

Keinumäen koulu

Karvasmäentie 10a, 02740 Espoo

Rakennuksen rajattu rakenne- ja kosteustekninen kuntotutkimus
13.1.2025, päivitetty 5.3.2025 (merkkiainekokeet)

Työnro 24-1345-1

RI Eemil Sintonen

DI Elli Laine



Tiivistelmä

Tutkimuksen kohteena oli 2000-luvulla rakennetun Keinumäen koulu, jossa on koettu sisäilmahaasteita. Rakennus on kaksikerroksinen ja rakennettu kahdessa osassa. Pääasiallinen rakennusmateriaali on betoni. Tutkimukset kohdistettiin tilaajan rajausten mukaisesti haasteelliseksi koettujen tilojen (tilat SK0007 ja SK0015 sekä käytävä ZSK11) ulkoseinärakenteisiin.

Tilojen lattiapinnoitteena on pääosin massalattia. Tilojen SK0007 ja SK0015 lattiarakenteissa ei havaittu kohonneita pintakosteuksia. Läheisessä tilassa SK0017 on edelleen muovimattopinnoite ja sen pinta-kosteudet ovat hieman koholla – ko. tilan rakennekosteus muovimaton alla on kuitenkin normaali.

Ulkoseinien julkisivuna on pääasiassa tiili, ikkunoiden kohdilla on myös puujulkisivua. Molempien rakennusosien julkisivujen takana on riittävät tuuletusvälit, jota pitkin ylimääräinen kosteus pääsee kuivumaan rakenteesta pois. Tilan SK0007 päätyseinän osalla tuuletusväli on kuitenkin tukkeutunut laastipurseista kahden alimman tiilen verran, mikä huonontaa alaosan kuivumista ja voi edesauttaa eristekerroksen alaosien kastumista ja mikrobivaurioitumista. Kahdessa muussa avauskohdassa laastipurseita on vähemmän. On mahdollista, että muuallakin tiiliseinän alaosissa on huonosti tuulettuvia kohtia laastipurseiden takia.

Ulkoseinien lämmöneristekerrosten rakennekosteudet ovat normaalilla tasolla. Lämmöneristeistä otettiin yhteensä kahdeksan materiaalinäytettä, joissa vain yhdessä oli viite mikrobikasvusta: mikrobivaurioitunut näyte otettiin tilan SK0007 kohdalta pitkältä sivulta, alimman tiilen takaa.

Rakennusten sokkelina on käsittelemätön betoni. Sokkelihalkaisuna on XPS/EPS-eristeitä, jotka eivät vaurioitu niin herkästi. Sokkelihalkaisun eriste ja ulkoseinän villaeristeet on erotettu toisistaan tiiviillä bitumikermillä. Sokkelien maanvastaiset osat on vedeneristetty myös bitumikermillä, mutta kermi on paikoin irronnut yläpinnastaan, jolloin sadevesi pääsee valumaan bitumin ja betoniseinän väliin ja imeytynee siitä betoniseinään.

Rakennusten katto on loiva pulpettikatto. Kattojen vesikatteena oleva pellitys on hyväkuntoinen. Ongelmaksi on paikoin muodostunut syöksytorvien puhdistamattomuus lehdistä, minkä vuoksi muutamien syöksyputkien kohdalla vesi on roiskunut ulkoseinille rankkasateilla aiheuttaen ylimääräistä kosteusrasitusta julkisivuille. Alkuperäisosan ylempien kattojen räystäslaudoitusten maalipinta on kulunut pois, mikä altistaa laudoitukset kosteusvaurioille.

Rakennusten sisäpuolisissa tarkastuksissa ei havaittu katoilta johtuvia vuotojälkiä. Alkuperäisosan eristeessä ei todettu mikrobivauriota yksittäisessä avauskohdassa.

Rakennuksen ilmapuototutkimuksissa havaittiin pistemäisiä ilmapuotoja ikkunoiden alakulmista tiloissa SK0001 ja SK0007. Nämä on suositeltavaa tiivistyskorjata erillisen suunnitelman mukaisesti.

Tutkimusten tuloksena suositellaan laastipurseiden poistoa sekä lämmöneristeiden uusimista vähintään alkuperäisosan päätyseinän osalta (tilan SK0007 kohta) kahden alimman tiilen kohdalta. Ulkoseinän tuulettusta voidaan parantaa myös lisäämällä tuuletusaukkoja ylempään 3.tiilen kohdalle.

Lisäksi suositellaan sokkeleiden bitumikermien yläosien uudelleenkiinnityksiä sekä tarvittaessa erillisen suojalistan lisäämistä kerrin yläpintaan. Vesikattojen osalta suositellaan syöksyputkien yläosien ja rännien säännöllisiä puhdistuksia vuosittain. Kolmen tukossa olevan syöksyputken yläosa tulisi puhdistaa pikaisesti. Talven jälkeen suositellaan katoille huoltotöitä.

Keinumäen koulu

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistiedot	5
1.1	Tutkimuskohde	5
1.2	Tilaaaja	5
1.3	Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat	5
1.4	Muut tutkimukseen liittyvät tahot ja yhteyshenkilöt	5
1.5	Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus	5
1.6	Tutkimuksen ajankohta	5
2	Kohteen yleiskuvaus	6
3	Lähtötiedot	8
4	Tutkimusmenetelmät	8
5	Rakenneteknisten tutkimusten tulokset	8
5.1	Alapohjarakenteet	8
5.1.1	Rakenne ja sijainti	8
5.1.2	Havainnot ja pintakosteuskartoitus kohdetiloissa	9
5.1.3	Johtopäätökset	10
5.1.4	Toimenpide-ehdotukset	10
5.2	Julkisivut; sokkelit ja ulkoseinät	11
5.2.1	Rakenne ja sijainti	11
5.2.2	Havainnot	12
5.2.3	Kosteusmittaukset	21
5.2.4	Mikrobianalyysit	21
5.2.5	Merkkiainekokeet	22
5.2.6	Johtopäätökset	22
5.2.7	Toimenpide-ehdotukset	23
5.3	Yläpohjat ja vesikatot	23
5.3.1	Rakenne ja sijainti	23
5.3.2	Havainnot ulkopuolelta	23
5.3.3	Havainnot ja näytteet sisäkautta	26
5.3.4	Johtopäätökset	27
5.3.5	Toimenpide-ehdotukset	28
6	Muut havainnot	28
7	Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä	28
7.1	Johtopäätökset	28
7.2	Heti tehtävät toimenpiteet	28
7.3	Suosittelavat toimenpiteet rakenneosittain	28
7.4	Korjaussuunnittelussa ja -työssä huomioitavaa	29
8	Päiväys ja allekirjoitukset	29

LIITTEET:

- Liite 1 Pohjapiirustukset
- Liite 2 Analyysivastaukset
- Liite 3 Merkkiainekokeiden havaintokortit
- Liite 4 Tutkimusmenetelmät ja viitearvot

JAKELU:

Mikko Otranen, Espoon Kaupunki mikko.otranen@espoo.fi

1 Yleistiedot

1.1 Tutkimuskohde

Tutkimuksen kohde:	Keinumäen koulu
Osoite:	Karvasmäentie 10a, 02740 Espoo
Tehtävä:	Rakennuksen rajattu rakenne- ja kosteustekninen kuntotutkimus
Työnumero:	24-1345-1

1.2 Tilaaja

Nimi:	Espoon Kaupunki, Tilapalvelut-liikelaitos
Osoite:	Tekniikantie 15, 02150 Espoo
Yhteyshenkilö:	Mikko Otranen
Sähköposti:	mikko.otranen@espoo.fi

1.3 Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat

Nimi:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Osoite:	Bertel Jungin Aukio 9, 02600 Espoo
Sähköposti:	etunimi.sukunimi@ains.fi
Projektipäällikkö:	Lari Eskola
Tutkimushenkilöt:	DI Elli Laine RI Eemil Sintonen (vesikatot)

1.4 Muut tutkimukseen liittyvät tahot ja yhteyshenkilöt

Rakenneavaukset kohteessa suoritti tilaajan urakoitsija ATL-Rakennushuolto Oy, työnjohtajana Riku Mauno.

1.5 Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tutkittavien tilojen rakenteiden kosteusteknistä kuntoa ja toteutustapaa ja sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä tarjouksen 22.10.2024 mukaan. Tiloissa on koettu sisäilmahaasteita ja tila SK0015 on tämän takia poissa käytöstä.

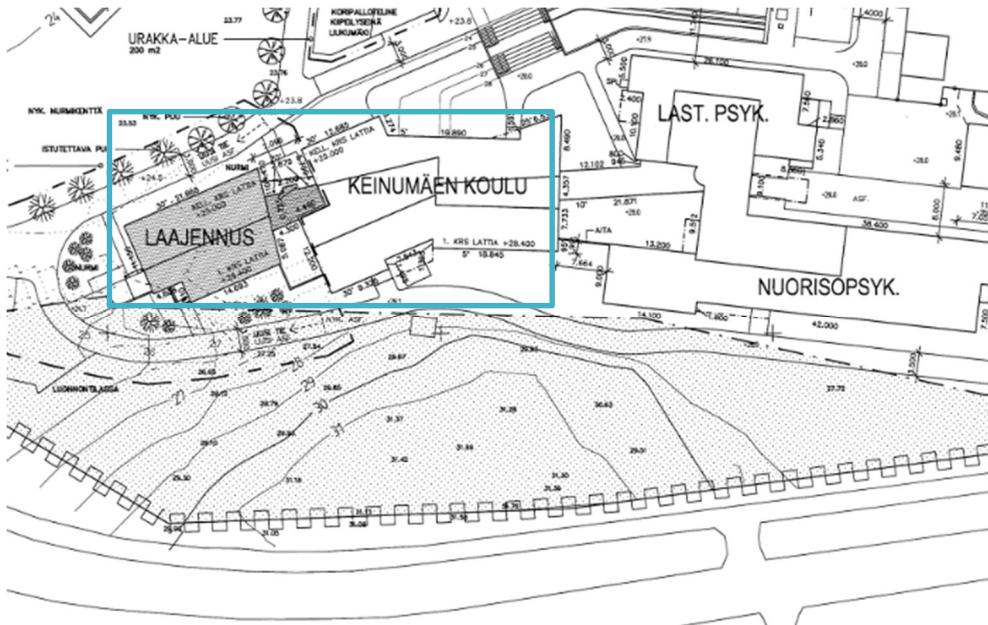
Tutkimukset rajattiin kohteessa tilojen SK0007 ja SK0015 sekä käytävän ZSK11 kohdille.

1.6 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimuksia suoritettiin 28.11.2024 ja 12.12.2024 välisenä aikana. Merkkiainekokeet tehtiin 4.3.2025.

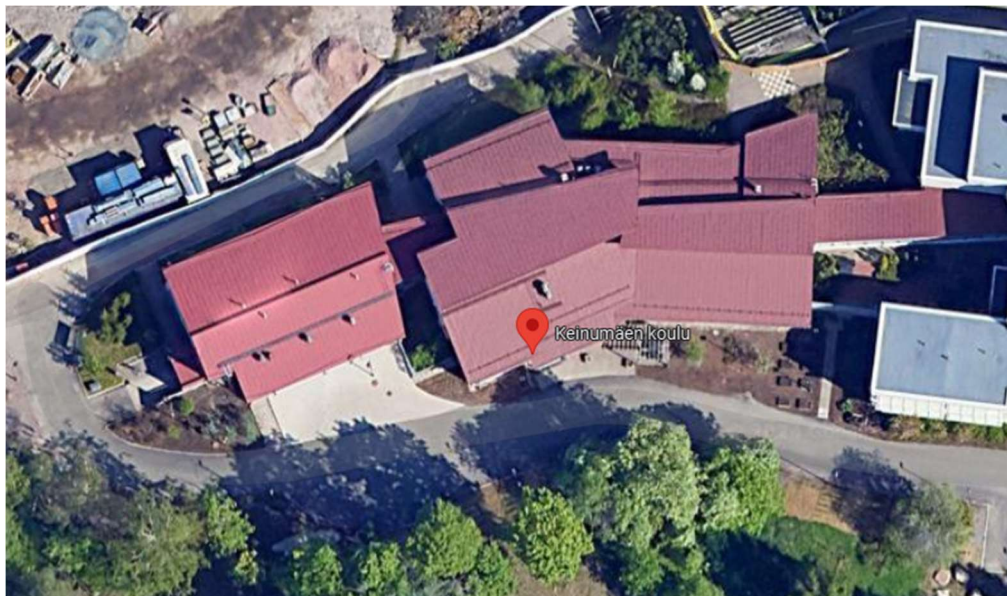
2 Kohteen yleiskuvaus

Rakennus on vuonna 2004 rakennettu opetusrakennus. Rakennukseen on tehty laajennososa vuonna 2012. Rakennus on pääosin betonirunkoinen. Julkisivuna on tiili ja ikkunoiden kohdalla puu. Vesikattona on loiva peltikatteinen pulpettikatto. Tilojen muovimatot on vaihdettu massalattioiksi pari vuotta sitten. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on koneellinen tulo-poistojärjestelmä.



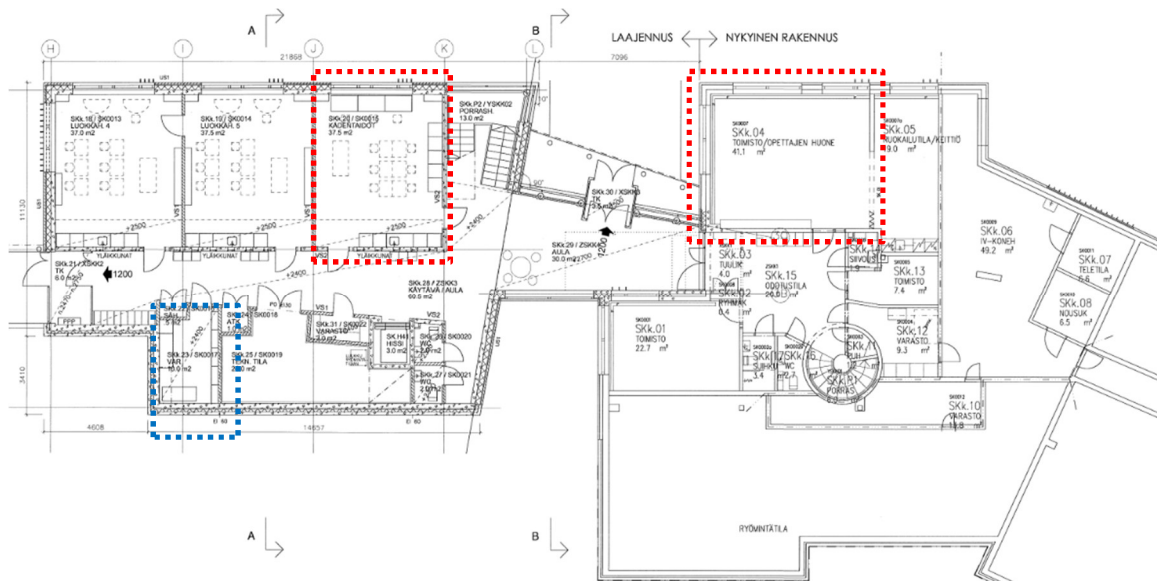
Kuva 1

Tutkimusalue korostettuna kuvassa (Kuvan lähde: Keinumäen koulun asemapiirustus).



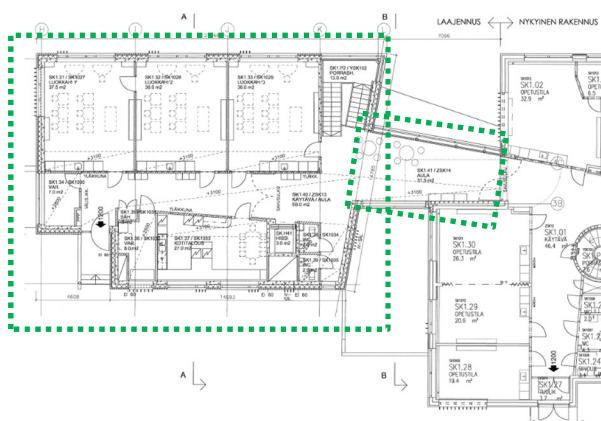
Kuva 2

Kohteen ilmakekuva (Kuvan lähde: Google Maps).



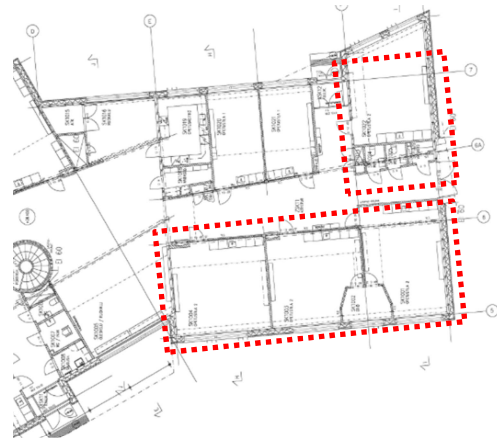
Kuva 3

Alemman SK0-kerroksen pohjapiirustus. Punaisella katkoviivalla on rajattu tutkimusalueet ja sinisellä katkoviivalla pintakosteudeltaan kohonnut tila.



Kuva 4

Ylempi SK1-kerros. Laajennososa sekä talojen välinen yhdyskäytävä on rajattu vihreällä.



Kuva 5

SK1-kerroksen alkuperäisosan käytävä ZSK11 ja sen vieressä olevat ongelmalliset tilat on rajattu punaisella.



Kuva 6

Yleiskuva julkisivusta.



Kuva 7

Alkuperäisosan julkisivua sekä laajennoksen yhdyskäytävää.

3 Lähtötiedot

Tilaaja on toimittanut seuraavat lähtötiedot:

- ARK asema-, pohja- ja julkisivupiirustukset (4 kpl), 2011
- Laajennuksen ARK leikkauspiirustukset A-A ja B-B, 2011
- Laajennusosan RAK1 rakennetyypit, 2012
- Laajennuksen ja vanhan osan rakenneleikkaus 8-8 RAK17, 2012
- Vahinkokartoitus, Delete, 10/2013
- Tutkimusselostus sisäilman laadun mittauksista, Sweco, 5/2019
- Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimusraportti, Sweco, 8/2019.

4 Tutkimusmenetelmät

Tässä tutkimuksessa on käytetty seuraavia tutkimusmenetelmiä:

- Pintakosteuskartoitus rajatuista tiloista
- Viiltomittaus (2 kpl)
- Rakenneavaukset (US 8 kpl, sokkelit 2 kpl, YP 2 kpl)
- Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi (yht. 9 kpl)
- Merkkiainekokeet (3 eri tilaa)

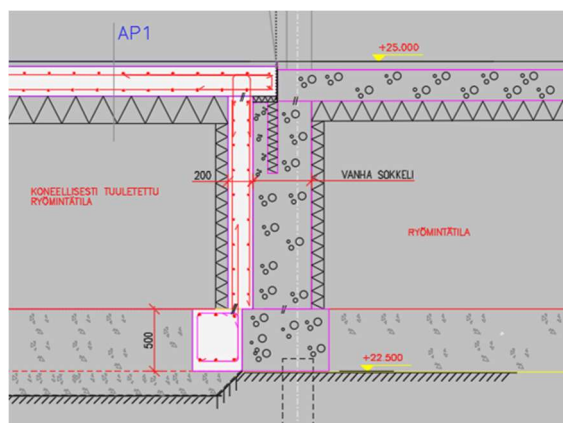
Tutkimusmenetelmien tarkemmat kuvaukset, tulosten tulkintaperusteet, käytetyt mittalaitteet, mittalaitteiden kalibrointitiedot ja virhetarkastelu on esitetty liitteessä 4.

5 Rakenneteknisten tutkimusten tulokset

5.1 Alapohjarakenteet

5.1.1 Rakenne ja sijainti

Lähtötietojen mukaan alapohjarakenteena on tuulettuva alapohja. Alla on esitelty laajennusosan suunnitelmien mukaiset alapohjarakenteet.



AP1, ALAPOHJA

RAKENNE PÄÄLTÄ LUKIEN:

- *LATTIAMATERIAALI HUONESELOSTUKSEN MUKAAN
- *TASOITE 15 MM
- *PAIKALLAVALLETTU KANTAVA TERÄSBETONILAATTA, PAKSUUS RAKENNEKUVIEN MUKAAN.
- *LÄMMÖNERISTE EPS 60S LATTIA 220 MM (LAMBDA DESIGN=0,039 W/M2K), MEKAANINEN KIINNITYS BETONILAATTAAN.
- *SAUMOJEN TIIVISTYS POLYURETAANVAHDOLLA.
- *KONEELLISESTI TUULETETTU RYÖMINTÄTILA >1500 MM
- *ROUTIMATON SORA- TAI SEPELITÄYTTÖ >300 MM (KAPILLAARIKATKO)
- *PERUSMAA, KALLISTUS SALAOJIIIN >1:50

U-ARVO 0,17 W/M2K

RYÖMINTÄTILAN TUULETUSAUKKOJEN MÄÄRÄ ALLE 0,8% ALAPOHJAN PINTA-ALASTA.

5.1.2 Havainnot ja pintakosteuskartoitus kohdetiloissa

Rakennetutkimuksia ei juurikaan kohdistettu alapohjarakenteisiin. Alapohjien pintamateriaalina on pääosin epoksi. Laajennososan varastotilassa SK0017 on muovimatto.

Ongelmallisten tilojen SK0007 ja SK0015 alapohjien pintakosteudet mitattiin. Pintakosteudet olivat normaalilla tasolla: tilassa SK0007 välillä 70...75 ja tilassa SK0015 välillä 84...86. Muovimattopintaissa tilassa SK0017 pintakosteudet olivat välillä 84...93.

Käyttäjien mukaan tilassa SK0017 on ollut vesivahinko aiemmin. Tilan rakennekosteudet mitattiin kahden viiltomittauksen avulla. Rakennekosteudet olivat normaalit: kosteus oli välillä 53...69 RH% lämpötilassa 19,1...19,3 °C. Muovimatto lohkeili jonkun verran mittauspisteissä. Kosteuslukemat on esitetty tarkemmin alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1

Alapohjan viiltomittauksien tulokset tilassa SK0017.

Piste	Pintakosteus	Suhteellinen kosteus, RH%	Lämpötila, °C	Abs.kosteus, g/m ³	Anturi
VM1	80...85	52,5	19,3	8,7	M3440313
VM2	90...93	68,7	19,1	11,3	W4016275
sisäilma		21,2	19,6	3,6	R3750646
ulkoilma		74,6	-2,4	3,1	S4470192



Kuva 8
Yleiskuva tilasta SK0007.



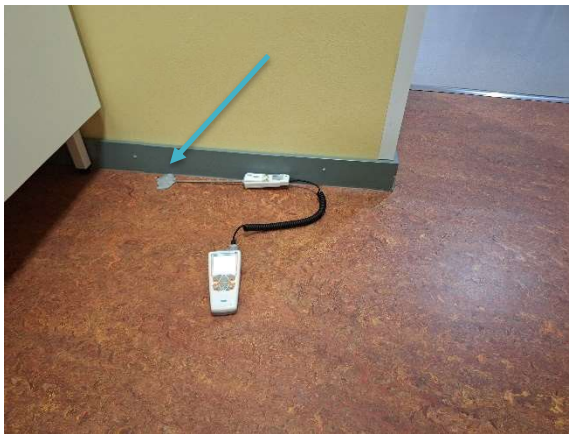
Kuva 9
Yleiskuva lattiapinnoitteesta.



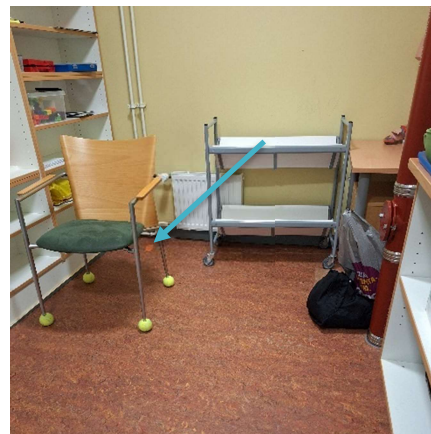
Kuva 10
Yleiskuva tilasta SK0015.



Kuva 11
Yleiskuva tilasta SK0017.



Kuva 12
Viiltomittaus VM1 kuivemmassa kohdassa oven luona.



Kuva 13
Viiltomittaus VM2 tuolin taakse, jossa pintakosteus oli koholla: 90...93.

5.1.3 Johtopäätökset

Ongelmallisten tilojen SK0007 ja SK0015 alapohjarakenteissa ei havaittu kohonneita pintakosteuksia. Ongelmatilojen lattiapinnoitteena on massalattia.

Läheisessä varastossa SK0017 on ollut käyttäjiltä saadun tiedon mukaan vesivahinko, joka on kuivattettu. Varastotilassa on muovimattopinnoite, jonka pintakosteus on hieman koholla. Rakennekosteus muovimaton alla on sen sijaan normaali, joten kohonneet pintakosteuslukemat selittynevät maton ominaisuuksilla (hieman sähköä johtava materiaali).

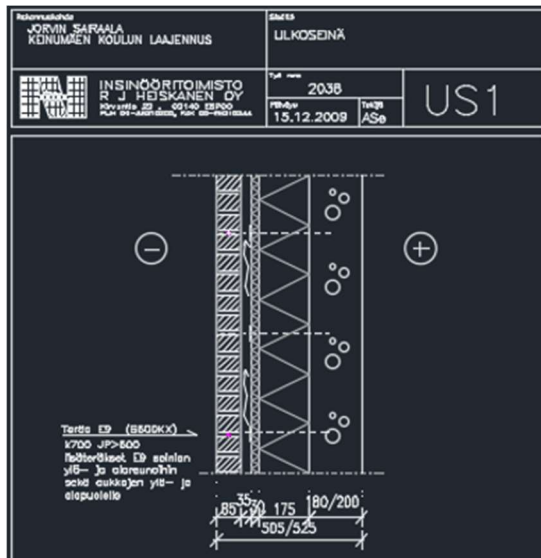
5.1.4 Toimenpide-ehdotukset

Ei toimenpide-ehdotuksia.

5.2 Julkisivut; sokkelit ja ulkoseinät

5.2.1 Rakenne ja sijainti

Laajennososan suunnitelmien mukaan ulkoseinien rakenne on seuraavanlainen.

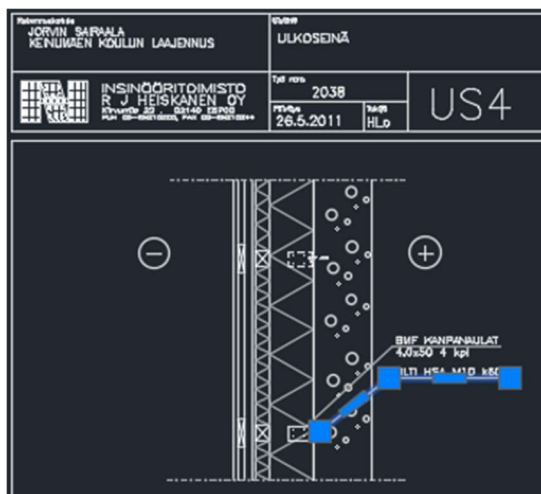


US1, ULKOSEINÄ

RAKENNE ULKOA LUKIEN:

- *KALKKIHIEKKATIIILIMUURAUUS 85 MM, TIILI TYÖSELOSTUKSEN MUKAAN. SAUMAT JA LAASTI TYÖSELOSTUKSEN MUKAAN, SIDONTA RUOSTUMATTOMIN MUURAUSSITEIN >4KPL/M².
- LIIKUNTA-SAUMAT K/K <8000, AUKOTUKSEN NIIN VAATIESSA KÄYTETTÄÄN PIENEMPÄÄ VÄLÄ.
- *TUULETETTU ILMARAKO 35 MM
- *TUULENSUOJA MINERAALIVILLA 30 MM, PALOLUOKKA A2-S1,D0 (ISOVER RKL-FASADE-30 LAMBDA DESIGN=0,031 W/M²K), SAUMAT TEIPATTU, KIINNITYS TIILISITEIN.
- *MINERAALIVILLA 175 MM (PAROC EXTRA LAMBDA DESIGN=0,036 W/M²K) +TIILISITEET Ø4 AISI 304 4 KPL/M²
- *PAIKALLA VALETTU TERÄSBETONI 180 / 200 MM
- *PINTAMATERIAALI JA KÄSITTELY HUONESELITYKSEN MUKAAN

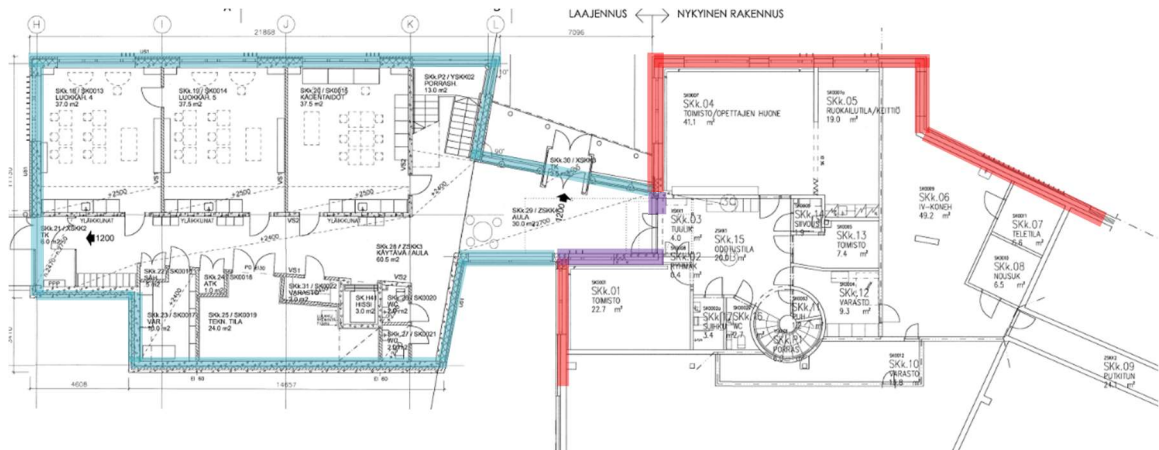
U-ARVO 0.17 W/M²K



US4, ULKOSEINÄ

Rakenne ulkoa lukien:

- pystylaudoitus
- vaakakoolaus 25x100 k600
- tuuletusrako 50 mm, pystykoolaus 25x100 k600
- tuulensuojalevy 6 mm, Luja Windstopper
- vaakakoolaus 50x50 k600 + mineraalivilla 50 mm
- pystykoolaus 150x50 k600 + mineraalivilla 150 mm
- kantava teräsbetoniseinä
- pintakäsittely



Kuva 14

Ulkoseinärakenteiden sijainnit SK0-kerroksen pohjakuvaan merkittynä: punaisella on alkuperäisosa ja sinisellä laajennososa. Lilalla värillä on merkitty vanha ulkoseinä, nykyinen väliseinä, joka on vanhaa sokkelirakennetta.

5.2.2 Havainnot

Tilan SK0007 ulkokulman pintakosteudet ulkoseinän sisäpinnassa olivat hieman koholla: yläkulmassa välillä 71...78, alakulmassa välillä 80...84. Vertailulukemat patterin vieressä olivat 54...58. Tilan ulkoseinällä on kotelointi, jossa on talotekniikkaa. Ulkoseinän ja välipohjan liittymä on tiivistetty mustalla tiivistysmassalla. Kotelossa ei näkynyt vuotojälkiä.

Ylemmän kerroksen käytävälle ZSK11 tehtiin kaksi rakenneavausta: RA2 ja RA3. Avaukset tehtiin käytävän ulkoseinän yläosiin lähelle vesikaton ja ulkoseinän liittymää. Ulkoseinän rakenne oli sisältäpäin lukien: 2x kipsilevy 32 mm, höyrysulkumuovi, lasivilla 150 mm, mineraalivilla 60 mm, ruskea tuulensuojalevy (Kuva 28). Avauksien lämmöneristeistä otettiin materiaalinäytteet mikrobianalyysiin. Eristeet vaikuttivat aistinvaraisesti normaalikuntoisilta.

Alemman kerroksen ulkoseiniin ja sokkeleihin tehtiin rakenneavaukset RA4...RA11 ulkokautta. Avauksia tehtiin tiilijulkisivuun sekä puujulkisivuun, ikkunoiden alapuolelle. Avaukset tehtiin ongelmallisten tilojen SK0007 (alkuperäisosa) ja SK0015 (laajennososa) kohdille.

Laajennososan tiili- (RA10) ja puujulkisivujen (RA9) rakenne oli suunnitelmien mukaisia. Puujulkisivussa lämmöneristeinä oli 200 mm mineraalivillaa. Tiiliseinässä oli ensin 20 mm paksu paperipintainen kova tuulensuojavilla, jonka takana oli pehmeää lasivillaa. Sokkelin päällä oli bitumikermi, joka nousi betonisen seinän ulkopinnalle. Sokkelin ulkopinnassa tiivistys oli tehty kiiltävämmästä ja liukkaammasta materiaalista. Tuuletusrako oli toiselta puolelta tukossa avauskohdalla.

Alkuperäisosasta ei ollut piirustuksia. Alkuperäisosan avaukset RA4 ja RA5 tehtiin päätyseinään, jota pitkin oli valunut sadevesiä useamman vuoden ajan. Avaukset RA6 ja RA7 tehtiin pitkälle sivulle ns. vertailukohtaan, jossa ei ollut tiedossa vesivuotoja. Alkuperäisosan rakenteet vastasivat laajennososan rakenteita. Puu- ja tiilijulkisivun tuuletusvälit olivat 80...85 mm. Puujulkisivun tuulensuojana oli kipsilevy ja tiilijulkisivussa muovipintainen lasivilla. Molempien seinärakenteiden lämmöneristeinä oli keltainen lasivilla. Sokkelin päällä oli bitumikermi kuten laajennososallakin. Päätyseinän tiilimuurauksen laastipurseet tukkivat alimpien tiilien (125 mm korkeudelle asti) takana olevan tuuletusvälin kokonaan (Kuva 35).

Ulkoseinien lämmöneristeistä mitattiin kosteuksia (kpl 5.2.3) sekä niistä otettiin materiaalinäytteitä (kpl 5.2.4). Aistinvaraisesti suurin osa eristeistä oli hyväkuntoisia; avauksen RA7 tiiliseinän takana olevassa eristeillä havaittiin myös hieman tummentumia (Kuva 44).

Alkuperäis- ja laajennososan sokkeleihin tehtiin avaukset RA8 ja RA11. Alkuperäisosan sokkelibetoni oli 170 mm vahva ja laajennosalla 180 mm vahva. Alkuperäisosalla sokkelihalkaisun eristeenä oli 55 mm XPS-eristettä, ja laajennososalla 55 mm XPS-eristettä. Sokkeleiden ulkopintoja ei ole käsitelty. Maanvastaisilla osilla betonin ulkopinnassa oli bitumikermiä, tosin se oli paikoin irronnut betonista (Kuva 47, Kuva 59). Bitumin yläpinnasta puuttuivat kiinnityslistat. Tilan SK0015 syöksyputken vierestä puuttui sadevesikaivo (Kuva 49).

Alla on esitelty rakenneavauskohdat valokuvin.



Kuva 15
Tilan SK0007 ulkokulmassa on kotelointi.



Kuva 16
Ulkokulman seinän pintakosteus vaihteli välillä 71...78.



Kuva 17
Ulkokulman alaosassa kosteus nousi ollen 80...84, vrt. 55.



Kuva 18
Vertailulukema ulkoseinältä: 55.



Kuva 19
Tilan SK0007 kotelointiin tehtiin pieni avaus.



Kuva 20
Kotelossa kulkee kaksi lämmöneristettyä patteriputkea sekä sähköjohtoja. Kotelossa ei havaittu kosteusjälkiä.



Kuva 21
Ulkoseinän ja välipohjan liittymä sekä johtojen läpivienti ulkoseinässä on tiivistetty.



Kuva 22
Kotelointi on tehty 16 mm vahvasta vanerista.



Kuva 23
Rakenneavaus RA2 sisäkautta ulkoseinään käytävällä ZSK11 (alkuperäisosa).



Kuva 24
Rakenne oli: kipsilevyt, höyrynsulkumuovi, lasi-villa, mineraalivilla, tuulensuojalevy.



Kuva 25
Rakenneavaus RA3 käytävän ZSK11 ulkoseinälle.



Kuva 26
Avaus tehtiin noin 165 mm yläikkunoista alaspäin pattereiden väliin.



Kuva 27
Lämmöneristettä oli yhteensä noin 210 mm. Kipsilevyjä oli 2 kpl sisäpinnassa.



Kuva 28
Lasivillan takana oli mineraalivilla sekä ruskea tuulensuojalevy.



Kuva 29
Ongelmatila SK0007 ulkopuolelta. Syöksytornin yläosa on ollut tukossa ja kastellut ulkoseinää pidemmän aikaa.



Kuva 30
Avaukset RA4 (puu) ja RA5 (tiili) alkuperäisosan päätyseinään tilan SK0007 kohdalle.



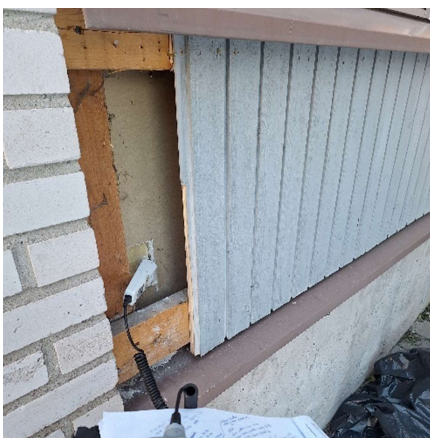
Kuva 31

Rakenneavaus RA4 julkisivulaudoituksen kohdalle. Takana on ristiinkoolaukset ja kipsilevy.



Kuva 32

Julkisivulauta oli 20 mm paksu ja takana on hyvä 80 mm syvä tuuletusrako.



Kuva 33

Eristevillan rakennekosteus avauksessa RA4 oli normaali: 39,9 RH% lämpötilassa +8,2 °C.



Kuva 34

Rakenneavaus RA5 julkisivutiilen kohdalle. Julkisivutiili on 85 mm paksu kahi-tiili. Sen takana on 85 mm syvä tuuletusväli.



Kuva 35

Tuuletusväli on ummessa laastipurseista kahden alimman tiilirivin verran eli noin 125 mm verran sokkelin yläpinnasta.



Kuva 36

Tuulensuojana on muovikalvo, joka on kiinni uloimmassa villassa.



Kuva 37
Rakenneavauksesta otettiin villanäyte noin 1030 mm maanpinnan yläpuolelta, kolmannesta tiilivistä.



Kuva 38
Rakenneavaukset RA6 (puu) ja RA7 (tiili) tilan SK0007 pitkälle sivulle. Julkisivulaudoituksen kohdalla on pellitys.



Kuva 39
Puujulkisivun ja tiiliseinän liittymäkohta.



Kuva 40
Puujulkisivun ja tiiliseinän liittymäkohta.



Kuva 41
Avauksen RA7 kohdalla tuuletusväli on paremmin avoinna.



Kuva 42
Sokkelin päällä on bitumikaistale. Villanäyte otettiin sokkelin ja bitumin päältä.



Kuva 43
Bitumi nousee reilusti betoniselle ulkoseinälle.



Kuva 44
Taaempänä eristevillassa oli hieman tummentumia.



Kuva 45
Rakenneavaus RA8 tehtiin alkuperäisosan sokkelirakenteeseen noin 340 mm maanpinnasta.



Kuva 46
Sokkelin betonin vahvuus oli 170 mm ja sen takana oli noin 55 mm paksu XPS-eriste.



Kuva 47
Sokkelin maanvastaisella osalla oli bitumikermi. Kermi oli irronnut siniseltä alueelta.



Kuva 48
Bitumikermi oli irti syöksytorven takana. Kermin yläpintaa on yritetty tiivistää valkoisella tiivisteellä.



Kuva 49

Rakenneavaus RA9 ja RA10 tehtiin laajennos-osan tilan SK0015 kohdalle. Avauskohtien vierestä puuttui yksi sadevesikaivo.



Kuva 50

Rakenneavaus RA9 puujulkisivuun ja RA10 tiilen kohdalle.



Kuva 51

Julkisivulauta oli 20 mm paksu ja sen takana oli 55 mm syvä tuuletusväli.



Kuva 52

Tuulensuojalevynä oli 2 mm paksu kovalevy. Lämmöneristeenä oli mineraalivillaa.



Kuva 53

Rakenneavaus RA10 tehtiin noin 755...855 mm maanpinnasta.



Kuva 54

Kahi-tiilen takana oli vain 35 mm tuuletusväli. Tuulensuojana oli paperipintainen eristevilla.



Kuva 55
Tuuletusväli oli toiselta puolen tukossa.



Kuva 56
Sokkelin päällä oli bitumikaistale sekä ulkopinnassa liukkaampaa muovipinnoitetta.



Kuva 57
Rakenneavaus RA11 tehtiin laajennososan sokkeliin noin 345 mm maanpinnasta.



Kuva 58
Sokkelibetoni oli 180 mm paksua ja sokkelihalaisussa oli 55 mm EPS-eristettä.



Kuva 59
Bitumi oli irronnut sokkelibetonista myös laajennososalla.



Kuva 60
Vesi pääsee bitumin ja sokkelin väliin yläreunasta.

5.2.3 Kosteusmittaukset

Ulkoseinien eristekerrosten rakennekosteuksia mitattiin ulkopuolisista rakenneavauksista. Rakennekosteudet olivat välillä 37...40 RH% lämpötilassa +7,8...+10,7 °C.

Taulukko 2

Ulkoseinän eristekerrosten rakennekosteudet.

Avaus	Tila, tarkennus	Suhteellinen kosteus, RH%	Lämpötila, °C	Abs.kosteus, g/m ³
RA4	SK0007, pääty, puu	39,8	8,2	3,4
RA6	SK0007, puu	39,6	9,6	3,6
RA7	SK007, tiili	39,8	7,8	3,3
RA8	SK0015, tiili	37,2	9,2	3,3
RA9	SK0015, puu	38,2	10,7	3,8
sisäilma		21,2	19,6	3,6
ulkoilma		74,6	-2,4	3,1

5.2.4 Mikrobianalyysit

Ulkoseinärakenteisiin tehtiin yhteensä 8 rakenneavausta: kaksi avausta sisäkautta ja kuusi avausta ulkokautta. Lisäksi sokkeleihin porattiin kaksi porareikää rakennevahvuuksien selvittämiseksi. Rakenneavauksista otettiin yhteensä 8 materiaalinäytettä mikrobianalyysiin. Näytteet otettiin villaeristeistä. Tulokset on koottu alla olevaan taulukkoon ja tarkemmin ne on esitetty laboratorion analyysivastauksessa liitteessä 2. Näytteenottokohdat on esitetty liitteessä 1 olevassa pohjakuvassa.

Taulukko 3

Alapohjarakenteiden materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tulokset.

Näyte-numero	Tila	Rakenne	Materiaali	Tulkinta
MN2	Käytävä ZSK11, RA 2	US eristetila	Lasivilla	Ei viitettä vauriosta
MN3	Käytävä ZSK11, RA3	US eristetila	Lasivilla	Ei viitettä vauriosta
MN4	Musiikki SK0007, päätyseinä, tiilijulkisivu, 2.alin tiili	US eristetila	Lasivilla	Ei viitettä vauriosta
MN5	Musiikki SK0007, päätyseinä, puujulkisivu	US eristetila	Lasivilla	Ei viitettä vauriosta
MN6	Musiikki SK0007, pitkä sivu, puujulkisivu	US eristetila	Lasivilla	Ei viitettä vauriosta
MN7	Musiikki SK0007, pitkä sivu, tiilijulkisivu, sokkelin päältä	US eristetila	Lasivilla	Viittaa vaurioon
MN8	Tila SK0015, laajennos, tiilijulkisivu, sokkelin päältä	US eristetila	Lasivilla	Ei viitettä vauriosta
MN9	Tila SK0015, laajennos, puujulkisivu	US eristetila	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta

Ulkoseinän villaeristeistä otetuissa näytteissä kasvoi vain niukasti mikrobeja sekä yksittäisiä kosteusvaurioon viittavia lajeja. Näytteessä MN7 kasvoi runsaasti ulkoilman mikrobeja, minkä vuoksi se luokitellaan viitteeksi vauriosta.

5.2.5 Merkkiainekokeet

Kolmeen tilaan tehtiin merkkiainekokeet: tilat SK0001 (vanha sokkeliseinä, nykyinen väliseinä), SK0007 (vanhan osan ulkoseinä alakerta) ja SK1022 (vanhan osan ulkoseinä yläkerta). Tarkemmat merkkiainekokeiden suoritukset ja havainnot on esitetty liitteessä 3.

Tilassa SK1022 ei havaittu merkittäviä ilmavuotoja. Tilassa SK0001 ja SK0007 havaittiin selkeitä piste-mäisiä ilmavuotoja ikkunoiden alakulmista. Muissa rakenneliittymissä ei havaittuja merkkejä ilmavuodoista.

5.2.6 Johtopäätökset

Ulkoseinien julkisivun takana on tuuletusväli, jota pitkin ylimääräinen kosteus pääsee kuivumaan rakenteesta pois. Tilan SK0007 päätyseinän osalla tuuletusrako on kuitenkin tukkeutunut laastipurseista kahden alimman tiilen verran, mikä huonontaa alaosan kuivumista ja voi edesauttaa eristekerroksen alaosan kastumista. Kahdessa muussa avauskohdassa laastipurseita on vähemmän. On mahdollista, että muuallakin tiiliseinän alaosissa on huonosti tuuletettavia kohtia laastipurseiden takia.

Ulkoseinien lämmöneristekerrosten rakennekosteudet ovat normaalilla tasolla. Lämmöneristeissä ei kuitenkaan kasvanut mikrobeja, jotka indikoisivat kosteusvaurioista, paitsi näytteessä MN7 (musiikkitalan SK0007 pitkä sivu). Näyte MN7 otettiin tiilen takaa sokkelin päältä, toisin kuin päätyseinän mikrobinäyte, joka otettiin kolmanneksi alimman tiilen korkeudelta. Alkuperäisosalla eristeen ulkopinnassa oleva muovi estää melko hyvin kosteuden siirtymisen ulkoa eristeeseen. Herkin kohta lienee eristekerroksen alapinta, joka on sokkelin päällä ja paikoin laastipurseiden peittämä. Laajennusosalla tuulensuojana toimii eristeen pinnassa oleva paperi.

Alkuperäisosan julkisivutiili on normaalia matalampi 53 mm korkea kalkkihiekkatiili. Laajennusosalla kalkkihiekkatiili on korkeampi noin 100 mm. Tiilien paksuudet ovat molemmilla osilla 85 mm.

Sokkelihalkaisun ja ulkoseinän lämmöneristeet on erotettu toisistaan tiiviillä bitumikermillä. Bitumikermi nousee ulkoseinärakenteen sisäpuolisen betoniseinän ulkopinnalle, mikä edesauttaa mahdollisen tiivisteeseen kosteuden valumista ulospäin tuuletusrakoon.

Merkkiainekokeissa havaittiin pistemäisiä ilmavuotoja ikkunoiden alakulmista. Ylemmän kerroksen tilassa nämä vuodot olivat erittäin vähäisiä, joiden merkitys sisäilman kannalta lienee erittäin pieni. Alemman kerroksen tilassa SK0007 ja SK0001 ilmavuodot olivat selkeitä. Tilan SK0001 merkkiainekoe tehtiin vanhan sokkeliseinän EPS-eristeeseen, mikä on tällä hetkellä väliseinärakennetta.

Sokkelin ulkopintaa ei ole käsitelty, mikä suojaisi betonipintaa kostumiselta. Sokkelihalkaisuna on XPS/EPS-eristeitä, jotka eivät vaurioidu niin herkästi. Ulkopuolinen betonipinta on myös paksu, mikä vähentää riskiä lämmöneristeiden kastumiselle. Sokkelin maanvastaiset osat on vedeneristetty bitumikermillä, mutta kermi on paikoin irronnut yläpinnastaan, jolloin vesi pääsee valumaan bitumin ja betoniseinän väliin ja imeytynee betoniseinään. Bitumikerman yläosa on irronnut molemmilta rakennusosilta.

5.2.7 Toimenpide-ehdotukset

Suosittelaa laastipurseiden poistoa alkuperäisosan päätyseinän osalta (tilan SK0007 kohta) kahden alimman tilen kohdalta sekä eristeiden uusimista näiltä osin. Ulkoseinän tuuletusta ja kuivana oloa voidaan parantaa myös lisäämällä tuuletusaukkoja ylempiin tiliin (3.tiili).

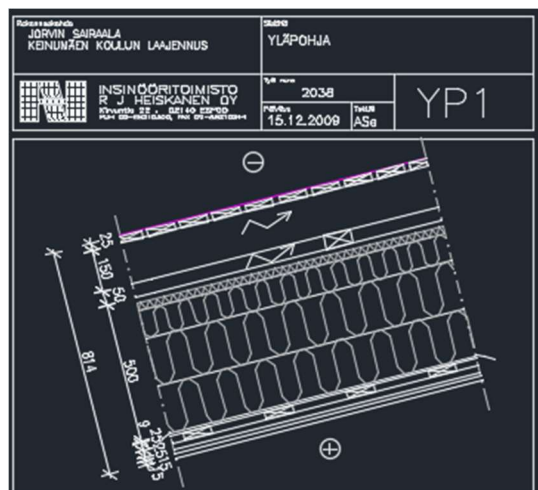
Vaihtoehtoisesti voidaan tiivistää tilan SK0007 ikkunoiden alaosien liittymärakenteita sisäpuolelta (erityisesti ikkunoiden alakulmat). Myös muiden tilojen, joissa on koettu sisäilmahaasteita, ikkunoiden lisätiivistämistä suositellaan erillisen suunnitelman mukaan.

Suosittelaa sokkeleiden bitumikermien yläosien uudelleenkiinnityksiä sekä tarvittaessa erillisen suoja-listan lisäämistä kerrin yläpintaan.

5.3 Yläpohjat ja vesikatot

5.3.1 Rakenne ja sijainti

Saatujen lähtötietojen perusteella yläpohjarakenteena on puurakenteinen pulpettikatto. Alla on esitetty suunnitelmien mukainen laajennososan yläpohjarakenne. Vesikate on konesaumattua maalattua peltiä



YP1, YLÄPOHJA

RAKENNE ULKOA LUKIEN:

- *KONESAUMATTU KUUMASINKITY JA MAALATTU TERÄSPELTI
- *TYÖSELOSTUKSEN MUKAAN
- *ALUSLAUDOITUS 25X100 K120
- *KOOLAUS 50X150 K900 KERTOPUUPALKKIEN KOHDALLE (TUULETUSRA)
- *KOOLAUS 50X100 K900 (TUULETUSRAKO)
- *KERTOPUUPALKIT 63X500 K900, PALKKIEN NÄKYVIIN JÄÄVÄ YLÄOSA KÄSITELLÄÄN HOMESUOJAUKSELLA
- *TUULENSUOJAVILLA 30 MM (PAROC WPS 3 LAMBDA DESIGN=0,034 W)
- *MINERAALIVILLA 100+175+175 MM (PAROC EXTRA LAMBDA DESIGN=0,036 W/M2K)
- *HÖYRYNSULKUMUOVI 0,2 MM, LIMITYS 200 MM
- *SAUMOJEN TEIPPAUS, LÄPIMENOT TIIVISTETTÄVÄ HUOLELLISESTI.
- *PUOLIKOVA KUITULEVY 9 MM
- *HARVALAUDOITUS 25X100 K300
- *HARVALAUDOITUS 25X100 K400
- *GYPROC GF15 PROTECT F 15 MM
- *GYPROC GF15 PROTECT F 15 MM LEVYKERROKSET LIMITETTÄVÄ.
- *MOLEMMAT LEVYKERROKSET KIINNITETÄÄN NORMAALIN RUUVIVÄLEIN (TIHEÄÄN) VALMISTAJAN OHJEEN MUKAAN.
- *PINTAKÄSITTELY HUONESELITYKSEN MUKAAN

5.3.2 Havainnot ulkopuolelta

Rakennusten vesikatteilla ei havaittu suuria puutteita. Muutamien paikoin pellin maalipinta oli irronnut, mutta kohdissa ei havaittu ruostetta. Suurin ongelma oli muutamien syöksyputkien kohdille kertyneet lehdet: kolmen syöksyputken yläpäästä oli tämän vuoksi tukossa. Lehtiä oli kertynyt jo useamman vuoden ajalta. Tukossa olleet syöksyputket on merkitty liitteen 1 julkisivupiirustuksiin.

Katolla oli riittävät turvavälineet ja lumisuojaus. Yhden tikkaan toinen yläkaarre oli heiluva kts. kuva 65. Tikas on merkattu myös pohjakuviin liitteessä 1.

Alkuperäisosan ylempien kattojen räystäslautojen maalipinta oli kulunut suurelta osin pois. Muutamien paikoin pellitysten kiinnitykset olivat osin irronneet alustastaan. Pellitysten ja ulkoseinän rakenneliittymät olivat tiivistetty asianmukaisesti. Katon liittymäkohtia ja ylösnostoja oli tiivistetty jälkeensä liimatiivistemassalla.



Kuva
Alkuperäisosan vesikattoa.



Kuva 61
Laajennososan ja yhdyskäytävän vesikattoa.



Kuva 62
Vesikatteella oli muutamia yksittäisiä maalipuut-
teita.



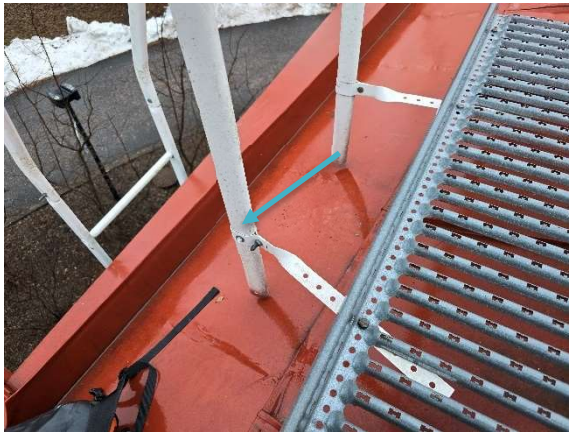
Kuva 63
Alkuperäisosan ränniin oli kerääntynyt lehtiä.
Syöksyputkissa oli lämmityskaapelit.



Kuva 64
Ylemmällä katolla oleva tukos syöksyputkessa.



Kuva 65
Lehtiä oli päässyt maatumaan ränniin ja syöksy-
putken päähän alkuperäisosan kulmalla lähellä
ilmanvaihdon raitisilma-aukkoa.



Kuva 66

Tikkaiden etummainen yläpää oli heiluva. Kiinnitys oli puutteellinen.



Kuva 67

Lapetikkaiden kiinnitys oli asianmukainen. Tikkaan vieressä oli korjausjälki.



Kuva 68

Alkuperäisosan kattoa käyttävän ZSK11 kohdalla. Ylempi räystäs suojasi ikkunallista ulkoseinää kastumiselta.



Kuva 69

Ylempien osien räystäslautojen maalipinta oli kulunut lähes kokonaan pois alkuperäisosalla. Muutamain paikoin peltien kiinnitykset irronneet alustastaan.



Kuva 70

Pellityksen ja julkisivumuurauksen liittymä oli tiivistetty liimatiivistemassalla. Liittymä vaikutti tiiviiltä.



Kuva 71

Rakenneliittymä oli tiivistetty liimatiivistemassalla. Jälki hiukan rujoa.

5.3.3 Havainnot ja näytteet sisäkautta

Yläpohjiin tehtiin kaksi rakenneavausta sisäpuolelta: alkuperäisosan käytävältä ZSK11 ja laajennososan aulasta ZSKK3.

Alkuperäisosan yläpohjan rakenne sisäpuolelta lukien oli: 2x kipsilevy, koolaukset, höyrinsulkumuovi, puhallusvilla. Avauksesta otettiin mikrobinäyte puhallusvillasta, jossa ei ollut viitteitä mikrobivauriosta.

Laajennososan yläpohjaan tehtiin myös yksi avaus. Rakenne oli sisältäpäin kipsilevy, tyhjä tila 54 mm sekä levytys. Tyhjässä tilassa oli noin 2x 22 mm paksut ristikoolaukset. Rakenne vastasi suunnitelmia. Yläpohjan taso oli sen verran ylhäällä, että avauksta ei saatu ulotettua eristetilaan asti, minkä vuoksi eristeestä ei saatu näytteitä. Yläpohjassa ei havaittu kosteusjälkiä aulatilän alaslaskutilassa. Alaslaskun äänenvaimennuslevyt olivat pinnoitettuja. Yksittäisen, muotoon leikatun levyn leikkauspintaa ei oltu pinnoitettu, minkä vuoksi siitä voi päästä kuituja sisäilmaan.

Taulukko 4

Alkuperäisosan yläpohjan eristevillasta otetun mikrobinäytteen tulos.

Näyte-numero	Tila	Osa	Materiaali	Tulkinta
MN1	Käytävä ZSK11	Alkuperäinen	Puhallusvilla	Ei viitettä vauriosta



Kuva 72

Alkuperäisosan rakenneavaus yläpohjaan.



Kuva 73

Rakenne sisältäpäin ja mikrobinäyte MN1.



Kuva 74
Laajennososan rakenneavaus aulatilassa.



Kuva 75
Rakenneavaus lähempää kuvattuna.



Kuva 76
Yleiskuva laajennososan käytävän alaslaskutista, jossa ei havaittu kosteusjälkiä.



Kuva 77
Mahdollinen kuitulähde alaslaskussa: yksittäinen äänenvaimennuslevy, jonka leikkauspinta ei ole pinnoitettu.

5.3.4 Johtopäätökset

Rakennusten vesikatteena oleva pellitys on hyväkuntoinen, eikä katoilla havaittu suuria puutteita. Ongelmaksi on paikoin muodostunut syöksytorvien puhdistamattomuus lehdistä, minkä vuoksi muutamien syöksyputkien kohdalla vesi on roiskunut ulkoseinille rankkasateilla aiheuttaen ylimääräistä kosteusrasitusta.

Alkuperäisosan ylempien kattojen räystäslaudoitusten maalipinta on kulunut pois, mikä altistaa laudoitukset kosteusvaurioille.

Rakennusten sisäpuolisissa tarkastuksissa ei havaittu katolta johtuvia vuotojälkiä. Alkuperäisosan eristeessä ei todettu mikrobivauriota yksittäisessä avauskohdassa.

5.3.5 Toimenpide-ehdotukset

Suositellaan syöksyputkien yläosien ja rännien säännölliset puhdistukset vuosittain. Kolmen tukossa olevan syöksyputken yläosa tulisi puhdistaa pikaisesti.

Talven jälkeen suositellaan alkuperäisosan ylempien kattojen räystäslautojen sekä katepeltien yksittäisten maalivauriokohtien uudelleenmaalausta. Tarvittaessa pehmentyneiden lautojen uusimiset. Samassa yhteydessä suositellaan peltien kiinnityksien parantamiset sekä yksittäisen tikkaan yläpään lisäkiinnittäminen.

6 Muut havainnot

Ylemmän kerroksen ongelmatiloista mitattiin myös pintakosteudet: Tilan SK1022 välipohjan pintakosteudet olivat välillä 70...73 (vrt. 68), tilan SK1001 välillä 71...74 ja tilan SK1002 73...76.

Tilassa SK1012 on aiemmin valunut sadevedet ulkoseinälle; sisäpinnan pintakosteudet olivat nyt normaali välillä 68...72 (vrt. 65).

7 Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä

7.1 Johtopäätökset

Merkittävimmät korjaustarvetta aiheuttavat tekijät ovat vesikatteen syöksyputkien tukkeutumisesta lehdistä sekä tiiliseinän tuuletusraon tukkeutumisesta laastipurseista, mitkä lisäävät ulkoseinän kosteusrasitusta ja voivat edesauttaa eristemateriaalien mikrobivaurioitumista. Kahdessa sisäilmahaasteita koetussa tilassa on tutkimuksien mukaan pistemäisiä ilmavuotokohtia alkuperäisosan ulkoseinän ja sokkelin eristekerroksista sisäilmaan ikkunoiden alakulmista. Muissa rakenneliittymissä ilmavuotoja ei havaittu. Tilat ovat normaaliolosuhteissa lievästi alipaineisia (hetkellinen mittaustulos), mikä mahdollistaa mahdollisten eristevaurioiden epäpuhtauksien pääsyn sisäilmaan ikkunoiden ilmavuotokohdista ja voi näin heikentää sisäilman laatua.

7.2 Heti tehtävät toimenpiteet

- Kolmen tukkeutuneen syöksyputken yläosan puhdistukset
- Rakenneavausten paikkaaminen

7.3 Suositeltavat toimenpiteet rakenneosittain

Korjaussuositukset on esitetty kullekin rakennusosalle niiden tärkeysjärjestyksessä.

Alapohjarakenteet

Ei toimenpide-ehdotuksia

Julkisivut; sokkelit, ulkoseinät, ikkunat

- Laastipurseiden vähentäminen julkisivutiilen takaa sekä tarvittaessa lämmöneristeen uusiminen kahden alimman tiilen kohdilta ainakin alkuperäisosan päätyseinän tilan SK0007 kohdalta

- sama ongelma on mahdollinen muuallakin tiilijulkisivujen kohdilla
 - ko. ulkoseinän tuuletusta voidaan parantaa myös lisäämällä tuuletusaukkoja 3.tiilen kohdalla (laastipurseiden yläpuolelle)
- Tilan SK0007 ja SK0001 ikkunaliittymien lisätiivistykset, etenkin ikkunoiden alakulmat, erillisen suunnitelman mukaan
 - tarvittaessa ikkunoiden lisätiivistykset muissakin sisäilmahaasteita koetuissa tiloissa
 - tiivistyskorjausten laatu suositellaan varmistettavaksi merkkiainekokeilla
- Sokkeleiden bitumikermien yläosien uudelleenkiinnitykset ja tarvittaessa erillisen suojalistan lisääminen kermin yläpintaan

Yläpohjat ja vesikatot (huolto)

- Syöksyputkien ja katon vuosittaiset puhdistukset
- Ylempien kattojen räystäslautojen huoltotyöt, pellityksien kiinnityksien parantamiset
- Yksittäisen tikkaan yläpään lisäkiinnittäminen

7.4 Korjaussuunnittelussa ja -työssä huomioitavaa

Tehdyt jatkotoimenpidesuositukset 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 säännökset. Korjaustöiden suorittamisesta on laadittu Ratu-kortti 82-0383 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku.

8 Päiväys ja allekirjoitukset

Espoossa 5.3.2025

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

DI, RTA Elli Laine
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen

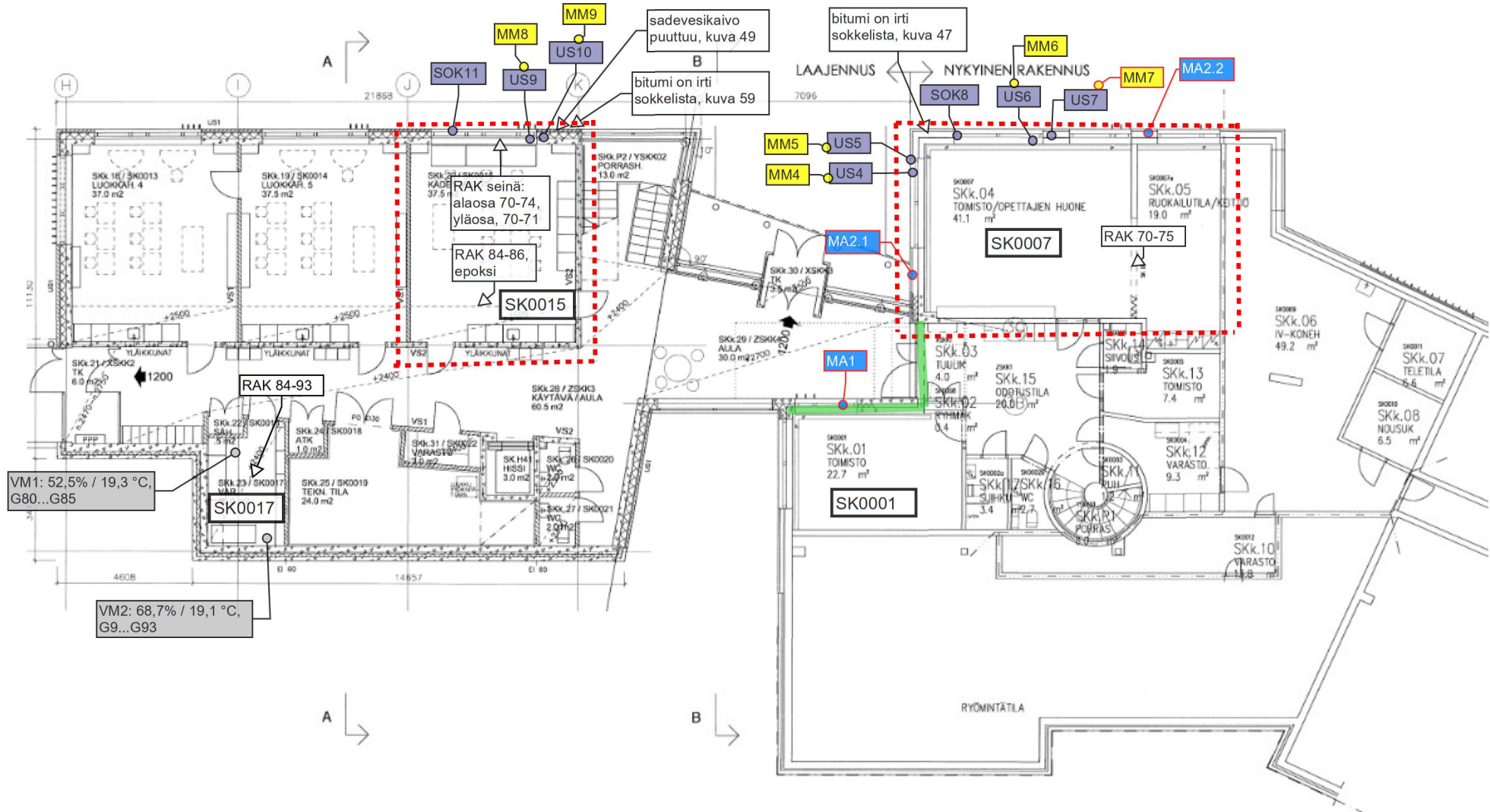
DI Lari Eskola
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen

Keinumäen koulu, k-krs

- MP#: xx,x% / xx,x °C, Gxx Suhteellisen kosteuden mittauspiste, pintakost.lukema
RAK: xx-xx Pintakosteuden lukuarvojen vaihteluväli
XX# Rakenneavaus (US / SOK / YP)
xx, kuva # Kohdehavainto ja/tai valokuva

- Tutkittavan alueen raja
Vanha ulkoseinä
MA# Merkkiineen laskupaikka, pistemäisiä ilmapuotoja

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

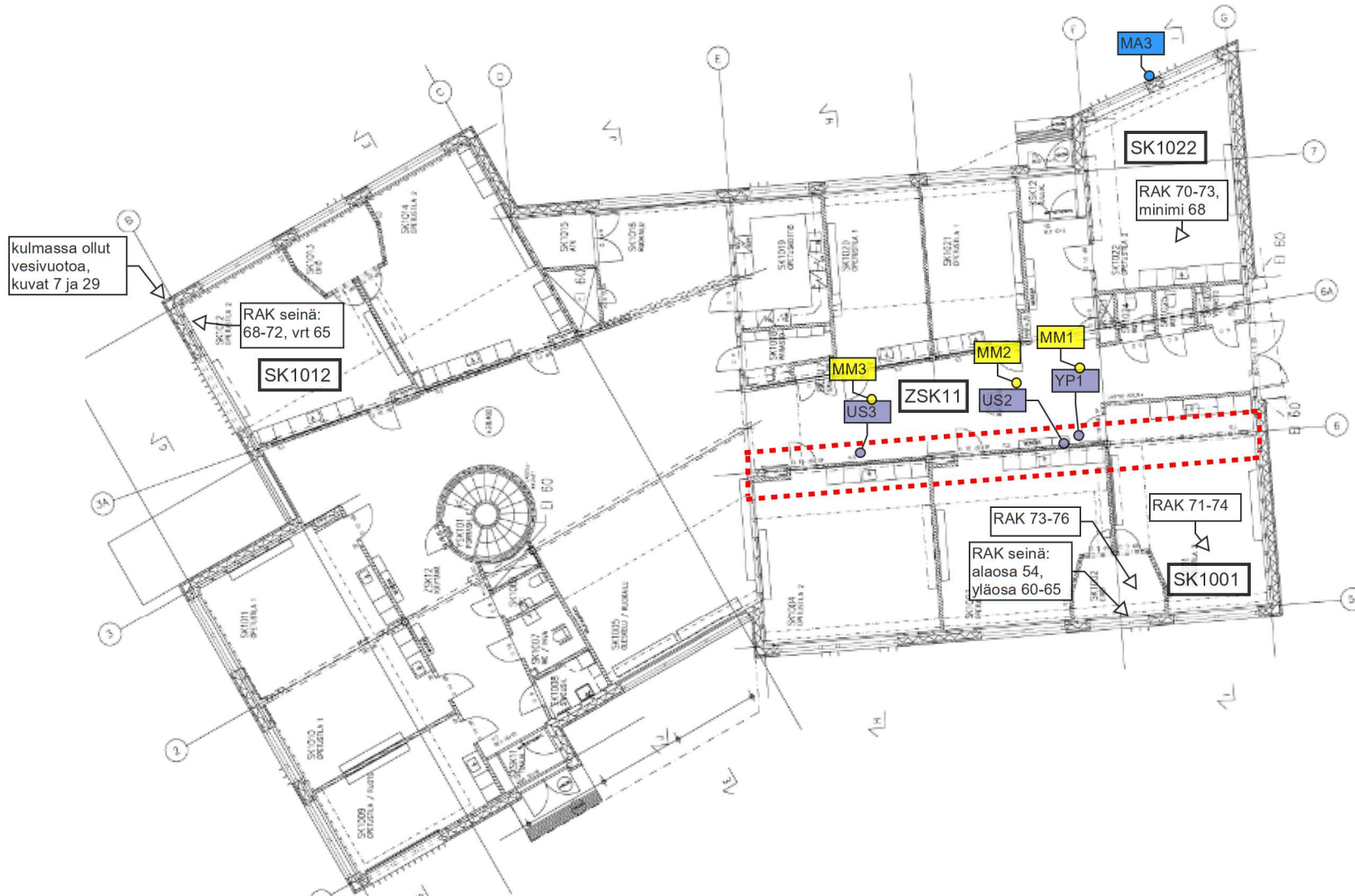


Keinumäen koulu, 1-krs, alkuperäinen osa

- MP#: xx,x% / xx,x °C, Gxx Suhteellisen kosteuden mittauspiste, pintakost.lukema
RAK: xx-xx Pintakosteuden lukuarvojen vaihteluväli
XX# Rakenneavaus (US / SOK / YP)
xx, kuva # Kohdehavainto ja/tai valokuva

- Tutkittavan alueen raja
MA# Merkkiaineen laskupaikka, ei ilmapuotoja

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



Keinumäen koulu, julkisivut

xx, kuva #

Kohdehavainto ja/tai valokuva



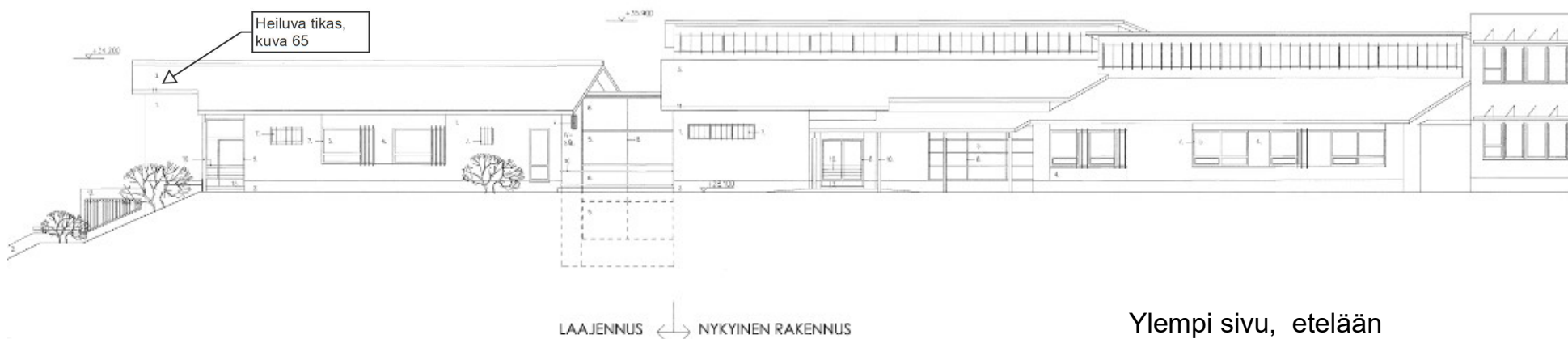
Tukkeutunut syöksytorni



- MAKTIKKAUUTUS JA KIRJIT
1. KALKKINEN KALKKIHIEKKATU
2. BETONI
3. KONEKAUDETU MAALIPUUTU, PUNNUSKEA
4. PISTYJALOSTUS, KOKO, JÄRVI
5. LÄSI
6. JÄRJESTÄMÄ
7. LUKKURIVARJA JA KOKOJÄRJESTÄMÄ
8. ALUMINIUMLIPUUTU

NYKYINEN RAKENNUS ↔ LAAJENNUS

Alempi sivu, pohjoiseen



Heiluva tikas,
kuva 65

LAAJENNUS ↔ NYKYINEN RAKENNUS

Ylempi sivu, etelään

MIKROBIVILJELY MATERIAALINÄYTTEESTÄ, SUORAVILJELY

Tilaaja':	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Elli Laine, elli.laine@ains.fi	Tilauspäivä:	12.12.2024
Kohde':	Keinumäen koulu	Laboratorio:	Kuopio
Projektinumero':		Vastaanottopäivä:	12.12.2024
Näytteenottaja':	Elli Laine	Viljelypäivät:	13.12.2024
Näytteenottopäivät':	12.12.2024		

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä.

YHTEENVETO TULOKSISTA

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte'	Tulosyhteenveto	Johtopäätös
	1, Villa, Käytävä 2SK 11 yläpohja RA1	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	2, Villa, Käytävä 2SK 11seinä RA2	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	3, Villa, Käytävä ZSK 11 seinä RA3	homeet alle määrittäysrajan, vähän bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	4, Villa, Musiikki SK0007 päätyseinä, tiilen takaa	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	5, Villa, Musiikki SK0007 päätyseinä, puun takaa	vähän homeita, bakteerit alle määrittäysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	6, Villa, Musiikki SK0007 pitkä sivu, puuseinä	homeet ja bakteerit alle määrittäysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	7, Villa, Musiikki SK0007 pitkä sivu, tiiliseinä	paljon homeita ja bakteereita	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	8, Villa, SK0015, laajennos tiiliseinä	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	9, Mineraalivilla, SK0015, laajennos puuseinä	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

LISÄTIEDOT

Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

ANALYYSITULOKSET

Näyte': 1, Villa, Käytävä 2SK 11 yläpohja RA1

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	<mr	Kokonaismäärä	+
*Coelomycetes (sr)	+(2)		muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte': 2, Villa, Käytävä 2SK 11seinä RA2

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	<mr	Kokonaismäärä	+
Calcarisporium sp.	+		muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte': 3, Villa, Käytävä ZSK 11 seinä RA3

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	+
			muut bakteerit	+(YK)
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte': 4, Villa, Musiikki SK0007 päätyseinä, tiilen takaa

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
steriilit	+		muut bakteerit	<mr
Penicillium sp.		+	*aktinomykeetit	+(1)

Näyte': 5, Villa, Musiikki SK0007 päätyseinä, puun takaa

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	<mr
Penicillium sp.	+	+		

Näyte': 6, Villa, Musiikki SK0007 pitkä sivu, puuseinä

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	<mr

Näyte': 7, Villa, Musiikki SK0007 pitkä sivu, tiiliseinä

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+++	+++	Kokonaismäärä	+++
Penicillium sp.	+++	+++	muut bakteerit	+++
Cladosporium sp.		+++	*aktinomykeetit	<mr

Näyte': 8, Villa, SK0015, laajennos tiiliseinä

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
steriilit	+		muut bakteerit	+
*Walleimia sp.		+(4)	*aktinomykeetit	<mr
Cladosporium sp.		+		

Näyte': 9, Mineraalivilla, SK0015, laajennos puuseinä

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Cladosporium sp.	+	+	muut bakteerit	+
steriilit		+	*aktinomykeetit	<mr

Tulostaulukon merkintöjen selitykset:

Merkintä	M2 ja DG18 (sienet)	THG (aktinomykeetit)	THG (kokonaismäärä)
+	alle 30	alle 20	alle 75
++	30-49	----	----
+++	50 tai yli	20 tai yli	75 tai yli

< mr = alle määritysrajan

YK = pesäkkeen ylikasvu maljalla, jolloin kysymyksessä on nopeakasvuinen mikrobi, joka leviää maljalla nopeasti peittäen muut mahdolliset pesäkkeet helposti alleen

T = maljat täynnä pesäkkeitä, tarkkaa pesäkemäärää ei voitu laskea.

* = kosteusvaurioindikaattori.

sr = sukuryhmä

lr= lajiryhmä

Kosteusvaurioindikaattorimikrobien osalta on myös ilmoitettu pesäkemäärä.

Mikrobikasvuun viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.

'-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot



Teija Meklin
johtaja, sisäilma
p. +358 45 657 7330
teija.meklin@labroc.fi

ANALYYSIT

Materiaalinäytteistä määritettiin homeiden ja bakteerien määrä suoraviljelymenetelmällä. Hienonnettua materiaalia siirrettiin noin 0,5 ml suoraan elatusalustoille. Homeet viljeltiin mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18 (DG18)-alustalle ja bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustalle (THG). Elatusalustoja pidettiin +25°C:ssa 7 vuorokautta mesofiilisten sienien (homeet ja hiivat) ja kokonaisbakteeripitoisuuksien määrittämiseksi ja yhteensä 14 vuorokautta aktinomykeettien määrittämiseksi. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV). Homeet tunnistettiin mikroskoipimalla suku- tai lajitasolle. Bakteereista tunnistettiin aktinomykeetit. Mikäli kasvustoa ei saatu viljelymenetelmällä esille, kovilla materiaaleilla käytettiin viljelyn tueksi suoramikroskopointia.

Analyysi on akkreditoitu ja ruokaviraston hyväksymä. Hyväksyntä edellyttää, että menetelmän luotettavuus on osoitettu Asumisterveysasetuksen mukaisesti ja menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys laimennossarjalla saatuihin tuloksiin on varmistettu.

MÄÄRITYSRAJA

Menetelmän määrittäysraja on 1 pmy/0,5 ml.

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusvälillä) katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä aktinomykeeteille 28 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi suoramikroskopoinnista tai näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

TULOKSEN TULKINTA

Tulokset tulkitaan käyttäen Labroc Oy:n omaa validointiaineistoa. Suoramikroskopointitulokset tulkitaan Laboratorio-oppaan (2018) mukaisesti.

Tulkinta	Tulos elatusalustalla
ei mikrobikasvua materiaalissa	- sienten pesäkemäärä enintään + JA - bakteerien pesäkemäärä enintään + JA - alle kahta indikaattorimikrobia/taksonia (mukaan lukien aktinomykeetit) JA - suoramikroskopoinnissa ei kasvustoa osoittavaa määrää sienirihmasto
epäily mikrobikasvusta materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: ++ TAI - vähintään kahta indikaattorimikrobia ja vähintään 3 pesäkettä/alusta kutakin (mukaan lukien aktinomykeetit) TAI - suoramikroskopoinnissa kasvustoa osoittava määrä sienirihmasto TAI - bakteerien pesäkemäärä: +++
selvä mikrobikasvu materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: +++ TAI - aktinomykeettipesäkemäärä: +++

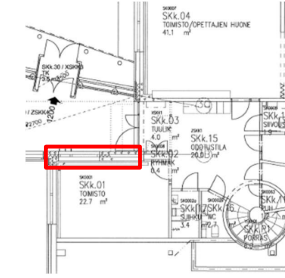
VIITTEET

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

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.

A.-M. Pessi ja K. Jalkanen: Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy 2018.

H. Rintala, P. Tegelberg, M. Hänninen, H. Marttila, T. Meklin. Indikaattorimikrobien merkitys viljelytulosten tulkinnassa – suoraviljelyn, laimennossarjaviljelyn ja qPCR-menetelmän vertailu. Sisäilmastoseminaari 2023



 Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
 Vuodon laajuus

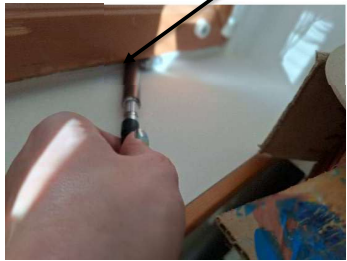
Merkkikaasua syötettiin vanhan sokkelin eristetilaan nopeudella 4 l/min kymmenen minuutin ajan.

Tilan vanhan ulkoseinän ikkunan alaosan rakenneliittymässä havaittiin selvää vuotoa. Selvää vuotoa oli myös ikkunoiden saranoiden ja sormiliitoksen kohdalla (oikea sivu) sekä ikkunalaudan oikeassa kulmassa.

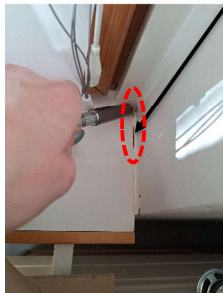
Erittäin heikkoa, pistemäistä vuotoa oli lattian rakenneliittymässä.



Lattialiittymän vuotokohta herkemällä asteikolla 6 (ns. normaalit vuodot näkyvät asteikolla 5).



Selvää vuotoa ikkunan alaosan liittymästä.



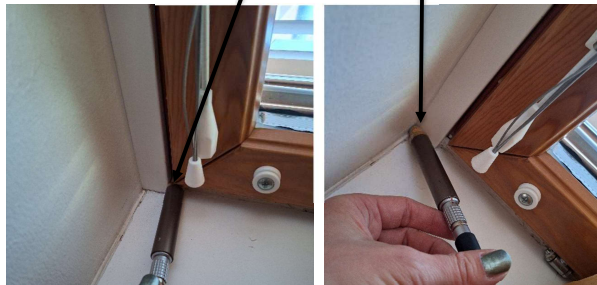
Selvää vuotoja ikkunalaudan oikeassa kulmassa, jossa nähtävissä myös rakoa.



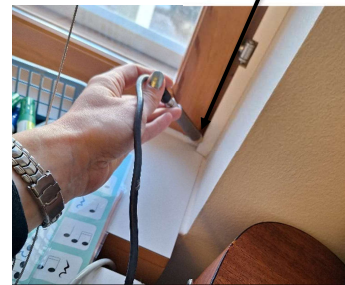
Selviä, pistemäisiä vuotoja ikkunaliittymistä oikealla sivulla.



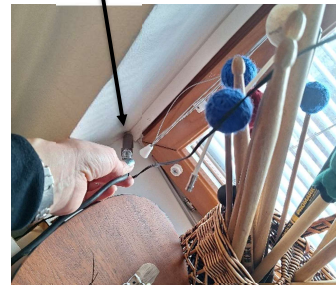
Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila SK0001 alipaineistettiin irrottamalla poistoilman päätelaite. Tilan ja ulkoilman paine-ero oli keskimäärin -10...-12 Pa. Tuulen puuskissa jopa -20 Pa. Normaalisti tila oli noin -2...-3 Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden.



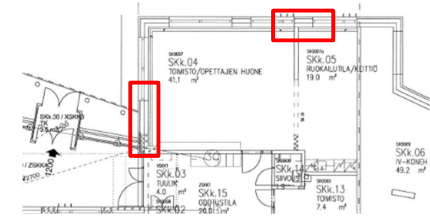
Selvää vuotoa päätyseinän ikkunan vasemmasta alakulmasta.



Vasemman ikkunan sormiliitoksessa oli erittäin lievää vuotoa asteikolla 6.



Oikean ikkunan alakulmassa oli kohtalaista vuotoa asteikolla 5.



Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
Vuodon laajuus

Merkkikaasua syötettiin ulkoseinän tuuletusrakoon nopeudella 4 l/min noin 5–7 minuutin ajan kahteen eri kohtaan.

Päättyseinällä havaittiin selvä, pistemäinen vuoto ikkunan alakulmasta. Muissa rakenneliittymissä ei havaittu merkkejä vuodoista.

Pitkällä sivulla havaittiin kaksi pistemäistä vuotoa ikkunoiden alakulmista. Vasemman ikkunan vuoto oli erittäin vähäistä. Muissa rakenneliittymissä ei havaittu merkkejä vuodoista.



Syöttöpiste 1 (yläkuva) ja syöttöpiste 2 (alakuva).



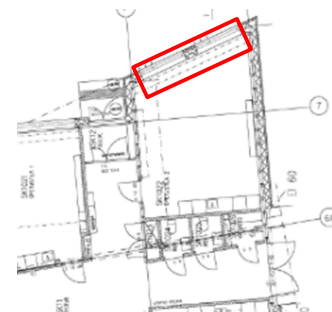
Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila SK0007 alipaineistettiin irrottamalla kaksi poistoilman päätelaitetta. Tilan ja ulkoilman paineero oli noin -11 Pa (-9,4...-13,7 Pa). Normaalisti tila oli noin -2...-3 Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden.



Oikean ikkunan alakulman sormiliitoksessa oli erittäin vähäistä vuotoa.



Oikean ikkunan ikkunoiden liitoskohdassa erittäin vähäistä vuotoa.



 Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
 Vuodon laajuus

Merkkikaasua syötettiin ulkoseinän tuuletusrakoon nopeudella 4 l/min 5 minuutin ajan.

Tilassa havaittiin kaksi pistemäistä vuotoa oikeanpuoleisen ikkunan sormiliitoksissa. Vuodot olivat erittäin vähäisiä ja näkyivät vain erittäin herkällä asteikolla 8 (ns. normivuodot asteikolla 5).



Syöttö tilaan SK1022 ulkokautta.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila SK1022 alipaineistettiin irrottamalla kolme poistoilman päätelaitetta ja teippaamalla toinen tuulilman päätelaite. Tilan ja ulkoilman paine-ero oli noin -10 Pa (tuulenpuuskissa jopa -20 Pa).

SISÄLLYSLUETTELO

1	Laitteiden kalibrointi	2
2	Pintakosteuskartoitus	2
3	Rakennekosteusmittaukset.....	3
3.1	Porareikämittaus	3
3.2	Rakenteiden hetkellinen kosteusmittaus	5
3.3	Viiltomittaus.....	6
3.4	Puun rakennekosteuden mittaaminen.....	7
3.5	Näytepalamittaus	8
4	Rakenneavaukset.....	9
5	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit.....	10
5.1	Tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä	10
6	Rakenteiden tiiviyskoe (merkkiainetutkimus).....	11

1 Laitteiden kalibrointi

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

- Gann Hydrotest LG1, LG2 tai LG3 -pintakosteudenosoittimet ja B50/LB70/LB71 -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)

Kalibrointitodistukset saa nähtäville niitä erikseen pyydettyäessä.

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.

Tutkimusvälineet

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

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 kosteuspitoisuuden 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 kosteuspitoisuutta koko mittaussyvyydeltä, eikä sen perusteella voida eritellä kosteuspitoisuutta eri syvyyksillä. Pelkän pintakosteudenosoittimen lukemien perusteella ei tule tehdä päätöksiä purkutöistä, vaan rakennekosteusepäilyt tulee tarvittaessa tarkistaa luotettavammalla tutkimusmenetelmällä, esim. rakennekosteus- tai viiltomittauksella.

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 mittajan kosketus mittanturiin. Mittapäätä ei myöskään saa viedä n. 5 cm lähemmäksi nurkkaa, jolloin anturi mittaa sähköjohtavuutta 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 Porareikämittaus

Mittaustavalla voidaan selvittää tutkittavan rakenneosan kosteussisältöä ja -profiilia.

Mittauksen suoritus

Betonirakenteeseen porataan tyypillisesti 16 mm mittareikä halutulle syvyydelle, joka puhdistetaan, putkitetaan ja tiivistetään. Tämän jälkeen mittapiste jätetään tasaantumaan, jotta porauksesta syntynyt lämpö- ja kosteuspoikkeama tasaantuu. Tasaantumisessa kestää tyypillisesti kolme vuorokautta. Mittapäät voidaan asentaa putkiin joko heti putkituksen yhteydessä tai vasta tasaantumisan jälkeen. Mittapäiden tulee antaa

tasaantua putkiin asentamisen jälkeen vähintään tunti ennen niiden lukemista. Heti porauksen jälkeen mittausputkiin asennetut ja tiivistetyt mittapääät voidaan lukea 72 tunnin kuluttua. Lisätietoa mittauksesta löytyy RT-kortista 103333.

Tutkimusvälineet

Sisäilman ja rakenteisiin porattujen reikien suhteelliset kosteudet ja lämpötilat mitattiin Vaisalan mittapäillä. Käytettyjen mittauspäiden mallinumerot on esitetty mittauspöytäkirjassa. Porareian putkituksessa käytettiin tiivisteellisiä mittausputkia tai 16 mm sähköputkia ja niiden tiivistyksessä vesihöyryntiivistä kittiä.

Tulosten tulkinta

Rakenteiden kosteussisältö on riippuvainen sisäilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Rakenteissa voidaan todeta olevan normaalista poikkeavaa kosteutta, kun mitatun pisteen absoluuttinen kosteussisältö on lämpötilasta riippuen yli 14...18 g/m³. Referenssimittauspistettä korkeammat rakennekosteudet voivat viitata rakenteissa olevasta normaalia korkeammasta kosteussisällöstä.

Epävarmuustarkastelu

Käytettyjen mittapäiden epätarkkuus on esitetty mittauspöytäkirjassa. Menetelmän suurimmat epätarkkuutta aiheuttavat tekijät ovat mittaustilanteessa suurimmasta pienimpään (suluissa epätarkkuustekijän suuruusluokka, RH-yksikköä): Rakenteen ja yläpuolisen ilman välinen lämpötilaero (± 15), oikea mittaussyvyys (± 10), rakenteen lämpötila epänormaali (± 10), mittausreian putkitus (0...-15), mittapään tasaantumisaika (0...-15), mittausreian puhdistus (-4...10), odotusaika porauksesta (0...10), mittapäätyyppi (-10...0), mittapään käytön määrä ja mittauskohteet (± 5), mittausputken tiivistys (0...-7), kalibroinnin ja tarkistuksen tarkkuus (± 3), aika edellisestä kalibroinnista (0...-3). Mittaus on tarkimmillaan, kun rakenteen lämpötila on välillä +15...+25 °C. Tarkkoihin mittaustuloksiin pääseminen edellyttää säännöllistä tutkimuslaitteiston huoltoa, mutta erityistä huolellisuutta ja ammattitaitoa mittaustilanteessa ja sen ennakkoinnissa. Mukana mittauksessa tulisi olla aina myös referenssimittaus oletetulta kuivalta alueelta, jotta saatuja mittaustuloksia voidaan verrata keskenään. Mittauksessa tulee

noudattaa RT-kortin 103333 ohjeita. Mittauspöytäkirjassa on esitetty mittauksen kokonaisepätarkkuus RT-kortin 103333 mukaisesti arvioituna.

3.2 Rakenteiden hetkellinen kosteusmittaus

Mittaustavalla voidaan selvittää tutkittavan rakenteen (yleensä muurattu rakenne, kotelo tai kevytrakenteinen seinä) kosteussisältöä suuntaa antavasti. Tutkittavaan rakenteeseen tehdään reikä mittapäättä varten, jota ei putkiteta. Mittapään tasaantumisaika on tyypillisesti n. 20...45 minuuttia. Mittapään läpivienti tiivistetään vesihöyrytiiviillä kittillä.

Tutkimusvälineet

Sisäilman ja rakenteiden suhteelliset kosteudet ja lämpötilat mitattiin Vaisalan mittapäillä. Käytettyjen mittauspäiden mallinumerot on esitetty mittauspöytäkirjassa.

Tulosten tulkinta

Rakenteiden kosteussisältö on riippuvainen sisäilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Rakenteiden kosteus vaihtelee tavanomaisesti vuodenajan mukaan. Ulkovaipparakenteiden kosteusmittauksissa tulee huomioida myös auringon ja rakenteiden ilmavuotojen vaikutus. Rakenteissa voidaan todeta olevan normaalista poikkeavaa kosteutta, kun mitatun rakenteen absoluuttinen kosteussisältö on lämpötilasta riippuen yli 14...18 g/m³. Referenssimittauspistettä korkeammat rakennekosteudet voivat viitata rakenteissa olevasta normaalia korkeammasta kosteussisällöstä.

Epävarmuustarkastelu

Mittalaitteiden epätarkkuus on esitetty kosteusmittauspöytäkirjassa. Tasalämpöisissä rakenteissa mittaus on luotettava, mutta ulkovaipparakenteiden ilmavuodot ja lämpötilaerot sisäilmaan nähden saattavat aiheuttaa merkittävän mittavirheen. Mittaus on tarkimmillaan, kun rakenteen lämpötila on välillä +15...+25 °C.

3.3 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 103333.

Tutkimusvälineet

Sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila ja lattiapinnoitteen alle tehty suhteellisen kosteuden mittaukset tehtiin Vaisalan mittapäillä. Käytettyjen mittauspäiden mallinumerot on esitetty mittauspöytäkirjassa.

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.

Epävarmuustarkastelu

Mittalaitteiden epätarkkuus on esitetty kosteusmittauspöytäkirjassa. 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.

3.4 Puun rakennekosteuden mittaaminen

Mittauksella tutkitaan puu, eriste, ym. materiaalin kosteuspitoisuutta piikkiantureita käyttäen. Suuntaa antava mittaus edellyttää rakenteiden avausta tai se voi aiheuttaa vähäisiä vaurioita pinnoitteille. Mittaustulokset menetelmällä saa välittömästi.

Tutkimusvälineet

Puun rakennekosteuden mittaaminen suoritetaan Gann Hydromette UNI 2 -pintakosteudenosoittimella ja Gann M20 -puuanturilla. M20 anturiin on käytössä eri pituisia piikkejä: 16, 23, 60 (teflonpinnoitettu) ja 300 mm. Teflonpinnoitetuilla piikeillä saadaan mitattua tarkemmin kosteuspitoisuutta halutulla tutkintasyvyydellä.

Anturilla ja piikeillä voidaan tarvittaessa mitata myös esim. eristeen, maaperän tai muun huokoisen materiaalin kosteuspitoisuutta suuntaa antavasti.

Tulosten tulkinta

Mittaustulos ilmoitetaan painoprosentteina (p-%). Puun kosteuspitoisuudella tarkoitetaan puutavarassa olevan veden massan ja vedettömän puuaineksen suhdetta. Puu alkaa vaurioitua, kun sen kosteusaste on pitkiä aikoja yli 20 % (tällöin sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on yli 80 %). Kuivien ja lämpimien tilojen rakenteissa olevan puutavaran kosteuspitoisuus on pääsääntöisesti 7...18 p-%, joka vaihtelee ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaisesti. Puurakenteessa voidaan sanoa olevan poikkeavaa kosteutta, kun sen painoprosentti on yli 18 %.

Epävarmuustarkastelu

Mittaus perustuu kahteen rakenteeseen lyötävän metallielektrodin välisen konduktanssin mittaamiseen. Mittaus tulisi ensisijaisesti tehdä puurakenteessa puun syiden suuntaisesti, jolloin elektrodien välinen materiaali olisi homogeenisempaa. Sähkönjohtavuuteen vaikuttavat tekijät, kuten suolat, kemikaalit ja metallit voivat vääristää mittaustulosta. Myös puulaji vaikuttaa mittalaitteen antamaan tulokseen. Mittauksella voidaan melko luotettavasti tutkia puun kosteuspitoisuutta. Muilla materiaaleilla mittaustulos on suuntaa antava.

3.5 Näytepalamittaus

Näytepalamittauksessa tutkitaan rakennemateriaalin kosteuspitoisuutta (yleensä betoni tai tasoite). Rakenteesta otetaan tutkitulta syvyydeltä murusia, jotka suljetaan koeputkeen. Koeputkeen asennetaan tämän jälkeen mitta-anturi ja se tiivistetään vesihöyrytiiviillä kitillä. Mittaustulos saadaan viimeistään 12 tunnin kuluttua. Lisätietoa mittauksesta löytyy RT-kortista 103333.

Tutkimusvälineet

Sisäilman ja rakenteista otettujen näytepalojen suhteelliset kosteudet ja lämpötilat mitattiin Vaisaln mittapäillä. Käytettyjen mittauspäiden mallinumerot on esitetty mittauspöytäkirjassa. Koeputkina käytettiin lasisia koeputkia, joiden sisähalkaisija on 18 mm ja pituus 180 mm (tilavuus n. 30 ml). Tiivistykseen käytettiin vesihöyrytiivistä kittiä.

Tulosten tulkinta

Tasoitteissa suhteellisen kosteuden raja-arvo vaihtelee. Lattiapinnoitteen, tasoitteen tai liiman valmistajan ilmoittaman raja-arvon tulee alittaa rakenteessa ennen pinnoitustöitä.

Betonirakenteiden kosteussisältö on riippuvainen sisäilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Rakenteissa voidaan todeta olevan normaalista poikkeavaa kosteutta, kun mitatun materiaalinäytteen absoluuttinen kosteussisältö on lämpötilasta riippuen yli 14...18 g/m³.

Epävarmuustarkastelu

Mittalaitteiden epätarkkuus on esitetty kosteusmittauspöytäkirjassa. Menetelmän suurimmat epätarkkuutta aiheuttavat tekijät ovat suurimmasta pienimpään (suluissa epätarkkuustekijän suuruusluokka, RH-yksikköä): Oikea mittaussyvyys (± 10), mittapäätyyppi (0...-10), mittapään tasaantumisaika putkessa (0...-10), mittapään käytön määrä ja mittauskohteet (± 5), koeputken tiivistys (0...-7), kalibroinnin ja tarkistuksen tarkkuus (± 3), mittauskuopan puhdistus (± 3), näytemäärä (0...-5), aika edellisestä kalibroinnista (0...-3). Mittaus on tarkimmillaan -20...+ 80 °C lämpötilassa. Mittaus on erittäin tarkka, jos samasta kohdasta otetaan kaksi erillistä näytettä. Näytettä tulee olla

vähintään 1/3 koeputken tilavuudesta, eikä näytteessä saa olla liian pieniä näytepaloja tai porauspölyä. Mittauspöytäkirjassa on esitetty mittauksen kokonaisuutarkkuus RT-kortin 103333 mukaisesti arvioituna.

4 Rakenneavaukset

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

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.

Kalusto

Rakenneavaukset betonirakenteisiin tehdään pääsääntöisesti ø8...28 mm iskuporakoneella ja ø52...100 mm timanttiporakoneella (kuivaporaus). Levyrakenteiden rakenneavaukset tehdään käsityökaluin, monitoimityökalulla tai reikäsahalla. Isommat rakenneavaukset betonirakenteisiin teetetään tarvittaessa ulkopuolisella toimijalla.

Tulosten tulkinta

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

Epävarmuustarkastelu

Rakenneavausten 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 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit

Tutkimuksella selvitetään, onko tutkitun rakenteen materiaalinäytteissä tavanomaisesta poikkeavaa mikrobikasvustoa.

Materiaalinäytteenotto

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

5.1 Tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä

Labroc Oy

Suoraviljelymenetelmän tulokset ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa seuraavasti:

Taulukko 1

Analyysitulosten merkintöjen selitykset (Labroc Oy).

Merkintä	M2 ja DG18 (sienet)	THG (aktinomykeetit)	THG (kok. määrä)
+	alle 30	alle 20	alle 75
++	30 - 49	---	---
+++	50 tai yli	20 tai yli	75 tai yli

Yllä mainittua asteikkoa käytetään sekä mikrobien kokonaismäärän, että tunnistettujen mikrobien määrän arvioimiseen. Jos homeiden ja hiivojen ja aktinomykeettien kokonaismäärät ovat pieniä, lasketaan ja ilmoitetaan kosteusvaurioindikaattorien pesäkemäärä. Tulokset tulkitaan käyttäen Labroc Oy:n omaa validointiaineistoa seuraavan taulukon mukaisesti. Menetelmällä on Ruokaviraston hyväksyntä, jolloin suoraviljelytuloksia voidaan käyttää Asumisterveysasetuksen mukaisesti muun muassa kohteen terveyshaitan arviointiin.

Taulukko 2

Materiaalinäytteen suoraviljelytulosten tulkintamenettely käyttäen Labroc Oy:n validointiaineistoa.

Tulkinta	Tulos elatusalustalla
ei mikrobikasvua materiaalis	- sienten pesäkemäärä: + JA - bakteerien pesäkemäärä: + JA - korkeintaan 2 indikaattorimikrobipesäkettä (mukaan lukien aktinomykeetit)
epäily mikrobikasvusta materiaalis	- sienten pesäkemäärä: ++ TAI - vähintään 3 indikaattorimikrobipesäkettä (mukaan lukien aktinomykeetit) TAI - bakteerien pesäkemäärä: +++
selvä mikrobikasvu materiaalis	- sienten pesäkemäärä: +++ TAI - aktinomykeettipesäkemäärä: +++

Mittausepävarmuus Labroc Oy

Menetelmän määrittäysraja on 1 pmy/0,5 ml. Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusvälillä) katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille bakteereille 17 % ja aktinomykeeteille 31 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

6 Rakenteiden tiiviyskoe (merkkiainetutkimus)

Merkkiainetutkimus on ulkoseinä-, alapohja-, yläpohja- tai 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.

Mittauksen suoritus

Merkkiainekokeita voidaan (1) tehdä rakenteissa esiintyville epäpuhtauksille mahdollisen altistumisen arviointia varten, (2) rakenteista sisäilmaan olevien ilmapuotoreittien selvittämistä varten tai (3) tiivistyskorjausten laadunvarmistuksena.

1. Altistumisolosuhteiden arvioinnissa merkkiainekokeet tehdään tutkittaviin rakenteisiin sen hetkisillä ns. tavanomaisilla olosuhteilla. Paine-ero tutkittaviin rakenteisiin nähden on tällöin yleensä pienempi, kuin seuraavissa tapauksissa.
2. Merkkiainekokeilla voidaan selvittää ilmapuotoreittien määrää ja laatua rakenteista sisäilmaan tarvittaessa koneellisella alipaineistuksella (yleensä n. 10 Pa alipaineessa).
3. Tiivistyskorjausten laadunvarmistuksena tutkittavat tilat alipaineistetaan merkkiainekokeiden ajaksi koneellisesti 10-15 Pascalia tutkittavaan rakenteeseen nähden. Rakennus ei normaalissa käyttötilassa ole yleensä näin alipaineinen.

Tarvittava paine-ero saadaan aikaan yleensä joko kiinteistön omaa ilmanvaihtoa manipuloidulla (mm. ilmanvaihdon päätelaitteita peittämällä) tai erillisellä alipaineistuskalustolla, joka ylläpitää tavoiteltua paine-eroa automaattisesti tutkittavaan rakenteeseen nähden. Alipainetta voidaan luoda myös muilla erillisillä alipaineistuspuhaltimilla tai rakennuksen omilla ilmanvaihtolaitteistoilla. Paine-eroa seurataan yleensä lisäksi erillisellä paine-eromittarilla.

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 merkkiainekaasua johdetaan tutkittavan rakenteen sisään ja merkkiaineen kulkeutumista sisäilmaan tutkitaan rakenneliittymien ja läpivientien kautta kaasuanalysaattorin avulla. Vuotopisteet ja -alueet merkitään, valokuvataan ja kirjataan ylös.

Tutkimusvälineet

Merkkiaineena käytettiin Formier 5 -seoskaasua, jossa on 5 % vetyä ja 95 % typpeä ja on siten tiheydeltään ilmaa vastaava seos. Merkkiaineena syötettiin kaasupulloon liitetyllä virtaussäätimellä, jolla kaasun syöttömäärää voidaan säätää. Merkkiainevuotojen tutkimiseen käytettiin Inficon Sensistor XRS 9012 -merkkiaineanalysaattoria. Merkkiainelaiteanalysaattorin herkkyyttä voidaan säätää tasoille 1-10. Tutkimus suoritettiin pääsääntöisesti herkkyysasetuksella 5, mutta tarkemmassa paikallistamisessa tarvittaessa herkemällä asetuksella.

Tulosten tulkinta

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

On tyypillistä, että rakenteiden tiivistystoimenpiteiden aikana tehtävässä merkkiainekoeksessa pienemmät vuodot korostuvat, kun ilmavuotoreittien määrä on pienentynyt ja rakenteeseen kohdistetaan tavanomaista korkeampi alipaineisuus.

Epävarmuustarkastelu

Merkkiaineena 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 oikeaan kohtaan rakennetta. Kaasunsyöttöpisteiden 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 mikrobien 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. Paine-eromittalaitteen Testo 512 mittausvirhe on $\pm 0,5$ %. Paine-eromittalaitteen Miran DP-200 mittausvirhe on ± 3 %.

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).