä +++
	<i>A. versicolor</i> * +		<i>A. versicolor</i> * +++		<i>A. versicolor</i> * +	Muut bakteerit +++
	<i>Penicillium</i> ++++		<i>Penicillium</i> +++		<i>Penicillium</i> +++	<i>Streptomyces</i> * +
					<i>Stachybotrys</i> * +++	
5.	Yhteensä +++		Yhteensä +++		Yhteensä +++	Yhteensä +
	<i>A. versicolor</i> * +++		<i>A. versicolor</i> * +++		<i>A. versicolor</i> * +++	Muut bakteerit +
	<i>Cladosporium</i> +		<i>Cladosporium</i> +		<i>Alternaria</i> +	<i>Streptomyces</i> * -
	<i>Penicillium</i> +		<i>Penicillium</i> +		<i>Aureobasidium</i> ^o +	
					<i>Cladosporium</i> ++	
					<i>Penicillium</i> +	

* = kosteusvaurioon viittaava mikrobi, ° = indikaattorimerkitys vielä avoin (Ympäristö ja Terveys -lehti 8/2005, s. 56-59), A. = Aspergillus, Streptomyces = aktinobakteeri (sädesieni), pesäkemäärä ilmoitettu sulussa

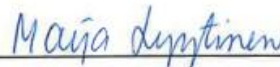
Tulkintaohje:

Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteessä on elinkykyisiä sieni-itiöitä runsaasti (+++/++++) tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016, Valvira). Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on kuitenkin normaalia.

Työympäristölaboratoriot



 Maija Kirsi
tuotepäällikkö
Kuopio



 Maija-Liisa Lyytinen
laboratoriomestari
Kuopio

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

Työterveyslaitos
70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

31 11346.11

Analyysivastaukset


 Analyysivastaus
390928
MB19-00471
15.3.2019

1 (4)

 A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Eeva Jokinen
Puutarhakatu 10
33210 TAMPERE

Materiaalinäytteen mikrobianalyysi

Näytteenottaja: Eeva Jokinen, Timo Ekola
Näytteenottoaika: 31 11346. Nurmijärvi, Lepsämän koulu, uusi osa
Näytteenottopäivämäärä: 27.2.2019
Vastaanottopäivämäärä: 28.2.2019
Näytemäärä: 15 kpl
Analyysimenetelmä: Materiaalinäytteen mikrobiologinen analysointi (MIKROB-TY-031)
 Suoraviljelymenetelmä, elinkykyisten mikrobien määrä suhteellisella asteikolla.
 Asteikko: - = ei mikrobeja, + = niukasti (1-19 pmy/malja), ++ = kohtalaisesti (20-49 pmy/malja), +++ = runsaasti (50-200 pmy/malja), ++++ = erittäin runsaasti mikrobeja (>200 pmy/malja).
 Asumisterveysasetus (545/2015), Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016, Valvira.
 Akkreditointi koskee ainoastaan ko. analyysiä. Finas testauslaboratorio T013, SFS ISO/IEC 17025.

Mikrobiryhmät

Mesofiilliset sienet
 Mesofiilliset sienet
 Mesofiilliset sienet
 Mesofiilliset bakteerit ja aktinomykeetit

Kasvatusalustat

Rose Bengal mallasuute-agar (Hagem-agar)
 Dikloran-glyseroli-agar (DG18-agar)
 2% mallasuuteagar (M2-agar)
 Tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar (THG-agar)

Kasvatus- lämpötila	Kasvatus- aika
25 °C	7 vrk
25 °C	7 vrk
25 °C	7 vrk
25 °C	7-14 vrk

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

Työterveyslaitos
70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

31 11346.11

Analyysivastaukset

Työterveyslaitos

 Analyysivastaus
390928
MB19-00471

3 (4)

Analyysitulokset:

Näyte	Mesofiilliset sienet				Mesofiilliset bakteerit ja aktinomykeetit	
	Hagem-agar	DG18-agar	M2-agar	THG-agar		
6.	Yhteensä + <i>A. fumigatus</i> * +(1) <i>Chaetomium</i> * +(1) <i>Geomyces</i> * +(1)	Yhteensä + <i>Aureobasidium</i> ° +(1) <i>Cladosporium</i> + <i>Eurotium</i> * +(2) <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Aureobasidium</i> ° +(1)	Yhteensä + <i>Aureobasidium</i> ° +(1)	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -	
7.	Yhteensä + <i>Aureobasidium</i> ° +(1) <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Arthrinium</i> + <i>Aureobasidium</i> ° +(1) <i>Cladosporium</i> +	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
8.	Yhteensä -	Yhteensä + hiivat, vaalea +	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
9.	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
10.	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
11.	Yhteensä -	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
12.	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
13.	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
14.	Yhteensä -	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> +	Yhteensä -	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
15.	Yhteensä -	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> +	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
16.	Yhteensä -	Yhteensä + <i>A. restrictus</i> * +(16)	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
17.	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
18.	Yhteensä -	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> +	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

 Työterveyslaitos
70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

31 11346.11

Analyysivastaukset

Työterveyslaitos

 Analyysivastaus
390928
MB19-00471

4 (4)

Näyte	Mesofiilliset sienet			Mesofiilliset bakteerit ja aktinomykeetit
	Hagem-agar	DG18-agar	M2-agar	THG-agar
19.	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -
20.	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -

* = kosteusvaurioon viittaava mikrobi, ° = indikaattorimerkitys vielä avoin (Ympäristö ja Terveys -lehti 8/2005, s. 56-59), A. = *Aspergillus*, *Streptomyces* = aktinomykeetti (sädesieni), pesäkemäärä ilmoitettu suluissa

Tulkintaohje:

Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteessä on elinkykyisiä sieni-itiöitä runsaasti (+++/++++) tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016, Valvira). Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on kuitenkin normaalia.

Työympäristölaboratoriot



 Maija Kirsi
tuotepäällikkö
Kuopio



 Virpi Turunen
laboratoriomestari
Kuopio

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

Työterveyslaitos
70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

Mineraalikuitulaskenta



88365/MVL

20.2.2019

1/1

TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN PITOISUUS LASKEUMAPÖLYSTÄ			
Tilaaaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy		
Kohde:	31 11346.11	Tilauspäivä:	19.2.2019
Projektinumero:	31 11346.11	Toimituspäivä:	20.2.2019
Menetelmät:			
Tilaajan toimittamille geeliteipeille kerätty laskeumapöly tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla ja niistä laskettiin yli 20 µm pituisten teollisten mineraalikuitujen pitoisuus. Analyysi pohjautuu menetelmään, joka on esitetty VTT:n tiedotteessa 2360 (Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt, 2006). Arvio analyysin määritysepävarmuudesta ilmoitetaan pyydettyessä. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.			
TULOKSET: Näytteenottaja: Erkka Autio			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Näytteen kertymäaika	Kuitua/ cm2 *
MVL1	Luokka 104, kaapin päältä	4.-18.2.2019	< 0,1
MVL2	Luokka 106, kaapin päältä	4.-18.2.2019	0,1

*STM:n asetus 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista määrittelee teollisten mineraalivilkkeitujen toimenpiderajaksi 0,2 kuitua/cm2 kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä. Toimenpiderajan ylimenevät tulokset on lihavoitu. Toimenpiderajaa IV-kanaviston sisäpintojen kuitupitoisuudelle ei ole asetuksessa määritetty.



Heikki Meriluoto
Tutkija, FM
050 5719 908

Sisäilman VOC -näytteet

raportti VC2019-022



Eeva Jokinen
A-insinöörit Suunnittelu Oy, Tampere
Puutarhakatu 10
33210 Tampere

TULOSRAPORTTI**KOHDE:**

3111346.11

NÄYTTEET:

Ilmanäytteet on ottanut Eeva Jokinen, A-insinöörit Suunnittelu Oy, 4.2.2019. Näytteet on vastaanotettu laboratorioon 5.2.2019 ja VOC-analyysit on tehty 8.2.2019.

ANALYYSIT:

Ilmanäytteet kerättiin Tenax TA adsorbenttiin ja analyysit tehtiin standardin ISO 16000-6 mukaisesti kaasukromatografi-massaspektrometrilaitteistolla. Yhdisteet tunnistettiin retentioaikojen sekä kirjastohaun perusteella (kirjasto NIST11) ja niiden pitoisuudet laskettiin tolueeniekvivalenteina (tolueenivasteina). TVOC-pitoisuus määritettiin laskemalla yhteen kaikkien yhdisteiden tolueeniekvivalenteina määritetyt pitoisuudet n-heksaanin ja heksadekaanin väliltä.

Styreenin, 2-etyyli-1-heksanolin, naftaleenin ja 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyyraatin (TXIB) pitoisuus on laskettu puhtaan vertailuaineen avulla. Yhdisteen omalla vasteella lasketut tulokset on merkitty tulostaulukkoon tähdellä (*).

Tulosraportissa ilmoitetut tulokset perustuvat laboratorioille ilmoitettuun näytteen keräysaikaan.

TVOC-tuloksen mittaasepävarmuus ilman näytteenottoa on 35 % (luottamusvälillä 95 %). Yksittäisten, oman vertailuaineen avulla määritettävien yhdisteiden mittaasepävarmuudet ovat välillä 19 – 38 % riippuen yhdisteestä. Tolueeniekvivalentina määritettyjen yhdisteiden mittaasepävarmuudet ovat suurempia ja niiden pitoisuuden määrittäminen on semikvantitatiivinen.

Puhtaiden, vertailuaineen avulla laskettujen yhdisteiden määrittämissrajat on keskimäärin 4 ng/näyte, jolloin se on 10 litran näytteelle 0,4 µg/m³. TVOC-pitoisuudelle määrittämissraja on 10 µg/m³.

TULOKSEN TULKINTA:

Jos haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) toimistossa, joissa on koneellinen ilmanvaihto, ylittää 100 µg/m³, viittaa se sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin, joiden selvittäminen on tarpeellista (Työterveyslaitos 2016).

Asunnoissa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpideraja on 400 µg/m³ ja yksittäisen yhdisteen 50 µg/m³ tolueenivasteella laskettuna (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus, 2015). Lisäksi seuraaville sisäilmaongelmiin liittyville yksittäisille yhdisteille on säädetty erilliset toimenpiderajat tolueenivasteella laskettuna; 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyyraatti (TXIB) (10 µg/m³), 2-etyyli-1-heksanoli (10 µg/m³),

raportti VC2019-022



styreeni (40 µg/m³) ja naftaleeni (10 µg/m³).

Muiden yksittäisten yhdisteiden toimenpiderajan (50 µg/m³) ylityessä sen haitallisuus ja merkitys sisäilman laatuun on selvitettävä ja ryhdyttävä toimenpiteisiin haitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Mikäli toimenpideraja ylittyy yhdisteellä, joka ei ole kyseisessä pitoisuudessa terveydelle haitallinen (esimerkiksi terpeenit, siloksaanit), ylittyminen ei johda toimenpiteisiin. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III Asumisterveysasetus § 14-19. Valvira ohje 8/216).

Asunnoissa yksittäisten VOC-yhdisteiden pitoisuudet ovat tyypillisesti välillä 5-20 µg/m³ ja kokonaispitoisuudet (TVOC) 120-350 µg/m³ (Järnström, 2007).

ANALYYSITULOKSET:

Tässä tulosraportissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä.

* laskettu yhdisteen omalla vasteella.

Näyte: 1, luokka 105 (tutkimustunnus: VC190056, näytteenottoaika 45min, näytetilavuus 5dm³)

YHDISTEET	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina (µg/m ³)
TVOC	17
ALIFAATTISET HIILIVEDYT	
dodekaani	0.2
heksaani	0.2
heptaani	0.2
AROMAATTISET HIILIVEDYT	
bentseeni	0.7
etylibentseeni	0.3
m-Ksyleeni	0.3
styreeni	0.4 (*0.3)
tolueeni	0.8 (*0.8)
ALDEHYDIT	
bentsaldehydi	0.9
dekanaali	0.4
heksanaali	0.3
nonanaali	0.3
KETONIT	
asetofenoni	0.3
PIIYHDISTEET	
oktametyylisyklotetrasiloksaani	0.9
trimetoksimetyylisilaani	0.2
MUUT YHDISTEET	

raportti VC2019-022



dietyylifalaatti	3.5
------------------	-----

TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET

5.7 (35% TVOC:sta)

Koska näytteen pitoisuus on lähellä määrittärajaa, havaittujen yhdisteiden pitoisuudet ovat pieniä ja luotettava tunnistaminen vaikeaa. Tämän takia tunnistamattomien yhdisteiden suhteellinen osuus on suuri.

raportti VC2019-022


Näyte: 2, ruokala (tutkimustunnus: VC190057, näytteenottoaika 45min, näytetilavuus 5dm³)

YHDISTEET	Pitoisuus tolueniekvivalenttina (µg/m³)
TVOC	15
ALIFAATTISET HIILIVEDYT	
heksaani	0.2
heptaani	0.2
oktaani	0.2
AROMAATTISET HIILIVEDYT	
bentseeni	0.8
etylibentseeni	0.3
m-Ksyleeni	0.3
styreeni	1 (*0.5)
tolueeni	0.7 (*0.7)
ALDEHYDIT	
bentsaldehydi	0.6
dekanaali	0.2
nonanaali	0.6
KETONIT	
asetofenoni	0.2
PIIYHDISTEET	
dekametyylisyklopentasiloksaani	2.4
oktametyylisyklotetrasiloksaani	3.3
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET	
	3.2 (21% TVOC:sta)

Kuopiossa, 20.2.2019

Jani Mäkelä

Mikrobioni Oy

raportti VC2019-022

**TAUSTAA:**

VOC tulee englanninkielisestä sanasta Volatile Organic Compound joka tarkoittaa haihtuvaa orgaanista yhdistettä. VOC yhdisteet ovat huoneenlämmössä useimmiten nesteitä, mutta nämä nesteet haihtuvat höyrynpaineidensa mukaisesti ilmaan höyryiksi. VOC-yhdisteiden kiehumispisteet vaihtelevat 50-250°C asteen välissä.

VOC-yhdisteillä on lukuisia lähteitä. Niiden lähteitä ovat sisäilmassa mm. rakennus- ja sisustusmateriaalit, pesu- ja puhdistuskemikaalit, kosmeettiset tuotteet, ruuanlaitto, tupakointi jne. Esimerkkinä mainiten poikkeuksetta kaikki orgaaniset liuottimet (esim. asetonit, alkoholit, alifaattiset ja aromaattiset hiilivedyt) ovat VOC-yhdisteitä.

Normaalissa sisäilmassa voi esiintyä useita satoja VOC-yhdisteitä, joiden yhteispitoisuus (TVOC, total volatile organic compounds) on yleensä verrattain pieni, asunnoissa tavallisesti alle 600 µg/m³ ja toimistoissa alle 250 µg/m³. Asunnoissa yksittäisen yhdisteen pitoisuus on tavallisesti alle 15 µg/m³. Työpaikkailmassa, jossa käytetään liuottimia, VOC-pitoisuustasot ovat useita kertaluokkia suurempia. Toimistotyypisissä tiloissa yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet ovat yleensä alle 5 µg/m³.

VOC-päästöihin ja pitoisuuksiin ilmassa vaikuttavat mm. käytetyn liuottimen määrä (pitoisuus), sen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet (yhdisteen höyrynpaine (haihtuvuus), poolisuus) sekä olosuhteet (lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus). VOC-yhdisteen haihtuminen ilmaan lisääntyy lämpötilan kasvaessa.

VOC-yhdisteiden laajasta kirjosta johtuen niistä löytyy hyvin haitallisia yhdisteitä, joilla voi olla merkittäviä terveys ja ympäristövaikutuksia. Ihmisten altistuminen VOC-yhdisteille tapahtuu pääsääntöisesti hengityksen kautta, mutta myös ihoaltistus voi olla hyvin merkittävä altistumisreitti, varsinkin käsiteltäessä liuottimia ilman asianmukaista suojavarustusta.

VIITTEET:

ISO 16000-6, 2004, Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID, 1-25.

Asumisterveysasetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa III Asumisterveysasetus § 14-19. Valvira ohje 8/2016.

Järnström H., Reference values for building material emissions and indoor air quality in Residential buildings, 2007, VTT publications 672.

Saarela, K., ym., TVOC-haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio ja sen eri Laskentatavat, Sisäilmastoseminaari 2005, Sisäilmayhdistys raportti 23.

Työterveyslaitos. Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista (rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin. 2017.

BULK-emissionäytteet

raportti MV2019-024



Erkka Autio
A-insinöörit Suunnittelu Oy, Tampere
Puutarhakatu 10
33210 Tampere

TULOSRAPORTTI**KOHDE:**

31 11346.11

NÄYTTEET:

Materiaalinäytteet on ottanut Eeva Jokinen, A-insinöörit Suunnittelu Oy, 18.2.2019. Näytteet on vastaanotettu laboratorioon 20.2.2019. Näytteet on analysoitu 21.2.2019.

ANALYYSIT:

Emissionäytteet kerättiin mikrokammiolaitteella (Micro-Chamber, μ CTE) Tenax TA adsorbenttiin. Analyysit tehtiin kaasukromatografialaitteistolla, johon oli yhdistetty massaselektiivinen detektori (TD-GC-MS). Yhdisteet tunnistettiin retentioaikojen sekä kirjastohaun perusteella (kirjasto nist02.L).

Tolueenin, styreenin, 2-etyyli-1-heksanolin, naftaleenin ja 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyyraatin (TXIB) pitoisuus laskettiin oman vertailuaineen avulla. Muiden heksaanin ja heksadekaanin väliseltä kiehumispistealueelta löytyneiden yhdisteiden pitoisuudet laskettiin ns. tolueeniekvivalenttina.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (ns. TVOC) saatiin laskemalla kaikkien heksaanin ja heksadekaanin väliltä löytyneiden yhdisteiden tolueeniekvivalenttina määritetyt pitoisuudet yhteen. Lasketut tulokset ilmoitetaan lopuksi tutkittua näytemäärää kohti ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$).

TVOC-tuloksen mittausepävarmuus ilman näytteenottoa on 34 % (luottamusväliä 95 %). Yksittäisten, oman vertailuaineen avulla määritettävien yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat välillä 24 - 62 % riippuen yhdisteestä. Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat suurempia.

Tällä menetelmällä tehty analyysi ei ole kvantitatiivinen, vaan se kertoo ainoastaan sen, mitä yhdisteitä ja missä keskinäisessä suhteessa, tutkitusta materiaalista emittoituu käytetyissä olosuhteissa.

raportti MV2019-024

**TULOKSEN TULKINTA:**

Tuloksen tulkintaan ei ole olemassa virallisia ohjearvoja. Alla olevassa taulukossa on esitetty Työterveyslaitoksen määrittämiä viitearvoja, joita voidaan hyödyntää materiaalien VOC tulosten arvioinnissa. Viitearvot perustuvat Työterveyslaitoksen sisäiseen aineistoon. Menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä eivätkä materiaalien päästöluokitusta (M-luokat).

Materiaalien VOC-emissioiden viitearvot erilaisille materiaalityypeille	
PVC	
<i>pehmittimenä DEHP (di-etyyliheksyyliiftalaatti)</i>	
TVOC	200 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli	70 µg/m ³ g
PVC	
<i>pehmittimenä DINCH (di-isononyyliheksahydroftalaatti), DINP (di-isononyyliiftalaatti) tai DIDP (di-isodekyyliiftalaatti)</i>	
TVOC	500 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli	50 µg/m ³ g
C9-alkoholit	320 µg/m ³ g
TASOITTEET JA BETONI	
TVOC	50 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli	40 µg/m ³ g
LINOLEUM	
TVOC	650 µg/m ³ g
propaanihappo	100 µg/m ³ g

raportti MV2019-024

**ANALYYSITULOKSET:**

Tässä tulosraportissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä.

Tulokset on ilmoitettu tolueenivasteella laskettuna. Mikäli yhdisteen pitoisuus näytteessä on alle 1 µg/m³g, sitä ei ole merkitty tulostaulukkoon, mutta se on mukana TVOC-arvossa.

(*), laskettu omalla vasteella

Näyte: 1, muovimatto + tasoite, ruokala (tutkimustunnus: MV190045, näytteenottoaika 30min, näytetilavuus 2dm³)

YHDISTEET	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina (µg/m ³ g)
TVOC	190
ALIFAATTISET HIILIVEDYT	
8-metyyli-1-undekeeni	20
TERPEENIT	
limoneeni	1.5
YKSIIARVOISET ALKOHOLIT	
1-butanoli	26
1-nonanoli	3.4
2-etyyli-1-heksanoli	36 (*79)
6-metyyli-1-oktanoli	17
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT	
2-butoksietanoli	1.5
ALDEHYDIT	
bentsaldehydi	1.0
nonanaali	2.7
KETONIT	
3-heptanoni	1.6
PIIYHDISTEET	
heksametyylisyklotrisiloksaani	4.5
MUUT YHDISTEET	
alkoholiseos	33
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET	
	37 (19% TVOC:sta)

Alkoholiseos = C8 - C10-alkoholeja.

raportti MV2019-024


Näyte: 2, betoni, ruokala (tutkimustunnus: MV190046, näytteenottoaika 30min, näytetilavuus 2dm³)

YHDISTEET	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina (µg/m³g)
TVOC	58
YKSIARVOISET ALKOHOLIT	
1-butanoli	21
2-etyyli-1-heksanoli	4.6 (*11)
6-metyyli-1-oktanoli	3.8
PIIYHDISTEET	
dekametyylisyklopentasiloksaani	3.6
heksametyylisyklotrisiloksaani	2.7
MUUT YHDISTEET	
alkoholiseos	5.0
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET	
	13 (22% TVOC:sta)

Alkoholiseos = C8 - C10-alkoholeja.

raportti MV2019-024



Näyte: 3, muovimatto + tasoite, luokka 105 (tutkimustunnus: MV190047, näytteenottoaika 30min, näytetilavuus 2dm³)

YHDISTEET	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina (µg/m ³ g)
TVOC	210
YKSIARVOISET ALKOHOLIT	
1-butanoli	16
1-nonanoli	5.9
2-etyyli-1-heksanoli	5.2 (*12)
6-metyyli-1-oktanoli	25
ALDEHYDIT	
nonanaali	4.0
PIIYHDISTEET	
dekametyylisyklopentasiloksaani	29
heksametyylisyklotrisiloksaani	2.3
MUUT YHDISTEET	
alkoholiseos	62
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET	
	50 (24% TVOC:sta)

Alkoholiseos = C8 - C10-alkoholeja.

raportti MV2019-024

**Näyte: 4, betoni, luokka 105 (tutkimustunnus: MV190048, näytteenottoaika 30min, näytetilavuus 2dm³)**

YHDISTEET	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina (µg/m³g)
TVOC	110
YKSIARVOISET ALKOHOLIT	
1-butanoli	27
1-nonanoli	1.7
2-etyyli-1-heksanoli	1.9 (*3.9)
6-metyyli-1-oktanoli	9.9
ALDEHYDIT	
nonanaali	1.1
PIIYHDISTEET	
dekametyylisyklopentasiloksaani	11
heksametyylisyklotrisiloksaani	3.2
MUUT YHDISTEET	
alkoholiseos	36
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET	
	15 (14% TVOC:sta)

Alkoholiseos = C8 - C10-alkoholeja.

raportti MV2019-024



Näyte: 5, muovimatto + tasoite, luokka 104 (tutkimustunnus: MV190049, näytteenottoaika 30min, näytetilavuus 2dm³)

YHDISTEET	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina (µg/m ³ g)
TVOC	77
AROMAATTISET HIILIVEDYT	
etylibentseeni	2.1
isopropylibentseeni	1.2
styreeni	1.4 (*1.2)
YKSIARVOISET ALKOHOLIT	
1-butanoli	4.3
1-nonanoli	1.6
2-etyyli-1-heksanoli	3.2 (*7.3)
6-metyyli-1-oktanoli	7.7
ALDEHYDIT	
nonanaali	2.2
PIIYHDISTEET	
dekametyylisyklopentasiloksaani	7.9
heksametyylisyklotrisiloksaani	2.8
MUUT YHDISTEET	
alkoholiseos	17
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET	
	20 (26% TVOC:sta)

Alkoholiseos = C8 - C10-alkoholeja.

Kuopiossa, 6.3.2019

Helena Rintala

Mikrobioni Oy

raportti MV2019-024

**VIITTEET:**

ISO 16000-6, 2004, Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID, 1-25.

Asumisterveysasetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa III Asumisterveysasetus § 14-19. Valvira ohje 8/2016.

Järnström H., Reference values for building material emissions and indoor air quality in Residential buildings, 2007, VTT publications 672.

Saarela, K., ym., TVOC-haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio ja sen eri laskentatavat, Sisäilmastoseminaari 2005, Sisäilmayhdistys raportti 23.

Työterveyslaitos. Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista (rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin. 2017.