

Postipuun päiväkoti (3095)

Postipuuntie 7, 02650 Espoo

Rakennuksen sisäilmatutkimus sekä merkkiainekokeet
25.10.2024, päivitetty 15.11.2024

Työnro 24-1259-1

DI Elli Laine



Tiivistelmä

Tutkimuskohteena on vuonna 1986 valmistunut puurakenteinen yksikerroksinen päiväkotirakennus, jossa on koettu sisäilmahaittaa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää sisäilmahaittojen mahdollisia syitä. Tutkimukset on rajattu ongelmallisiksi koettuihin itäsiiven tiloihin, eteläsiiven tila 4 toimi vertailutilana.

Rakennuksessa on tehty alapohjan ja ulkoseinän liitoskohdan tiivistyskorjauksia vuonna 2021 osiin tiloihin ja ne on todettu silloin tiiviiksi. Nyt suoritetuissa ulkoseinien merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja ikkunaliittymissä, sähköpistorasioissa, muutamissa patterikannakkeissa sekä paikoin tiivistämättömien tilojen alapohjan ja ulkoseinän liittymäkohdissa. Selkeimmät vuotokohdat olivat sähköpistorasioissa ja ikkunaliittymissä.

Ulkoseinien eristeistä otetuissa näytteissä (3 kpl) ei esiintynyt viitteitä mikrobivauriosta.

Alapohjatilan kuntoa ei päästy tarkastelemaan, koska tilaan ei ole käyntiluukkua eikä sitä vielä tehty.

Sisäilman kuitunäytteissä oli toimenpiderajojen ylityksiä neljässä eri tilassa: 4, 38, 42 ja 63. Tuloilman päätelaitteista otetuissa pölynkoostumusnäytteissä oli vain yksittäisiä mineraalivillakuituja sekä vähäisiä määriä rakennusmateriaaleista peräisin olevaa pölyä. Ulkoilman siitepölyä ja silikaattista kiviainespölyä oli runsaammin. Tuloilman päätelaitteissa eikä ilmanvaihtokoneessa havaittu avoimia kuitulähteitä. Myöskään tilojen äänenvaimennuslevyissä ei havaittu kuitulähteitä (avonaisia pintoja). Todennäköisin syy sisäilman mineraalikulitujen ylityksille on ulkoseinärakenteissa olevat ilmavuotokohdat.

Sisäilman olosuhteet tutkituissa tiloissa oli tavalliset ulkoilman säähän verrattuna. Sisäilman lämpötilat nousivat melko korkeiksi iltapäivisin: 23–27 °C. Vastaavasti sisäilman suhteellinen kosteus laskee lämpötilan noustessa sekä kohosi suositeltua korkeammaksi viileämpinä aikoina aamuyöstä. Lämpötila nousi korkeimmaksi eteläsiiven tilassa 38, jossa lämpötila oli päivittäin noin 1–2 °C muita seurattuja tiloja kuumempi. Myös tilan 42 lämpötila on toisella seurantaviikolla korkeahko: 25–27 °C. Hiilidioksiditasot pysyivät pääosin tarkastelluissa tiloissa hyvällä tasolla. Muutamina päivinä hiilidioksidipitoisuus nousi yli 1000 ppm tiloissa 4 ja 38, mutta ei ylitä toimenpiderajaa.

Sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero oli sopivalla tasolla, mutta itäsiiven tilojen (tilat 38 ja 48) paine-ero vaihteli käyttöaikoina nollan molemmin puolin. Vertailutilan 4 paine-ero oli pääosan ajasta yli-paineinen ulkoilmaan nähden, mikä estää epäpuhtauksien kulkeutumisen rakenteista sisäilmaan. Sisäilman ja alapohjatilan välinen paine-ero seurasi ulkoilman paine-eroja ja oli nollan molemmin puolin itäsiiven tilassa 60, mikä viittaa siihen, ettei alapohjatilassa ole erillistä poistoimua. Alapohjatilaa olisi hyvä asentaa erillinen poisto, jotta alapohjatila pysyisi aina alipaineisena sisätiloihin nähden.

Ilmamäärät olivat muutamissa tiloissa selvästi alle suunnitteluarvojen: tilat 4 ja 42 tulo- ja poistoilmavirtojen suhteen sekä tilat 48 ja 67 poistoilmavirtojen suhteen. Ilmamäärät olisi suositeltavaa tasapainottaa suunnitteluarvoihin koko rakennuksessa. Ilmamääriä säädettäessä tulee huomioida tilojen paine-erojen muutokset ulkoilmaan ja alapohjatilaa nähden. Lisäksi on huomioitava keittiön oma erillinen poistoilma ja sen vaikutus muiden tilojen paine-eroihin keittiön käyttöaikoina sekä käyttöajan ulkopuolella.

Postipuun päiväkot

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistiedot	5
1.1	Tutkimuskohde.....	5
1.2	Tilaaaja.....	5
1.3	Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat	5
1.4	Tutkimuksen tarkoitus ja rajausta	5
1.5	Tutkimuksen ajankohta.....	5
2	Kohteen yleiskuvaus.....	6
3	Lähtötiedot	8
3.1	Tilaaajan luovuttamat lähtötiedot	8
3.2	Tutkimuksen aikana saadut tiedot	8
3.3	Tiedossa oleva korjaushistoria ja vahingot.....	8
3.4	Aikaisempien tutkimusten tulokset.....	8
4	Tutkimusmenetelmät	9
5	Rakenneteknisten tutkimusten tulokset	9
5.1	Alapohjarakenteet	9
5.1.1	Rakenne ja sijainti	9
5.1.2	Havainnot ja pintakosteudet.....	10
5.1.3	Merkkiainekoe	11
5.1.4	Johtopäätökset.....	12
5.1.5	Toimenpide-ehdotukset	12
5.2	Julkisivut; sokkelit, ulkoseinät, ikkunat ja ovet	12
5.2.1	Rakenne ja sijainti	12
5.2.2	Havainnot.....	12
5.2.3	Mikrobianalyysit.....	16
5.2.4	Merkkiainekokeet	16
5.2.5	Johtopäätökset.....	18
5.2.6	Toimenpide-ehdotukset	18
6	Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimusten tulokset.....	18
6.1	Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus.....	18
6.2	Tilojen ilmanjako ja ilmamäärät.....	19
6.3	Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja mahdolliset kuitulähteet.....	22
6.4	Johtopäätökset.....	24
6.5	Toimenpide-ehdotukset.....	24
7	Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset	24
7.1	Paine-ero	24
7.1.1	Johtopäätökset.....	26
7.1.2	Toimenpide-ehdotukset	26
7.2	Hiilidioksidipitoisuus sekä sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.....	26
7.2.1	Johtopäätökset.....	28
7.2.2	Toimenpide-ehdotukset	28

7.3	Teolliset mineraalikuidut ja pölyt	28
7.3.1	Johtopäätökset	29
7.3.2	Toimenpide-ehdotukset	29
8	Muut havainnot	29
9	Yhteenvedo tärkeimmistä sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä	30
9.1	Johtopäätökset	31
9.2	Heti tehtävät toimenpiteet	31
9.3	Suositeltavat toimenpiteet rakenneosittain	31
10	Päiväys ja allekirjoitukset	32

LIITTEET:

Liite 1	Pohjapiirustukset
Liite 2	Havaintokortit, merkkiainekokeet
Liite 3	Analyysitulokset
Liite 4	Paine- ja olosuhdeseurantojen kuvaajat
Liite 5	Tutkimusmenetelmät ja viitearvot

JAKELU:

Tiina Lumme, Espoon Kaupunki	tiina.lumme@espoo.fi
Elisa Vene, Espoon Kaupunki	elisa.vene@espoo.fi
Marja Tuomela, Espoon Kaupunki	marja.tuomela@espoo.fi

1 Yleistiedot

1.1 Tutkimuskohde

Tutkimuksen kohde:	Postipuun päiväkot
Osoite:	Postipuuntie 7, 02650 Espoo
Tehtävä:	Rakennuksen sisäilmatutkimus sekä merkkiainekokeet
Työnumero:	24-1259-1

1.2 Tilaaja

Nimi:	Espoon Kaupunki, Kaupunkiympäristön toimiala, Tilapalvelut-liikelaitos
Osoite:	Tekniikantie 15, 02070 Espoon Kaupunki
Yhteyshenkilö:	Tiina Lumme
Sähköposti:	tiina.lumme@espoo.fi

1.3 Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat

Nimi:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Osoite:	Bertel Jungin Aukio 9A, 02600 Espoo
Sähköposti:	etunimi.sukunimi@ains.fi
Vastuuhenkilö:	DI Elli Laine
Tutkimushenkilöt:	DI Elli Laine RI Alexis Grey

1.4 Tutkimuksen tarkoitus ja raja

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tutkittavien tilojen nykyistä sisäilman laatua ja sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä tutkimussuunnitelman 20.8.2024 mukaisesti. Tiloissa on koettu sisäilmahaittaa itäsiiven tiloissa.

Tutkimukset kohdistettiin erityisesti itäsiiven tiloihin; eteläsiiven yhden ryhmän tilat 3–5 toimivat vertailutiloina.

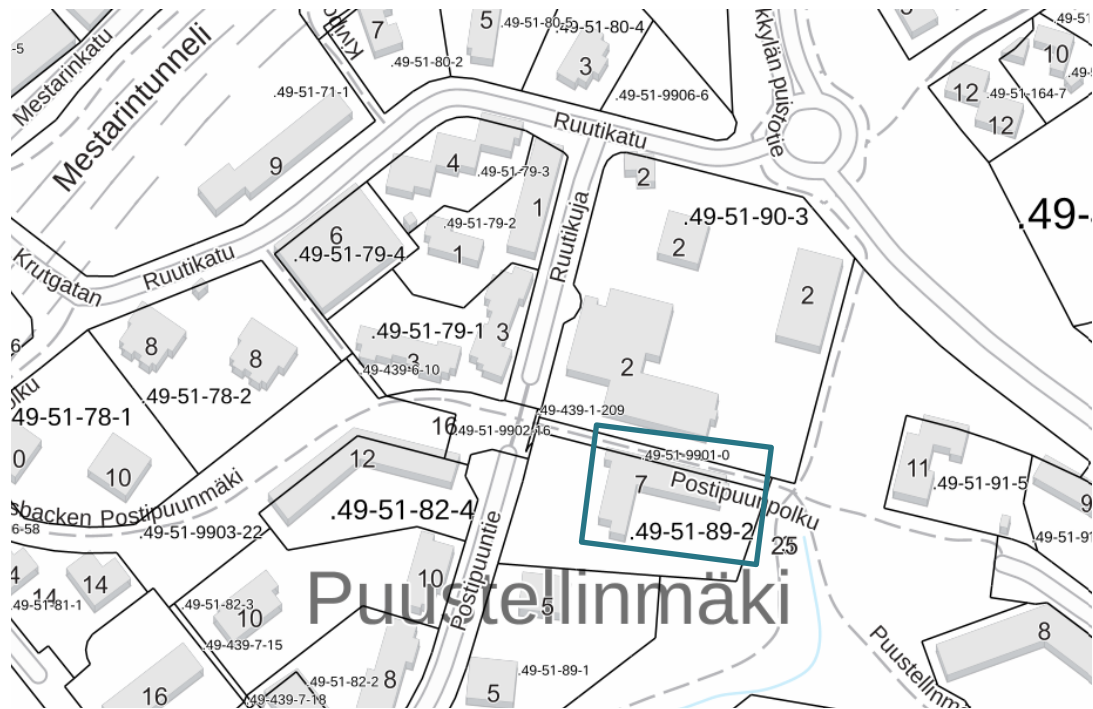
Tutkimuksista jäi pois alapohjatilan tarkemmat tutkimukset, koska tilaan ei ollut käyttiluukkua.

1.5 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimuksia suoritettiin 22.8.2024 ja 16.9.2024 välisenä aikana.

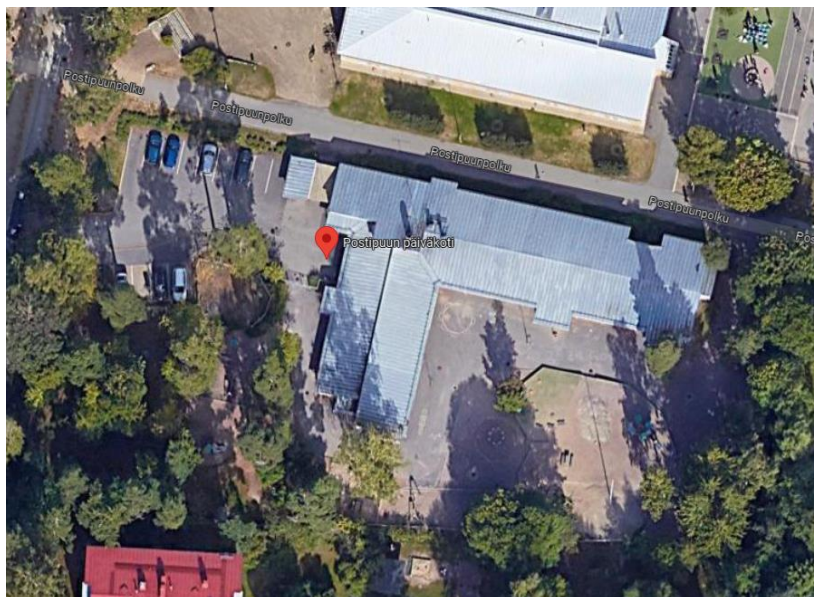
2 Kohteen yleiskuvaus

Rakennus on vuonna 1986 rakennettu yksikerroksinen päiväkotirakennus. Rakennus on pääosin puurunkoinen. Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoiset patterit ja kaukolämpö. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on koneellinen tulo-poistojärjestelmä, joka on alkuperäinen.



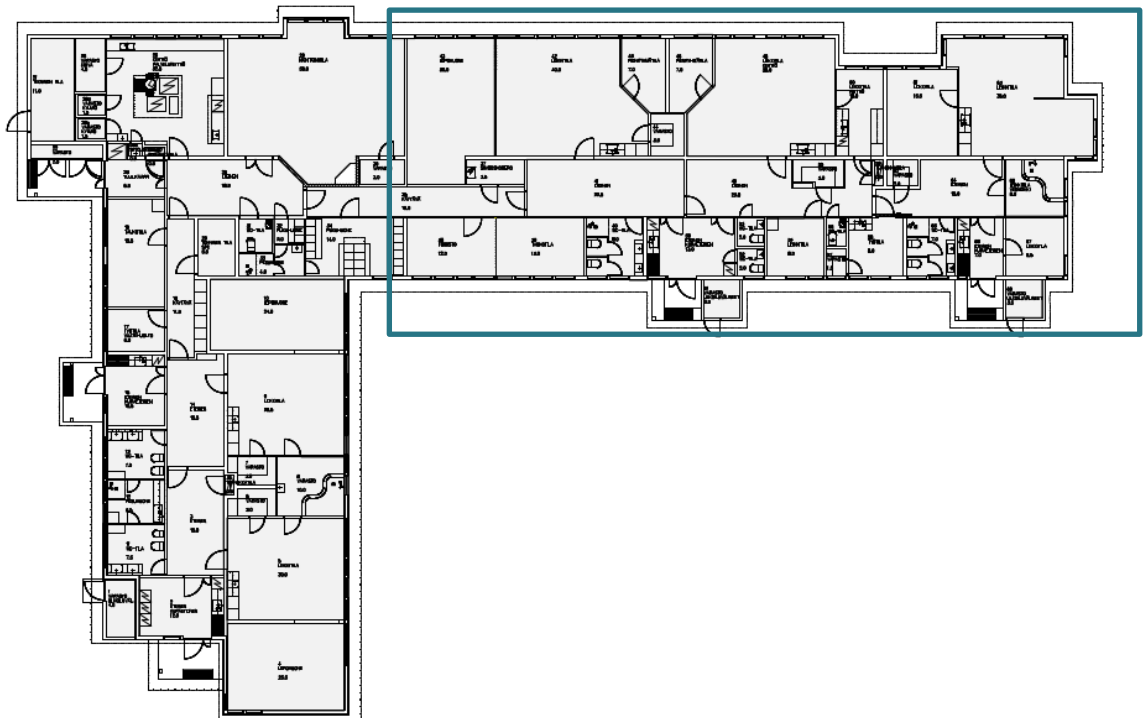
Kuva 1

Tutkimusalue korostettuna kuvassa (Kuvan lähde: Paikkatietoikkuna).



Kuva 2

Kohteen ilmakuva (Kuvan lähde: Google Maps).



Kuva 3

Kohteen pohjakuva. Tutkimukset on rajattu kohteen itäsisivulle, jossa on koettu sisäilmahaittaa.



Kuva 4

Yleiskuva julkisivusta, sisäpihan puolelta.



Kuva 5

Yleiskuva julkisivusta, Postipuunpolun puolelta.



Kuva 6

Yleiskuva kohteen sisätiloista, ruokailutila 42.



Kuva 7

Yleiskuva kohteen sisätiloista, eteisaula 3.

3 Lähtötiedot

3.1 Tilaajan luovuttamat lähtötiedot

- Pohjapiirustus
- IV-piirustukset ja viemäripiirustus
- Lämpökuvausmittausraportti, TR-Lämpökuvaus Oy, 19.1.2012
- Kuntoarvio+PTS, Raksystems Oy, 7.6.2019
- Postipuun päiväkotikiinteistö Sisäilmaolosuhdeilmoitus, Espoon Kaupunki, 2.12.2022
- Postipuun päiväkotikiinteistö, tiivistyskorjausten laadunvarmistukset, mittaukset 22.7.2021, 13.8.2021, 26.8.2021 ja 2.9.2021, WSP Finland Oy
- Postipuun päiväkotikiinteistö, ilmanvaihdon mittauspöytäkirja, Ukon-ilma Oy, 17.4.2024

3.2 Tutkimuksen aikana saadut tiedot

Ensikäynnillä henkilökunnalta saatujen havaintojen perusteella sisäilmahaittaa koetaan etenkin tiloissa 38–39, 58 ja 67. Lisäksi tiloissa 42, 45, 46, 48, 61 ja 63 on koettu sisäilmahaittaa. Kaikki ongelmalliset tilat sijoittuvat rakennuksen itäsiipeen, jossa on oletettavasti tuulettuva alapohjatilatila.

Muutamissa tiloissa (tila 42, 43) on koettu ummehtunutta hajua etenkin maanantaiaamuisin käyttäjien kertoman mukaan.

3.3 Tiedossa oleva korjaushistoria ja vahingot

Rakennus on otettu käyttöön vuonna 1986.

Rakennuksessa on valmistumisen jälkeen suoritettu alapohjan tiivistyskorjauksia seuraavissa tiloissa vuonna 2021: henkilökunnan tilat 19, 34, 38 ja 39; lasten tilat 4, 5, 9, 29, 54, 58, 60, 61, 63, 67 sekä wc-tila 52. Laadunvarmistus on tehty merkkiainekokein ja havaitut vuodot on lisätiivistetty kokeen aikana. Tiloissa oli vain pistemäisiä ja vähäisiä vuotokohtia.

Kohteessa on havaittu patterivesivuotoa tilassa 45 joululoman 2022–2023 aikana. Tila on kuivatettu vuodon korjauksen jälkeen. Lattioiden uusimisesta ei ole tietoa.

Kohteessa olevan takan (tila 29) hormista on aiheutunut kosteutta väliseinissä 1/2018. Kahvihuoneen (tila 19) katto on korjattu noin vuonna 2020.

3.4 Aikaisempien tutkimusten tulokset

Espoon Kaupungin sisäilmasto-olosuhteet -ilmoituksessa vuodelta 2022 osalla käyttäjistä on ollut mahdollisesti sisäilmasta johtuva oireilua. Päiväkodin ulkolaudoituksen maalipinta on ollut ko. ajan-kohtana huonokuntoinen. Käyttäjät ovat kokeneet ummehtunutta kellarimaista hajua tiloissa: 8, 42, 46 ja 66. Näitä tiloja ei ole tiivistyskorjattu.

4 Tutkimusmenetelmät

Tässä tutkimuksessa on käytetty seuraavia tutkimusmenetelmiä:

- Pintakosteuskartoitus tilassa 45 ja 46 sekä yksittäisiä kohtia
- Rakenneavaukset (US 3 kpl)
- Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi (yht. 3 kpl)
- Rakenteiden tiiveyskoe (merkkiainetutkimus, yht. 4 tutkittua tilaa ja kaksi rakennetta)
- Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset
 - o Pölyn mineraalikulujen laskenta (14 vrk) (6x3 kpl)
- Tuloilmakanavien pöly ja puhtaus
 - o Pölyn koostumus/laatu (3 kpl)
- Pitkäaikaiset paine-eromittaukset (yht. 4+1 kpl)
- Pitkäaikaiset lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja hiilidioksidin seurantamittaukset (yht. 5 eri tilaa)

Tarkemmat tutkimusmenetelmät, mittalaitteiden tiedot ja kalibroinnit sekä erilaiset raja-arvot on kerrottu liitteessä 5.

Tutkimukset kohteessa suoritti A-Insinöörit Suunnittelu Oy.

5 Rakenneteknisten tutkimusten tulokset

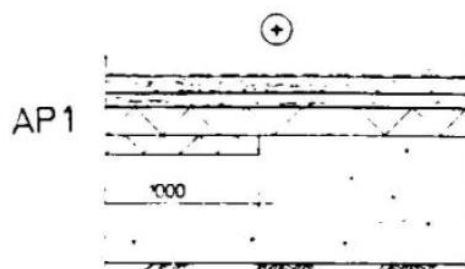
5.1 Alapohjarakenteet

5.1.1 Rakenne ja sijainti

Lähtötietojen mukaan alapohjarakenteita on kaksi: AP1 ja AP2.

Rakenne AP1:

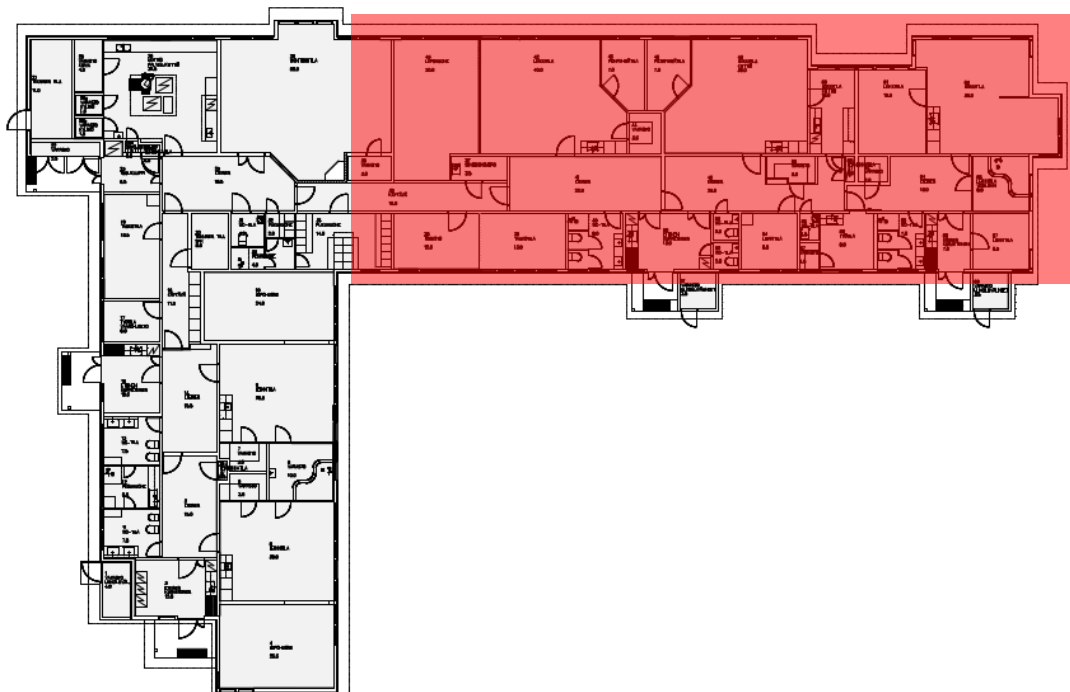
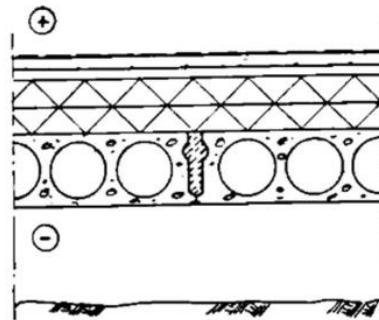
- muovimatto
- teräsbetoni-laatta 60 mm
- sitkeä suojapaperi
- EPS-eriste 75 mm
- tiivistetty sora 200 mm
- maapohja



Rakenne AP2:

- muovimatto
- teräsbetonilaatta 60 mm
- sitkeä suojapaperi
- EPS-eriste 2x 75 mm
- ontelolaatta 200 mm
- tuulettu ryömintätila
- maapohja

AP2



Kuva 8

Alapohjarakenteiden todennäköiset sijainnit kohdehavaintojen perusteella. Punaisella merkitty alue on tuulettuvaa alapohjarakennetta AP2 ja harmaalla alueella on maanvastainen alapohjarakenne AP1.

5.1.2 Havainnot ja pintakosteudet

Kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella tuulettuva alapohjarakenne on itäsiiven tilojen kohdalla, joissa on koettu sisäilmaan liittyviä oireita.

Kohteessa ei havaittu kulkuluukkuja tuulettuvaan alapohjatilaan, minkä vuoksi alapohjan aistinvaista kunnon tarkastusta ei pystytty toteuttamaan.

Kohteen alapohjan pintamateriaalina on pääosin muovimatto tai lattialaatta. Vanhan vesivuodon tilassa 45 mitattiin pintakosteudet, jotka olivat normaalilla tasolla: 63–70. Vertailulukema oli 63. Tilan muovimattoja ei todennäköisesti ole vaihdettu, koska se näyttää samanlaiselta kuin viereisissä tiloissa.

Muutamista muistakin tiloista mitattiin pistokoemaisesti pintakosteuslukemia, ja ne olivat samaa suuruusluokkaa: 65–71. Pintakosteuksien ollessa normaalit tiloissa ei tehty tarkempia viiltomittauksia.



Kuva 9

Tilan 45 yleiskuva. Pöydän alla oli hieman korkeampia pintakosteuksia, mutta lukemat olivat samaa suuruusluokkaa kuin muualla tilassa.



Kuva 10

Viereinen nukkari 46, jossa korkeimmat lukemat (68–71) olivat sänkyjen kulmauksessa sekä oven luona. Lattiamatto on samaa kuin tilassa 45.



Kuva 11

Tilassa 58 alapohjan ja ulkoseinän liittymää on tiivistyskorjattu.



Kuva 12

Tilassa 63 on lattialaattaa. Ulkoseinän liittymä on tiivistyskorjattu.

5.1.3 Merkkiainekoe

Alapohjatilaa ja sisätilaa 63 välillä tehtiin merkkiainekoe, jossa merkkikaasua syötettiin alapohjatilaa tuuletusputken kautta sekä sokkeliin poratun reiän kautta. Sisätila oli kokeen aikana alipaineistettu ovipuhaltimella -11...-12 Pa ulkoilmaan nähden, ja alapohjatilaa viereiset tuuletusputket oli teipattu umpeen.

Kummassakaan syöttötavassa ei havaittu ilmavuotokohtia sisätilassa 63. Tarkempi merkkiainekokeen kuvaus ja syöttökohdat on esitetty havaintokorteissa liitteessä 2.

5.1.4 Johtopäätökset

Alapohjarakenteissa ei havaittu aistinvaraisesti ja pintakosteusmittauksilla merkkejä kosteusvaurioista.

Alapohjan merkkiainekokeissa ei havaittu ilmavuotoja sisätiloihin tiivistyskorjatussa tilassa. Jos alapohjatila on kovin suuri, merkkikaasu voi levitä laajalle alueelle eikä pienet vuotokohdat ole välttämättä nähtävissä sisätiloissa.

5.1.5 Toimenpide-ehdotukset

Suositellaan tarkempia kuntotutkimuksia alapohjatilaan.

5.2 Julkisivut; sokkelit, ulkoseinät, ikkunat ja ovet

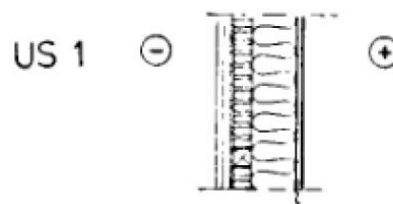
5.2.1 Rakenne ja sijainti

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan ulkoseinärakenne on puurankainen.

Havaintojen ja rakenneavausten mukaan suunnitelmat pitävät paikkansa.

Ulkoseinän rakenne:

- verhouslauta, vaaka
- ilmarako 22 x 100 x 600 mm
- tuulensuojalevy, gyproc 9 mm
- vaakakoolaus 50 x 50 x 600 mm + min.villa 50 mm
- pystyrunko 50 x 120 x 600 + min.villa 125 mm
- rakennusmuovi 0,2 mm
- gyproc 13 mm
- sisäpinta



5.2.2 Havainnot

Julkisivulaudoitus on maalattu viime vuosien aikana; maalipinta on hyvässä kunnossa. Verhouslauta on vaakasuorassa ja sen takana on pystykoolaukset. Verhouslauta on pontattu 24 mm paksu lauta. Ilmarako on noin 20 mm. Eristeenä on mineraalivilla, jota on noin 180 mm. Alla avauskohdat on esitetty valokuvin. Tilojen 43 ja 67 eristeissä havaittiin aistinvaraisesti hieman tummentumia, mitä ei ollut tilan 5 eristenäytteessä.



Kuva 13
Yleiskuva julkisivisulaudoituksesta.



Kuva 14
Verhouslauta ja tuuletusrako ovat yhteensä 44 mm.



Kuva 15
US1, ulkoseinälaudan avaus tilan 67 kohdalla.



Kuva 16
Julkisivulaudan jälkeen on ilmarako ja tuulensuojalevy (gyproc).



Kuva 17
Avaus osui pystykoolauksen kohdalle. Eristettä ennen koolauspuuta 50 mm, yhteensä noin 180 mm.



Kuva 18
Villanäyte 1, jossa on hieman tummentumaa. Näyte otettiin ulkopinnasta.



Kuva 19
US2, julkisivun avaus tilan 43 kohdalle.
Avauskohta oli noin 900 mm maanpinnasta.



Kuva 20
Laudoitus 24 mm paksua.



Kuva 21
Avaus tuulensuojaan. Eristettä noin 140 mm.



Kuva 22
Näyte 2 eristeestä sisälsi hieman tummentumaa.



Kuva 23
US3, avaus tilan 5 kohdalle.



Kuva 24
Avaus tehtiin noin 550 mm maanpinnasta.



Kuva 25
Tuuletusrako oli noin 20 mm ja julkisivulauta 24 mm paksu.



Kuva 26
Julkisivulauta takapuolelta.



Kuva 27
Avaus tuulensuojalevyyn.



Kuva 28
Näyte 3 eristeestä ei sisältänyt tummumia.



Kuva 29
Kipsilevy on 9 mm paksua.



Kuva 30
Avauskohdan US2 paikkaus. US3 paikattiin samalla tavalla.

5.2.3 Mikrobianalyysit

Ulkoseinärakenteiden rakenneavausten yhteydessä otettiin kolme materiaalinäytettä mikrobianalyysiin. Kahdessa näytteessä havaittiin tummentumaa (tilat 67 ja 43). Tulokset on koottu alla olevaan taulukkoon ja tulokset on esitetty tarkemmin laboratorion analyysivastauksessa liitteessä 3. Näytteenottokohdat on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 1

Ulkoseinärakenteiden materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tulokset.

Näytenumero	Tila	Rakenne	Materiaali	Tulkinta
MN1	Tila 67, Ilvekset nukkari	ulkoseinä	mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN2	Tila 43, Pöllöt nukkari	ulkoseinä	mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
MN3	Tila 5, Muurahaiset ruokailu	ulkoseinä	mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta

Kaikissa ulkoseinän rakenteista otetuissa näytteissä oli vain vähäisiä määriä mikrobeja eikä yhtään kosteusvaurioidikaattoria, joten näytteissä ei todettu viitteitä mikrobivaurioista.

5.2.4 Merkkiainekokeet

Merkkiainekaasua (typpi-vetyseosta) laskettiin ulkoseinärakenteen tuuletusrakoon ulkokautta. Tuuletusraon alapinta teipattiin umpeen kokeen ajaksi. Kaasunsyöttöpisteiden sijainnit on esitetty liitteen 1 pohjakuvassa. Merkkiainekokeet suoritettiin alipaineistettuna tutkittavien tilojen ollessa -11...-14 Pa alipaineisia ulkoilmaan nähden. Tarkemmat koejärjestelyt on esitetty havaintokorteissa liitteessä 2.

Merkkiainekokeissa todettiin selviä/kohtalaisia ja toistuvia ilmavuotoja ikkunaliittymissä, etenkin tilan 67 ikkunoissa oli laaja-alaista vuotoa. Lisäksi tilojen 42 ja 43 väliseinän ja lattian liittymäkohdissa oli selvää vuotoa huoneiden välisen liukuoven kohdalla.

Kohtalaista ilmavuotoa oli tilojen 42 ja 43 lyhyen väliseinän (ulkoseinää vasten oleva) valokytkimisä ja pistorasioissa sekä muutamissa kannakkeissa. Tilan 5 ulkoseinässä oli pieniä ruuvien/naulan reikiä, joista tuli merkkikaasua selvästi.

Lieviä tai kohtalaisia pistemäisiä ilmavuotoja oli myös alapohjan ja ulkoseinän liittymässä: tiivistämättömässä tilassa 43 sekä tiivistyskorjatun tilan 67 väliseinän kohdalla; tiivistyskorjaus oli tehty vain ulkoseinien kohdille.


Kuva 31

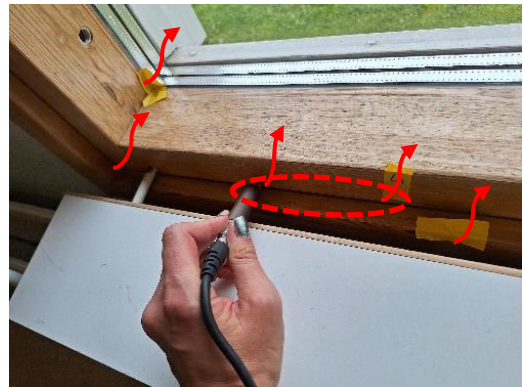
Tilan 67 laaja-alainen vuotokohta ikkunan alalistan liittymäkohdasta sekä pistemäinen kohta ikkunan kulmasta. Lieviä pistemäisiä vuotoja alapohjan liittymässä (tiivistyskorjattu kohta).


Kuva 32

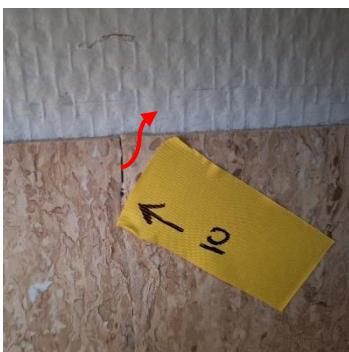
Tilan 67 selvä vuotokohta seinän reiästä jalkalistan yläpuolelta sekä pieni aluemainen vuoto väliseinän kohdalla, jota ei ole tiivistyskorjattu (lähellä kerrossängyn jalkaa).


Kuva 33

Tilojen 43 ja 42 väliseinän pistorasioissa ja kytkimissä (3 kpl) on kohtalaista vuotoa. Samoin väliseinän oven ja lattian liitoskohdissa on selvää ilmavuotoa.


Kuva 34

Tilan 43 ikkunaliittymissä sekä yhdessä ikkunalaudan kannakkeessa on selviä ilmavuotoa.


Kuva 35

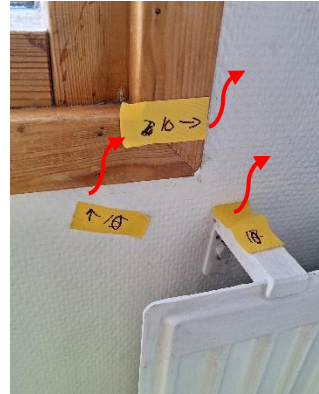
Tilan 43 lattianoston halkeamassa selvä vuotokohta. Tiloja 42 ja 43 ei ole tiivistyskorjattu.


Kuva 36

Tilan 5 ilmavuotokohtia ikkunaliittymissä sekä pieni reikä seinässä kannakkeen vieressä.



Kuva 37
Selvä vuotokohta väliseinän patteriläpiviennin kohdalla tilassa 5.



Kuva 38
Selvä vuotokohtia tilan 5 kannakeessa, ikkunalistassa sekä ulkoseinän paikkauskohdassa ikkunan alapuolella.

5.2.5 Johtopäätökset

Ulkoseinien merkkiainekokeissa havaittiin selviä vuotokohtia kaikissa tutkituissa tiloissa: 5, 43, 42 ja 67. Selvin ja laaja-alaisin vuotokohta oli tilan 67 ikkunan alaosan liittymäkohdassa, mutta muisakin tiloissa oli selviä vuotokohtia. Todennäköisesti ulkoseinän eristetilasta on hallitsemattomia vuotoja kaikkialla rakennuksessa.

Ulkoseinän eristenäytteissä ei esiintynyt viitteitä mikrobivaurioista (kolme näytekohtaa).

5.2.6 Toimenpide-ehdotukset

Toimenpiteinä suositellaan ikkunaliittymien sekä ulkoseinien ja niiden lähellä olevien väliseinien läpivientien sisäpuolisia tiivistyskorjauksia kaikissa tiloissa.

6 Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimusten tulokset

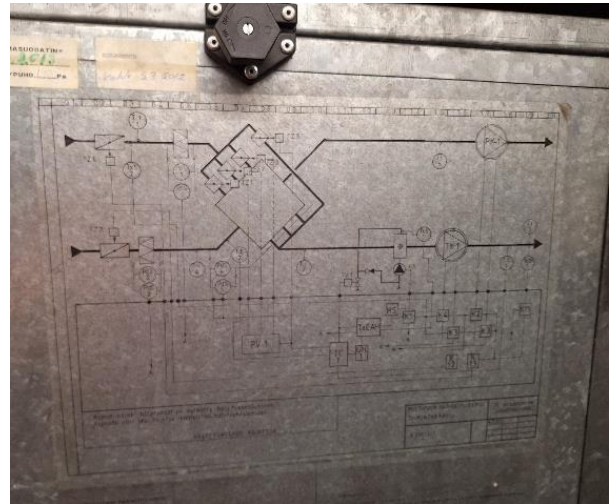
6.1 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Kiinteistössä on koneellinen tulo-poistoilmavaihto ja se on alkuperäinen. Kohteen kiinteistönhoitajan mukaan ilmanvaihto on päällä jatkuvasti: ilmanvaihto kuitenkin puolittui tutkimusaikana yöajaksi alkaen klo 20. Keittiön erillispoiston käyttöajoista ei ollut tietoa.

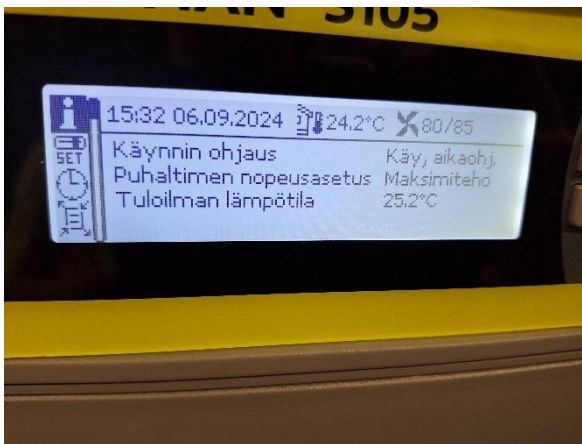
IV-kone sijaitsee katolla erillisessä konehuoneessa, ja sinne on pääsy sisäkautta jumppasalista (tila 29) puolapuita pitkin. IV-kone on paikalla tehty alkuperäinen kone, jossa on lämmöntalteenotto. Koneen suodattimia on merkintöjen mukaan vaihdettu 1–2 kertaa vuodessa; viimeisin vaihto on ollut 22.7.2024. Konetta ohjataan Oumanin S105 säätölaitteella ja aikaohjelmalla.



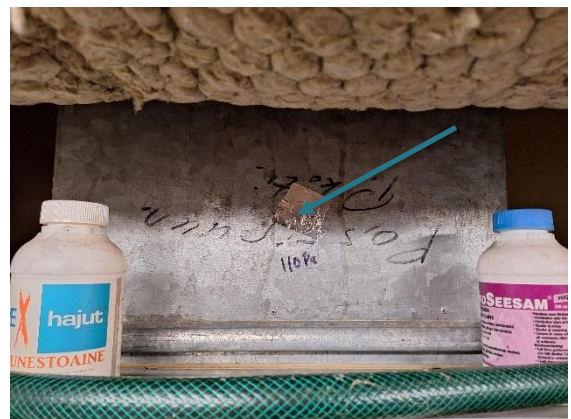
Kuva 39
Yleiskuva iv-koneesta.



Kuva 40
IV-koneen säätökaavio koneen kyljessä.



Kuva 41
IV-konetta ohjataan Ouman S105 säätölaitteella.
IV-kone käy maksimiteholla 6.9.2024 klo 15.30.



Kuva 42
Valmis mittareikä IV-koneen päältä lähtevässä poistoilmakanavassa heti puhalluskammion jälkeen.

6.2 Tilojen ilmanjako ja ilmamäärät

Tiloissa on KS-malliset poistoilman päätelaitteet sekä TS-HVC malliset tuloilman päätelaitteet. Ilmamääriä tarkastettiin TSI:n airflow-mittariin lisättävällä mittaussuuttimella muutamista huone-tiloista: 4, 38, 39, 42, 48 ja 67. Mittaustulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2

Ilmamäärämittaukset tilakohtaisesti sekä niiden suunnitteluarvot ja ero suunnitteluarvoihin nähden. Huonekohtaisesti ilmamäärät tulisi olla ± 20 %. Mittaukset tehtiin iltapäivästä klo 14 jälkeen.

Tila	Mitattu tulo (l/s)	Mitattu poisto (l/s)	Suunniteltu tulo/poisto (l/s)	Ero tulo	Ero poisto
38 toimisto	+25	-26	± 25	0 %	0 %
39 toimisto	+26	-25	± 25	0 %	0 %
42 Pöllöt, ruokailu	+33, +31 yht. +64	-31, -30 yht. -61	+105, -100	-39 %	-39 %
48 Oravat, ruokailu	+41, +47 yht. +88	-31, -23 yht. -54	± 85	0 %	-36 %
67 Ilvekset, nukkari	+21	-12	± 20	0 %	-40 %
4 Muurahaiset, nukkari	+40	-32	± 60	-33 %	-47 %

Tilojen 42 ja 4 tuloilmamäärissä on puutteita sekä tilojen 42, 48, 67 ja 4 poistoilmamäärät ovat liian alhaiset. Mittausten perusteella tilat 4, 48 ja 67 ovat ylipaineisia. Tilat 38, 39 ja 42 ovat tasapainossa tulo- ja poistoilman suhteen.

Huhtikuussa 2024 Ukonilma Oy on mitannut kaikki huonetilat. Näissä huhtikuun mittauksissa tilassa 42 on ollut ilmamäärät suunnitteluarvoissaan. Viereisen tilan 48 tuloilmamäärät olivat hieman vähäisemmät kuin nyt (+75 l/s) ja poistoilmamäärät olivat suuremmat (-86 l/s). Tilan 67 tuloilmamäärä poikkesi keväästä: nyt +21 l/s, huhtikuussa +13 l/s. Toimistotilojen 38 ja 39 ilmamäärät ovat samansuuruiset. Tilan 4 tuloilmamäärä on samaa luokkaa, mutta poistoilmamäärä vähentynyt: nyt -32 l/s, huhtikuussa -63 l/s. Jos itäsiiven päädyn tilojen 48 ja 67 tuloilmamääriä on nostettu, voisi se selittää tilan 42 alenemat mittausravot.

Suunniteltujen tuloilmamäärien riittävyys eri tiloissa ovat seuraavanlaiset (6 l/s/hlö): 10 hlöä tilassa 4, 8 hlöä tilassa 38+39 (tilat käytännössä yhtä tilaa), 17 hlöä tilassa 42, 14 hlöä tilassa 48 ja kolme hlöä tilassa 67. Ainakin tilassa 67 on sänkypaikkoja 6 kpl eli käyttäjien määrä ylittyy päivittäin suunnitellusta.

Muutamissa tiloissa tulo- ja poistoilman päätelaitteet on sijoitettu vierekkäin, jolloin osa tuloilmasta voi kulkeutua suoraan poistokanavaan riippuen tuloilmasäleikön heittosäteestä ja tuloilmavirran nopeudesta. Tällaisia tiloja on ainakin nukkumatilat 4, 46, 67.

Tuloilman lämpötila oli 23...24 °C ja sisäilman poiston lämpötilat +24...+25 °C pe 6.9.2024. IV-järjestelmässä ei ole tuloilman jäähdytystä.



Kuva 43
Tilan 38 päätelaitteet.



Kuva 44
Nukkumatilán 46 päätelaitteet ovat vierekkäin.



Kuva 45
Tilan 4 päätelaitteet ovat vierekkäin, mikä voi heikentää ilman vaihtuvuutta tilassa.



Kuva 46
Tilan 4 tuloilman päätelaitetta ei saanut irti.



Kuva 47
Tilan 5 päätelaitteet.



Kuva 48
Tilan 5 tuloilmakanava, josta otettiin pölynkoostumusnäyte.



Kuva 49

Tila 38 ilmamäärämittaus.

6.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja mahdolliset kuitulähteet

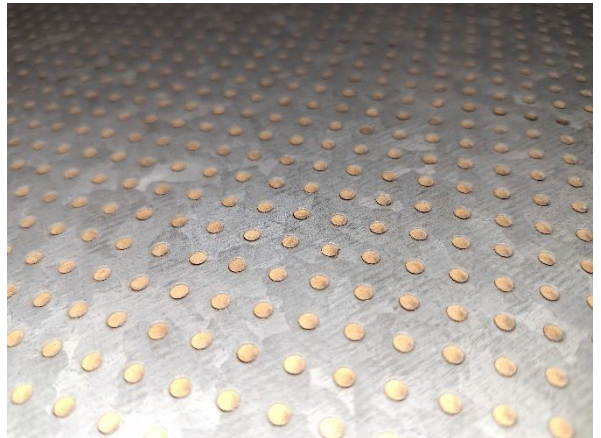
Ilmanvaihtokone tarkasteltiin pistokoemaisesti ja avatut kammiot olivat puhtaita. IV-koneen äänen-
vaimennusmateriaali on suojattu reikäpellin ja paperin takana. Päätelaitteissa ei myöskään havaittu
kuitulähteitä.

Tulo- ja poistoilman suodatus on toteutettu pussisuodattimilla.

Kolmesta tulokanavasta otettiin pölynkoostumusnäytteet ja näissä ei havaittu suuria määriä pölyä.
Tarkastetut tulokanavat olivat myös aistinvaraisesti puhtaita.



Kuva 50
Tuloilman äänenvaimennuskammio puhaltimen jälkeen.



Kuva 51
Äänenvaimennusmateriaali on paperin takana.



Kuva 52
Tarkastusluukun kansi on äänenvaimennettu ja tiivistetty.



Kuva 53
Tuloilmapuhallin oikealla kammioista katsottuna.



Kuva 54
Tuloilmakanava vasemmalle äänenvaimennuskammioista.



Kuva 55
Poistoilmapuhallin, kammio on puhdas. Poistoilmakanavan vanha mittauspiste on merkitty nuolella.



Kuva 56
Poistoilman äänenvaimennuskammio ennen suodatusta.



Kuva 57
Poistoilman äänenvaimennuskammiota.

6.4 Johtopäätökset

Ilmanvaihtokoneessa ja päätelaitteissa ei havaittu kuitulähteitä. Tarkastetut kanavat ja koneen kammiot ovat puhtaat. Ilmavirrat on suodatettu asianmukaisesti. Kammioiden ovet on tiivistetty riittävästi, vaikka yksittäinen ilmavuotokohta havaittiin yhdessä luukussa.

Tilojen ilmamäärät jäivät osassa tiloissa alle suunnitteluarvojen: tilat 4, 42 ja 48. Kun tilojen käyttötarkoitusta muutetaan, tilojen ilmanvirtojen suunnitteluarvot olisi hyvä tarkistaa ja verrata niitä tarvittaviin käyttäjämääriin.

6.5 Toimenpide-ehdotukset

Suosittelaa ilmavirtojen säädöt koko rakennukseen. Nukkumatilojen päätelaitteiden paikkojen muutokset mahdollisuuksien mukaan.

7 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset

7.1 Paine-ero

Paine-eroa mitattiin jatkuvatoimisilla mittalaitteilla 23.8. – 6.9.2024 yhteensä neljästä eri tilassa: 4, 38, 48 ja 63. Tilan 63 paine-ero oli alapohjatilaan nähden ja muut ulkoilmaan nähden. Mittauspisteet on merkitty pohjakuvaan liitteessä 1. Alla olevassa taulukossa on esitetty mittausten minimi- ja maksimiarvot sekä pääasiallinen vaihteluväli paine-eroissa.

Koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon rakennuksissa on suositeltavaa pitää paine-ero ulkoilmaan nähden 0...-5 Pa välillä. Jos paine-ero on yli -15 Pa, sen syy tulee selvittää ja paine-eroa tasapainottaa (Asumisterveysasetus 2015). Sisätilojen tulee taas olla jatkuvasti ylipaineiset alapohjatilaan nähden.

Taulukko 3

Tilojen paine-eroseurantojen minimi- ja maksimiarvot.

Piste	Tila, tarkennus	Paine-ero, Pa	Huomio
PE1	Tila 63, alapohjatilaan nähden	-	mittaus epäonnistui
PE2	Tila 48, ulkoilmaan nähden	-2,4 / +4,3	välillä -1...+2 Pa
PE3	Tila 38, ulkoilmaan nähden	-10,0 / +9,5	välillä -2...+4 Pa
PE4	Tila 4, ulkoilmaan nähden	-5,2 / +11,4	välillä +1...+6 Pa
PE5	Tila 60, alapohjatilaan nähden	-2,1 / +2,5	kolmen päivän mittaus, välillä -1...+2 Pa

Tilojen 38 ja 48 paine-ero ulkoilmaan on pääosin ylipaineinen. Paine-ero vähenee yöaikaan. Paine-eroissa on selvät ylipaineepiikit (+2...+4 Pa) viikonloppuisin noin klo 06–20 ja arkisin noin klo 17–20 välillä. Käyttöaikoina (klo 8–16) paine-ero vaihtelee lievän ali- ja ylipaineisuuden välillä.

Vertailutilan 4 paine-ero ulkoilmaan nähden on koko mittausjakson ajan lievästi ylipaineinen (letkutuksen takia käyrä näyttää kuvaajassa väärinpäin: negatiiviset arvot ovat oikeasti positiivisia ja toisinpäin). Pientä alipainetta (noin -2 Pa) on aamuisin klo 5.20–6.00 välillä, mikä johtunee ilmanvaihtokoneen tehon noususta. Tilassa on lisäksi selvä ylipaineepiikki (noin +5...+6 Pa) viikonloppuisin noin klo 06–20 ja arkisin klo 17–20 välillä.

Ulkoilman sää oli ensimmäisen seurantajakson aikana navakkaa etelä-lounaistuulta, minkä johdosta mittausjakson alussa on seurantakäyrissä suurempaa heittoa. Tuuli vähenee toisella mittausviikolla sekä kääntyy itä-kaakkoistuuleksi, jolloin mittausdatan heilunta vähenee.

Ensimmäinen alapohjan välinen paine-eroseuranta epäonnistui (letkutus oli irronnut mittarista). Toinen alapohjan välinen seurantajakso tehtiin 11.-20.9.2024 tilan 60 ja alapohjan välille. Mittaria haettaessa letku oli irrotettu ulkona alapohjatilaan vievästä rei'ästä, joten mittaus oli seurannan loppuajan sisä- ja ulkoilman väliltä. Todennäköisesti letkun poisto on tapahtunut heti perjantaina 13.9. tai viikonlopun aikana, minkä jälkeen mittauksessa on nähtävissä ilmanvaihtokoneen tehon muutokset selvemmin. Ensimmäiset kolme päivää paine-ero alapohjan välillä on vaihdellut nollan molemmin puolin ja ilmanvaihdon käyntiajat näkyvät matalampina piikkeinä.



Kuva 58

Tilan 63 hiilidioksidi- ja paine-eroseurannat. Paine-eromittari on sohvän takana.



Kuva 59

Tilan 63 paine-eron letkutus on asennettu sokkelin läpi tuulettuvaan tilaan päin.

7.1.1 Johtopäätökset

Tilojen 38 ja 48 paine-erot ulkoilmaan nähden vaihtelevat nollan molemmin puolin käyttöaikoina; vertailutilan 4 paine-ero pysyy paremmin ylipaineisena koko seurantajakson ajan. Tilojen ollessa ylipaineisia voi sisäilman kosteutta päästä lämmöneristekerrokseen ja aiheuttaa kosteusvauriota. Vastaavasti käyttöaikoina tilojen paine-erojen ollessa alipaineisia, lämmöneristekerroksesta voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

Paine-eroissa on havaittavissa ilmanvaihdon tehon muutokset: selkeä ylipaineiikki (+2...+4 Pa tiloissa 38 ja 48 ja +5...+6 Pa tilassa 4) viikonloppuisin noin klo 06–20 ja arkisin noin klo 17–20 välillä. Ylipaineiikit johtunevat ilmanvaihtokoneen tehon noususta klo 06 ja tehon puolittumisesta klo 20. Vastaavasti keittiön erillispoisto tekee alipaineiikin noin puoli kuuden aikaan sekä nostaa paine-eroja sulkeutuessaan klo 17 (todennäköisesti päällä klo 5.30–17).

Alapohjatilain paine-ero sisätilojen kanssa vaihtelee nollan molemmin puolin. Alapohjatilain tulisi olla jatkuvasti selvästi alipaineinen huonetiloihin nähden, jotta alapohjatilasta ei pääse kulkeutumaan epäpuhtauksia sisätiloihin.

7.1.2 Toimenpide-ehdotukset

Toimenpiteinä suositellaan alapohjatilain alipaineistamista sisätiloihin nähden, niin että alapohjatilain olisi jatkuvasti vähintään 5 Pa alipaineinen.

7.2 Hiilidioksidipitoisuus sekä sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin 23.8. – 6.9.2024 välisenä aikana jatkuvatoimisilla mittalaitteilla yhteensä viidessä tilassa: 4, 38, 42, 48, 63. Mittauspisteet on merkitty tarkemmin pohjakuvaan liitteessä 1. Alla olevassa taulukossa on esitetty eri mitausten minimi- ja maksimiarvot.

Lämmityskauden ulkopuolella päiväkotitilojen lämpötilain tulisi olla yli + 20 °C ja alle +32 °C ja hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja on 1500 ppm (Asumusterveysasetus 2015). Hiilidioksidipitoisuuden hyvänä tasona voidaan pitää alle 950 ppm, joka on Sisäilmaluokituksen 2018 S2-tason yläraja. Ulkoilmassa on normaalisti noin 400 ppm hiilidioksidia.

Mittausdatan hiilidioksidipitoisuuksia on korjattu (arvoja vähennetty) mittalaitteiden näyttämän virheen mukaisesti mittauspisteissä OS1, OS4 ja OS5, koska laitteissa havaittiin virhettä mitausten jälkeen. Mittareiden mittausvirhe on määritelty yön yli mittauksella samasta mittauspisteestä.

Hiilidioksidipitoisuus on erinomaisella tasolla (nk. S1-taso) tiloissa 42 ja 48 sekä hyvällä tasolla (nk. S2-taso) tilassa 63. Tilassa 38 hiilidioksidi ylittää hyvän tason ylärajan selvästi yhtenä päivänä: 3.9. klo 12.30–13.35, 1032 ppm. Yhtenä päivänä raja ylittyy hetkellisesti (15 min ajan). Tilassa 4 on pienempiä (noin 15 min) yli 950 ppm ylityksiä kolmena päivänä, ja lisäksi hyvän tason yläraja ylittyy selvemmin 28.8. klo 11.43–13.26 1093 ppm. Tilan 4 hiilidioksiditaso ei laske käyttöaikojen ulkopuolella lähelle ulkoilman tasoa.

Suhteellinen kosteus vaihtelee välillä 40–80 RH%. Tilojen välillä ei ole merkittäviä eroja.

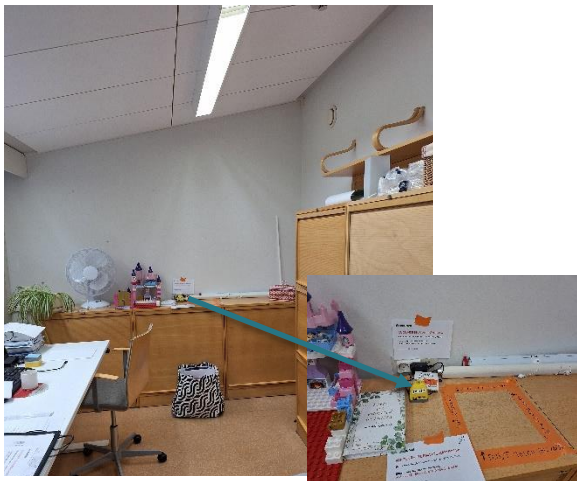
Lämpötila mittausjakson aikana oli ulkona päivisin noin +20 °C molemmin puolin ja öisin 10–17 °C. Kuumimmat päivät olivat 25.8., 30.8., 4.9. ja 5.9., jolloin lämpötila oli noin +25 °C. Sisätilojen lämpötilat ovat hyvin samantyyppisiä eri tiloissa. Sisälämpötilat ovat alimmillaan noin +20 °C ja korkeimmillaan noin 25–28 °C. Selvästi kuumin tila on toimistotila 38, jossa lämpötila ei laske edes yö-

aikaan (+21 °C) yhtä alas kuin muissa tiloissa. Tämä tila on ainoa etelänpuoleinen tila seurannassa.

Taulukko 4

Eri tilojen sisäilman hiilidioksidipitoisuuden, suhteellisen kosteuden ja lämpötilojen minimi- ja maksimi-arvot. * = korjattu data (mittarin virhe vähennetty kaikista lukemista).

Piste	Tila, tarkennus, tilan ilmansuunta	Hiilidioksidi, ppm	Kosteus, RH%	Lämpötila, °C
OS1	Tila 63, korkean hyllyn päältä, pohjoinen	378* / 881*	42,1 / 77,0	20,7 / 25,5
OS2	Tila 48, matalan kaapin päältä oven luona, pohjoinen	361 / 746	43,6 / 78,1	20,1 / 26,0
OS3	Tila 42, matalan kaapin päältä, pohjoinen	372 / 785	40,5 / 79,6	19,8 / 27,7
OS4	Tila 38, matalan kaapin päältä, etelä	386* / 1049*	40,4 / 71,8	21,2 / 27,5
OS5	Tila 4, radion vierestä / välioiven vierestä, itä	388* / 1105*	41,2 / 79,0	19,9 / 25,4



Kuva 60
Tilan 38 olosuhdeseurannat ja kuitunäytteiden ottopaikka.



Kuva 61
Tilan 48 olosuhdeseurannat ja kuitunäytteiden ottopaikka.



Kuva 62
Vertailutilan 4 seurannat. Lämpötila- ja kosteusseuranta on tilojen välioiven luona.



Kuva 63
Vertailutilan 4 hiilidioksidi- ja paine-eroseurannat sekä kuitunäytteiden ottopaikka.

7.2.1 Johtopäätökset

Sisäilman hiilidioksiditasot pysyvät pääosin hyvällä tasolla. Tiloissa 4 ja 38 on hetkellisiä hyvän tason ylityksiä muutamina päivinä, mutta pitoisuudet eivät kuitenkaan ylitä Asumisterveysasetuksen (2015) toimenpiderajaa.

Tilan 4 hiilidioksiditaso ei laske yöllä ulkoilman tasolle, mikä voi johtua tilan huuhtoutuvuuden heikoudesta (tulo- ja poistoilman päätelaitteet ovat vierekkäin). Tilan 4 ilmanvaihtoa ei testattu savuko-keilla. Hiilidioksidikäyrässä on myös erikoista heittelyä yöaikaan, mikä johtunee mittarin sijainnista lähellä ikkunaa, josta on voinut tulla raikkaampaa ulkoilmaa tuulenpuuskien vaikutuksesta. Mittaria ei pystynyt asentamaan kauemmas, sillä mittari tarvitsi sähköä eikä tilassa ollut muita tasoja lähellä pistorasioita.

Tilojen lämpötilat eivät ylitä toimenpiderajoja, vaikka korkeimmillaan lämpötilat kohoavat hellelumiin. Ulkona on mittausajankohtaan nähden muutamia poikkeuksellisen lämpimiä päiviä, jotka nostavat sisälämpötilojakin korkeammiksi. Eteläsiiven toimistotilassa 38 lämpötila nousee 1...2 astetta muita tiloja korkeammaksi johtuen auringonpaisteesta. Käyttäjien mukaan tilan ikkunaverhoja pidetäänkin kuumuuden takia aina kiinni ja avattavia ikkunoita auki hellesäällä.

Tilojen suhteelliset kosteudet seuraavat ulkoilman kosteuslukemia, minkä takia käyrät ovat hyvin samanlaiset toisiinsa nähden. Iltapäivisin suhteellinen kosteus vähenee lämpötilan nousun takia ja vastaavasti kosteudet nousevat aamuyöstä, kun tilojen lämpötilat ovat alimmillaan. Kosteuspitoisuudet ovat noin puolet ajasta korkeahkoja, mikä on tyypillistä ko. vuodenajalle.

7.2.2 Toimenpide-ehdotukset

Toimenpide-ehdotuksina suositellaan eteläsiiven tilojen kohdalle auringonpaisteen vähentämistä markiiseilla tai lämpöä estävillä verhoilla.

7.3 Teolliset mineraalikuidut ja pölyt

Teollisten mineraalikuitujen esiintymistä tutkittiin kahden viikon laskeuma-aikana laskeumakohdalle kerääntyneestä pölystä geeliteippimenetelmällä kuudessa eri huonetilassa 23.8. – 6.9.2024. Tarkeimmat tiedot tutkimusmenetelmästä on esitetty liitteessä 5 ja laboratorion analyysivastaukset liitteessä 3. Näytteenottokohdat on merkitty liitteessä 1 olevaan pohjakuvaan.

Taulukko 7

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus 14 vuorokauden laskeumapölystä, 3 näytettä per mittauspiste. Toimenpiderajan ylittävät tulokset on tummennettu. Laboratorion mittausepävarmuus on 30 %.

Näyte	Tila	Kertymä aika	Kuitua / cm ²	Epävarmuuden vaihtelu
MK1	Tila 63, hyllyn päältä	14 vrk	<0,07, 0,21 , <0,07	0,147... 0,273
MK2	Tila 61, korkeahkon kaapin päältä	14 vrk	0,07, <0,07, <0,07	0,049...0,091
MK3	Tila 48, matalan kaapin päältä, oven luota	14 vrk	<0,07, 0,14, 0,14	0,098...0,182
MK4	Tila 42, matalan kaapin päältä	14 vrk	0,21 , <0,07, <0,07	0,147... 0,273
MK5	Tila 38, matalan kaapin päältä	14 vrk	0,07, 0,07, 0,21	0,147... 0,273
MK6	Tila 4, levysoittimen vierestä, hyllyn päältä	14 vrk	0,29 , <0,07, <0,07	0,203...0,377

Saatujen analyysivastauksen perusteella tasopinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitupitoisuudet ovat pääsääntöisesti alhaiset. Näytteissä on yksittäisiä toimenpiderajojen ylityksiä tiloissa 4, 38, 42 ja 63. Vertailutilan 4 yksi näyte ylittää toimenpiderajan: 0,29 kuitua/cm². Ko. näytekohdassa on to-

sin ollut pientä häirintää/koskettelua näytteenottoaikana, mikä on voinut häiritä näytetuloksia (vähentäen tai kasvattaen niitä). Pienimpien lasten tilassa 4 oli heikosti näytteenotolle sopivia paikkoja, jotka eivät olisi lasten ulottuvilla.

Tilojen 5, 48 ja 61 tuloilmakanavista otettiin myös kolme pyyhintänäytettä pölynkoostumusanalyysia varten. Tarkemmat tiedot tutkimusmenetelmistä on esitetty liitteessä 5 ja laboratorion analyysivastaukset liitteessä 3. Näytteenottokohdat on merkitty liitteessä 1 olevaan pohjakuvaan. Pölynkoostumuksen tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 5

Pölynkoostumus pyyhintänäytteistä (määräarvio: + yksittäisesti, ++ jonkin verran, +++ runsaasti).

Näyte	Tila	Ulkoilmapöly	Rakennusmateriaalipöly	Huonepöly	Teolliset mineraalikuidut
PK1	5	+++	+	+	+
PK2	48	+	+	+	+
PK3	61	+	+	+	+

Saatujen analyysivastausten perusteella pölynkoostumusnäytteissä esiintyi vähäisiä määriä rakennuspölyä ja huonepölyä. Rakennuspölyn joukossa esiintyi runsaasti silikaattista kiviainespölyä sekä yksittäisesti kalkkikiveä, kipsiä ja metallioksideja. Teollisia mineraalivillakuituja oli vain yksittäisesti. Tilan 5 näytteessä oli runsaasti ulkoilman siitepölyä.

7.3.1 Johtopäätökset

Kuitunäytteet ylittävät toimenpiderajan neljässä tilassa: 4, 38, 42 ja 63.

Tuloilmakanavien pölynkoostumusnäytteissä on vain vähäisiä määriä erilaisia pölyjä, eikä ilmanvaihtojärjestelmässä havaittu kuitulähteitä. Tilojen äänenvaimennusmateriaalit olivat suojattuja eikä niissä havaittu avonaisia villapintoja. Näytteenotto tilasta 4 oli ulkoseinän vierestä (suurin kuitumäärä), kun muut näytteenotot olivat kauempana ulkoseinästä. Tämän takia todennäköisin sisäilman kuitulähde on ulkoseinän villaeristeet.

7.3.2 Toimenpide-ehdotukset

Ulkoseinien läpivientien tiivistyskorjaukset.

8 Muut havainnot

Kattojen vesirännit ovat paikoin kuluneet puhki ja ne suositellaan vaihdettaviksi. Paikoin kaadot ovat heikot.

Teknisessä tilassa 20 havaittiin selvä mikrobiperäinen haju. Todennäköisin lähde on maaperästä, sillä sähkökeskuksesta lähtee useampia kaapeliläpivientejä alapohjan läpi. Aistinvaraisesti arvioituna läpivientien kohdalla on pientä rakoa.

Tilan 58 ulkoseinässä havaittiin pieni reikä eristetilaa, se on mahdollisesti vanha tutkimusreikä. Jos eristeessä on vaurioita tällä kohden, voi reiän kautta päästä epäpuhtauksia sisäilmaan.



Kuva 64

Yleiskuva ruostuneesta rännistä, josta tippui vesipisaroita sateen jälkeen.



Kuva 65

Tilan 20 sähkökaapin vieressä on läpiviennit maahan. Lattiaa on tiivistetty, mutta läpivientien kohdalla saattaa olla ilmarakoa.



Kuva 66

Tilan 58 ulkoseinässä havaittiin pieni reikä eristetilaan.

9 Yhteenveto tärkeimmistä sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä

Rakennuksessa havaittiin runsaasti ilmavuotoja sisäilmaan ulkoseinien merkkiainekokeissa, myös alapohjan ja ulkoseinän liittymäkohdista tiivistämättömissä tiloissa. Ulkoseinien muutamissa näytteissä ei todettu mikrobivaurioita.

Tiivistyskorjatun tilan 63 alapohjasta ei havaittu ilmavuotoja sisälle näillä tutkimusjärjestelyillä. Ulkoseinän merkkiainekokeissa havaittiin kuitenkin ilmavuotoja ulkoseinän ja alapohjan liittymäkohdista etenkin tiivistämättömistä kohdista. Alapohjatilán tarkempi tutkimus vaatii kulkuaukon tilaan tai isomman tutkimusreiän sokkelin alaosaan. Tässä yhteydessä sitä ei toteutettu.

Teknisessä tilassa 20, keskellä rakennusta, oli aistittavissa mikrobiperäinen haju. Sen todennäköisin lähde on maaperä, sillä sähkökaapista on useita kaapelivetoja alapohjarakenteen läpi.

Nukkumatiloissa (4, 46 ja 67) havaittiin, että tulo- ja poistoilman päätelaitteet sijaitsevat lähekkäin, mikä voi heikentää ilmanvaihtuvuutta. Tilan 4 hiilidioksiditaso ei laske edes yöaikaan ulkoilman tasolle, mikä puoltaisi ilmanvaihtuvuuden heikkoutta. Kaikissa mitatuissa tiloissa (tilat 4, 42, 48 ja 67) ei päästy suunniteltuihin ilmamääriin.

Itäsiiven sisäilmahaasteellisissa tiloissa paine-ero ulkoilman välillä on nollan molemmin puolin; tilojen käyttöaikoina tilat ovat lievästi alipaineisia. Verrokkitilassa 4 paine-ero ulkoilmaan nähden on ylipaineinen lukuun ottamatta ilmanvaihtokoneen tehomuutoksista johtuvia hetkellisiä alipainepeikkejä.

9.1 Johtopäätökset

Todennäköisimmät syyt itäsiiven tilojen sisäilmahaasteisiin ovat runsaat ilmavuodot rakenteista ja tilojen käyttöaikoina tapahtuvat paine-erojen heittelyt nollan molemmin puolin, mitkä edesauttavat mahdollisten kosteusvaurioiden syntyä ja rakenteiden epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan. Ulkoseinien eristemateriaaleissa ei havaittu mikrobivaurioita kolmessa näytekohdassa. Ulkoseinärakenteista voi päästä myös villakuituja sisäilmaan ilmavuotokohdista.

Alapohjatila on välillä ylipaineinen sisätiloihin nähden, mikä mahdollistaa epäpuhtauksien kulkeutumisen sisätiloihin epäjatkuvuuskohdista. Teknisen tilan (tila 20) alapohjan kaapeliläpivienneistä aiheutunee tekniseen tilaan maaperästä johtuvaa mikrobiperäistä hajua. Tiivistämättömien tilojen lattian ja seinien (ulko- ja väliseinät) liittymäkohdista on selkeitä ilmavuotokohtia.

9.2 Heti tehtävät toimenpiteet

- teknisen tilan 20 lattian läpivientien lisätiivistykset, myös sähkökaapin kohdalla olevat läpiviennit

9.3 Suositeltavat toimenpiteet rakenneosittain

Piha-alueet, salaoja- ja sadevesijärjestelmät

- rakennuksen ympärillä olevien pensaiden karsiminen rakennuksen välittömästä läheisyydestä

Alapohjarakenteet

- kulkuluukun tai isompien tutkimusreikien teko alapohjatilaan tilan kunnon tarkastamiseksi
- alapohjatilan tuuletuksen lisääminen erillisen suunnitelman mukaan, jotta alapohjatila olisi aina alipaineinen huonetiloihin nähden

Julkisivut; sokkelit, ulkoseinät, ikkunat, ovet

- sisäpuoliset tiivistyskorjaukset ulkoseinien läpivienteihin (mm. ikkunat) ja ulkoseiniin liittyvät väliseinien liitoskohdat erillisen suunnitelman mukaan
 - tiivistystyön laadunvarmennus merkkiainekokein
 - huomioitava tilojen paine-erojen kasvu ulkoilmaan nähden tiivistystyön jälkeen

Yläpohjat ja vesikatot

- vesirännien uusimiset

Ilmanvaihto

- tilojen ilmanjaon parantaminen päätelaitteiden asemoimisella erillisen suunnitelman mukaan (mm. tilat 4, 46 ja 67)
- ilmamäärien säädöt koko rakennuksessa, huomioitava myös paine-erot ulkoilmaan nähden
- ilmanvaihtokoneen uusimista suositellaan teknisen käyttöiän umpeuduttua seuraavan 5–10 vuoden aikana

Sisäilma / viihtyisyys

- markiisit tai lämpöä estävät verhot eteläsiiven tiloihin

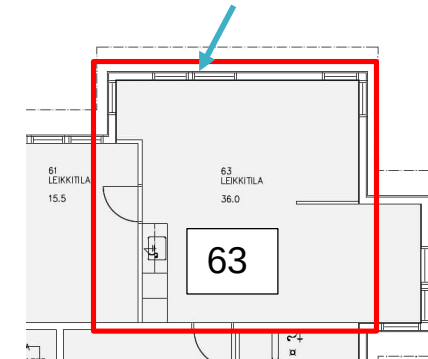
10 Päiväys ja allekirjoitukset

Espoossa 25.11.2024

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Elli Laine
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen

Lari Eskola
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen



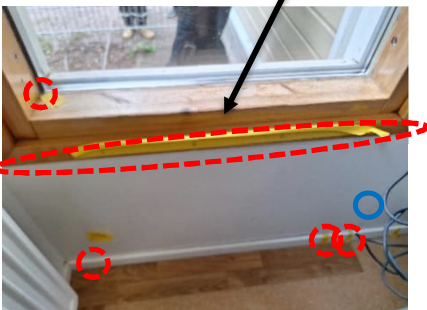
- Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
- ← Merkkiaineen syöttökohta
- Vuodon laajuus

Merkkikaasua syötettiin alapohjatilaan tuuletusputkesta ja sokkelin läpi poratusta reiästä tilan ulkopuolelta. Kaasua syötettiin nopeudella 6 l/min noin viiden minuutin ajan molempiin syöttökohtiin. Lähimmät tuuletusaukot oli teipattu umpeen kokeen ajaksi.

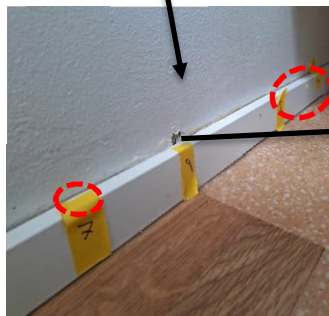
Ei havaittu ilmavuotoja.

Ilmavuotoja etsittiin myös tilan allaskaapista, jossa on putkiläpivientejä alapohjatilaan.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila 63 alipainestettiin ulkoilmaan nähdessä alipainestuspuhaltimella. Tilan ja ulkoilman paine-ero oli -11,4...-12,5 Pa.



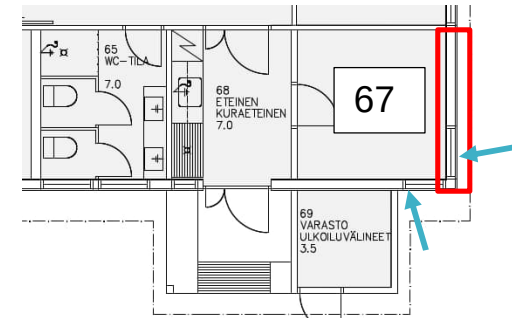
Selvää vuotoa ikkunalistan alapuolella ja kulmassa. Lievät vuodot alapohjan liittymässä (tiivistyskorjattu).



Kohtalaisia vuotoja alapohjan liittymässä, pieni alue väliseinän kohdalla.



Selvä pistemäinen vuoto reiän kohdalla.



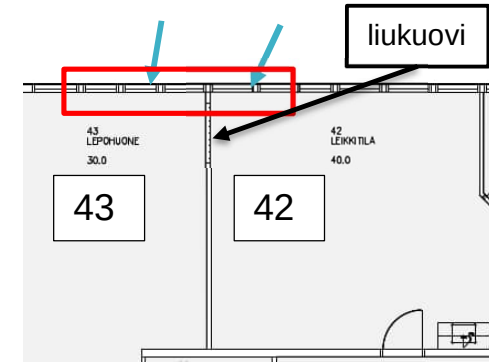
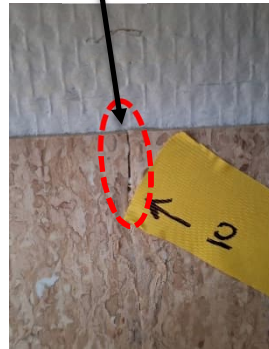
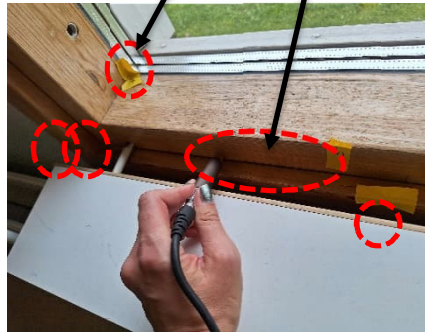
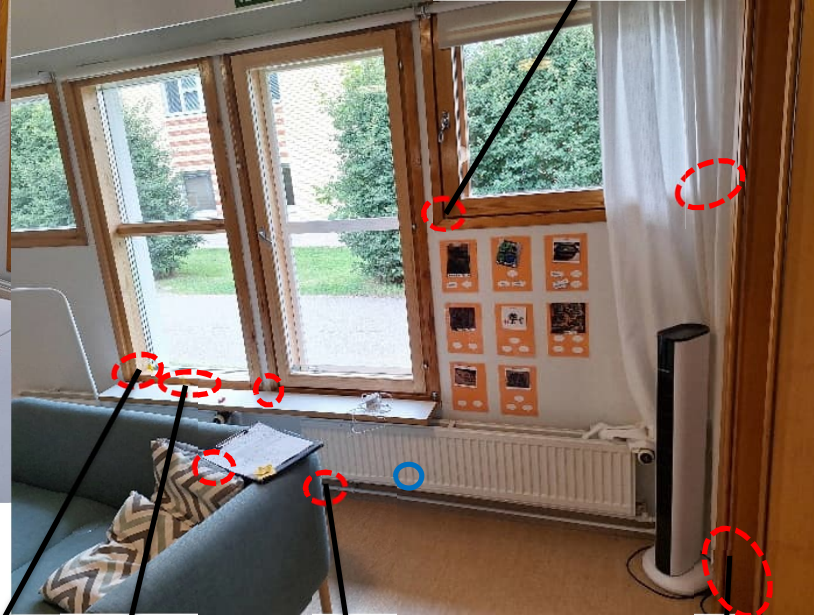
- Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
- ← Merkkiaineen syöttökohta
- Vuodon laajuus

Merkkikaasua syötettiin ulkoseinän alaosaan, tuuletusrakoon kahdessa erässä tilan ulkopuolelta. Kaasua syötettiin nopeudella 4 l/min noin viiden minuutin ajan molempiin syöttökohtiin.

Selvä ilmavuotoalue oli ikkunoiden alalistassa, jossa vuoto oli jatkuvaa. Lisäksi kiinteän ikkunan (oikealla) alakulmassa ja ulkoseinän pienessä reiässä (jalkalistan yläpuolella) oli selvää pistemäistä vuotoa.

Kohtalaisista vuotoa oli alapohjan liittymässä pienellä alueella väliseinän kohdalla, jota ei ole tiivistyskorjattu. Lisäksi muutamia **pistemäisiä lieviä vuotoja** alapohjaliittymässä kiinteän ikkunan kohdalla.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila 67 alipaineistettiin ulkoilmaan nähden alipainestuspuhaltimella. Tilan ja ulkoilman paine-ero oli -10,7...-14,0 Pa.



- Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
- ➔ Merkkiaineen syöttökohta
- Vuodon laajuus

Merkkikaasua syötettiin ulkoseinän alaosaan, tuuletusrakoon kahdessa erässä tilan ulkopuolelta. Kaasua syötettiin nopeudella 4 l/min noin viiden minuutin ajan molempiin syöttökohtiin.

Selvää ilmavuotoa oli väliseinän lattialiittymässä, lepotilan ja väliseinän kulmauksessa sekä pistemäisiä kohtia ikkunaliittymissä ja muovimaton ylösnoston halkeamassa (lepotila).

Kohtalaista ilmavuotoa oli väliseinän pistorasioissa ja valokytkimessä (yht. 3 kpl) sekä ikkunalaudan keskikannakkeessa (lepotila).

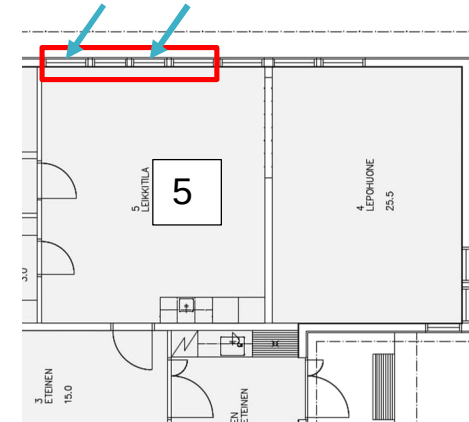
Lievä pistemäinen vuoto oli ikkunaliittymässä ruokailutilan puolella sekä lepotilan kahdessa patterikannakkeessa.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila 42 alipainestettiin ulkoilmaan nähden alipainestuspuhaltimella. Tilan ja ulkoilman paine-ero oli -10,8...-12,3 Pa.

Pistorasiassa vuotoa.

Pistemäisiä vuotoja, yksi pieni alue, Maton halkeamakohta.

Seinien kulmaus, pistoke ja väliseinän lattialiittymä.



- Merkkiaineen laskukohta ulkopuolelta
- ← Merkkiaineen syöttökohta
- Vuodon laajuus

Merkkikaasua syötettiin ulkoseinän alaosaan, tuuletusrakoon tilan ulkopuolelta kahteen pisteeseen. Kaasua syötettiin nopeudella 4 l/min noin viiden minuutin ajan molempiin syöttökohtiin.

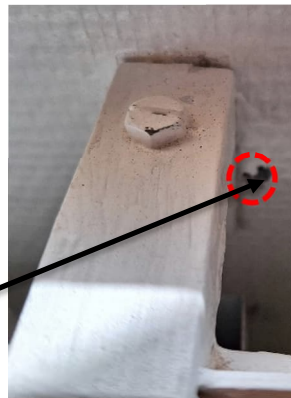
Selviä ja kohtalaisia vuotoja oli kahdessa kannakkeessa, kahdessa vanhassa taulun reiässä, ikkunaliittymissä (pistemäisiä), putkiläpiviennissä seinien kulmauksessa ja seinän pienessä paikkausreiässä (levytyksessä puute).

Yhdessä kiinteän ikkunan sisäkulmassa oli lievä pistemäinen vuoto kohta sekä lattian liittymäkohdassa yksi pistemäinen kohta.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysaattorilla. Tila 5 alipainestettiin ulkoilmaan nähden alipainestuspuhaltimella. Tilan ja ulkoilman paine-ero oli -11,1...-13,3 Pa.



Lievä vuoto kohta alapohjan ja ulkoseinän liittymässä (yläkuva), joka on tiivistyskorjattu. Ilmavuotoja myös ikkunaliittymissä.



Selvää vuotoa patterikannakkeen vieressä reiässä.



Selviä vuotoja: paikkaus seinässä, kannakkeen vierestä, ikkunalista ja putkiläpiviennistä.



24-1259-1, Postipuun päiväkot

Sisällysluettelo

Materiaalinäytteen mikrobianalyysit.....	2
Tuloilmakanavan pölynkoostumus.....	5
Sisäilman mineraalikuitunäytteet.....	6

24-1259-1, Postipuun päiväkoti

Materiaalinäytteen mikrobianalyysit



220285/RMS

TUTKIMUSRAPORTTI

26.9.2024

1/4



MIKROBIVILJELY MATERIAALINÄYTTEESTÄ, SUORAVILJELY			
Tilaaaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Elli Laine, elli.laine@ains.fi	Tilauspäivä:	11.9.2024
Kohde:	Postipuun pvk	Laboratorio:	Kuopio
Projektinnumero:		Vastaanottopäivä:	11.9.2024
Näytteenottaja:	Elli Laine	Viljelypäivät:	12.9.2024
Näytteenottopäivät:	11.9.24		

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, Mineraalivilla, Tila 67 ulkoseinä	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
2, Mineraalivilla, Tila 43 ulkoseinä	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
3, Mineraalivilla, Tila 5 ulkoseinä, vertailu	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa

LISÄTIEDOT

Ulkoilman tai maaperän kanssa kosketuksissa olevissa materiaaleissa voi esiintyä huomattavia määriä mikrobeja, mikä ei aina ole seurausta materiaalien kastumisesta ja sitä seuranneesta mikrobikasvusta, vaan esimerkiksi ilmavirtojen mukana kertyneistä ulkoilman mikrobeista tai materiaalin maaperäkontaktista aiheutuneesta kontaminaatiosta. Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1259-1, Postipuun päiväkoti

ANALYYSITULOKSET

Näyte': 1, Mineraalivilla, Tila 67 ulkoseinä

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

Näyte': 2, Mineraalivilla, Tila 43 ulkoseinä

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

Näyte': 3, Mineraalivilla, Tila 5 ulkoseinä, vertailu

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

Mikrobikasvuun viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.

'-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot

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

24-1259-1, Postipuun päiväkoti



220285/RMS

TUTKIMUSRAPORTTI
26.9.2024
3/4

Marja Hänninen
tutkija, mikrobiologi
p. +358 50 325 0612
marja.hanninen@labroc.fi

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

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1259-1, Postipuun päiväkoti

Tuloilmakanavan pölynkoostumus



218356/PEM

TUTKIMUSRAPORTTI
30.8.2024
1/1

PÖLYNKOOSTUMUS		
Tilaaaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Tilauspäivä: 29.8.2024
Kohde:	Postipuun pvk	Toimitettu laboratorioon: 29.8.2024
Projektinnumero:	24-1259-1	Laboratorio: HKI, Kona
Menetelmät: Tilaajan toimittamat pyyhintänäytteet tai edustava osa siitä tutkittiin stereomikroskoopilla ja pyyhkäiselektronimikroskoopilla. Näytteestä tutkittiin seuraavat pölytyypit: • silikaattinen kiviainespöly (tyypillisesti katupöly tai rakennusmateriaaleista peräisin oleva kivipöly) • rakennusmateriaalipöly (kalkkikivi, kipsi, Ti-oksidi) • metallipöly • ulkoilmapöly (kasvi-/hyönteisperäinen pöly, siitepöly) • itiöt ilman lajimääritystä • huonepöly (tekstiilikuidut, hilse, karvat, kloridit, selluloosakuidut) Myös edellä mainituista pölytyypeistä poikkeavat partikkelit raportoidaan, mikäli sellaisia näytteessä havaitaan. Pölytyypit tunnistetaan niiden ulkomuodon sekä alkuainekoostumuksen perusteella, ja niiden suhteellista määrää näytteessä arvioidaan silmämääräisesti. Suhteellinen määräärvio on kuvattu: (+++) = runsaasti, (++) = jonkin verran, (+) = yksittäisesti. Mineraalivillakuitujen määrä arvioidaan asteikolla: (+++) = runsaasti, (++) = jonkin verran, (+) = yksittäisesti. Menetelmällä ei voida määritellä sellaista orgaanista pölyä, jota ei voida ulkomuodon perusteella tunnistaa. Tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.		
Näytteenottaja: Elli Laine		
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Pölynkoostumus
1	tila 5 tuloilman päätelaite	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapöly • siitepöly (+++) • rakennusmateriaalipöly • kalkkikivi (+) • kipsi (+) • metallipöly • sinkki (+) • huonepöly • tekstiilikuidut (+) • kloridit (+) • teollisia mineraalikuuita • lasivilla (+)
2	tila 48 tuloilman päätelaite	• silikaattinen kiviainespöly (+++) • ulkoilmapöly • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipöly • kipsi (+) • metallipöly • rauta (+) • sinkki (++) • huonepöly • tekstiilikuidut (+) • hilse (+) • teollisia mineraalikuuita • lasivilla (+)
3	tila 61 tuloilman päätelaite	• silikaattinen kiviainespöly (+++) • ulkoilmapöly • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipöly • kalkkikivi (+) • metallipöly • rauta (+) • sinkki (++) • alumiini (+) • huonepöly • tekstiilikuidut (+) • kloridit (+) • teollisia mineraalikuuita • kivivilla (+) • lasivilla (+)



Miika Huttu
tutkija, geologi
p. +358 40 807 3823
miika.huttu@labroc.fi

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9 580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1259-1, Postipuun päiväkot

Sisäilman mineraalikuitunäytteet



219786/MVL

TUTKIMUSRAPORTTI

10.9.2024

1/1



TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN PITOISUUS LASKEUMAPÖLYSTÄ			
Tilaaaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Tilauspäivä:	9.9.2024
Kohde:	Postipuun päiväkot	Toimitettu laboratorioon:	9.9.2024
Projektinnumero:		Laboratorio:	HKI, Konala
Menetelmät: Geeliteipille kerätystä laskeumapölystä laskettiin valo-/polarisaatiomikroskooppia käyttäen teolliset mineraalikuidut, joiden halkaisija on yli 3µm ja pituuden suhde halkaisijaan on vähintään 3:1. Sisäinen menetelmä pohjautuu menetelmään, joka on esitetty VTT:n tiedotteessa 2360 Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt (2006) sekä TTL:n ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2017). Menetelmän määrittämisraja yhdelle teippinäytteelle on 0,07 kuitua/cm ² . Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on 30%. Näytteissä, jotka eivät ole 14 vrk laskeumapölynäytteitä ja joiden kuitupitoisuus on yli 7 kuitua/cm ² liittyy laboratorion teknisen mittausepävarmuuden lisäksi poissonin jakaumasta tuleva hiukkasjakauman mittausepävarmuus. Poissonin jakaumasta johtuva mittausepävarmuus on korkeintaan 19%. Laskelma ei huomioi näytteenoton mittausepävarmuutta. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.			
Näytteenottaja: Elli Laine			
Näyte	Näytteenottoaika	Näytteen kertymäaika	Kuitua/ cm ² *
1.1-1.3	Tila 63, korkeaan hyllyn päältä 1	14 vrk	<0,07
2			0,21
3			0,07
2.2-2.3	Tila 61, korkean kaapin päältä 1	14 vrk	0,07
2			<0,07
3			<0,07
3.1-3.3	Tila 48, oven luota, hyllystön päältä 1	14 vrk	<0,07
2			0,14
3			0,14
4.1-4.3	Tila 42, hyllyn päältä ikkunan luota 1	14 vrk	0,21
2			<0,07
3			<0,07
5.1-5.3	Tila 38, kaapiston päältä 1	14 vrk	0,07
2			0,07
3			0,21
6.1-6.3	Tila 4, hyllyn päältä 1	14 vrk	<0,07
2			0,29
3			<0,07

*STM:n asetus 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista määrittelee teollisten mineraalivillakuitujen toimenpiderajaksi 0,2 kuitua/cm² kahden viikon aikana pinnolle laskeutuneessa pölyssä. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje otettavan vähintään kolme näytettä/tila. Toimenpiderajaa IV-kanaviston sisäpintojen kuitupitoisuudelle ei ole asetuksessa määritetty.

*-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot



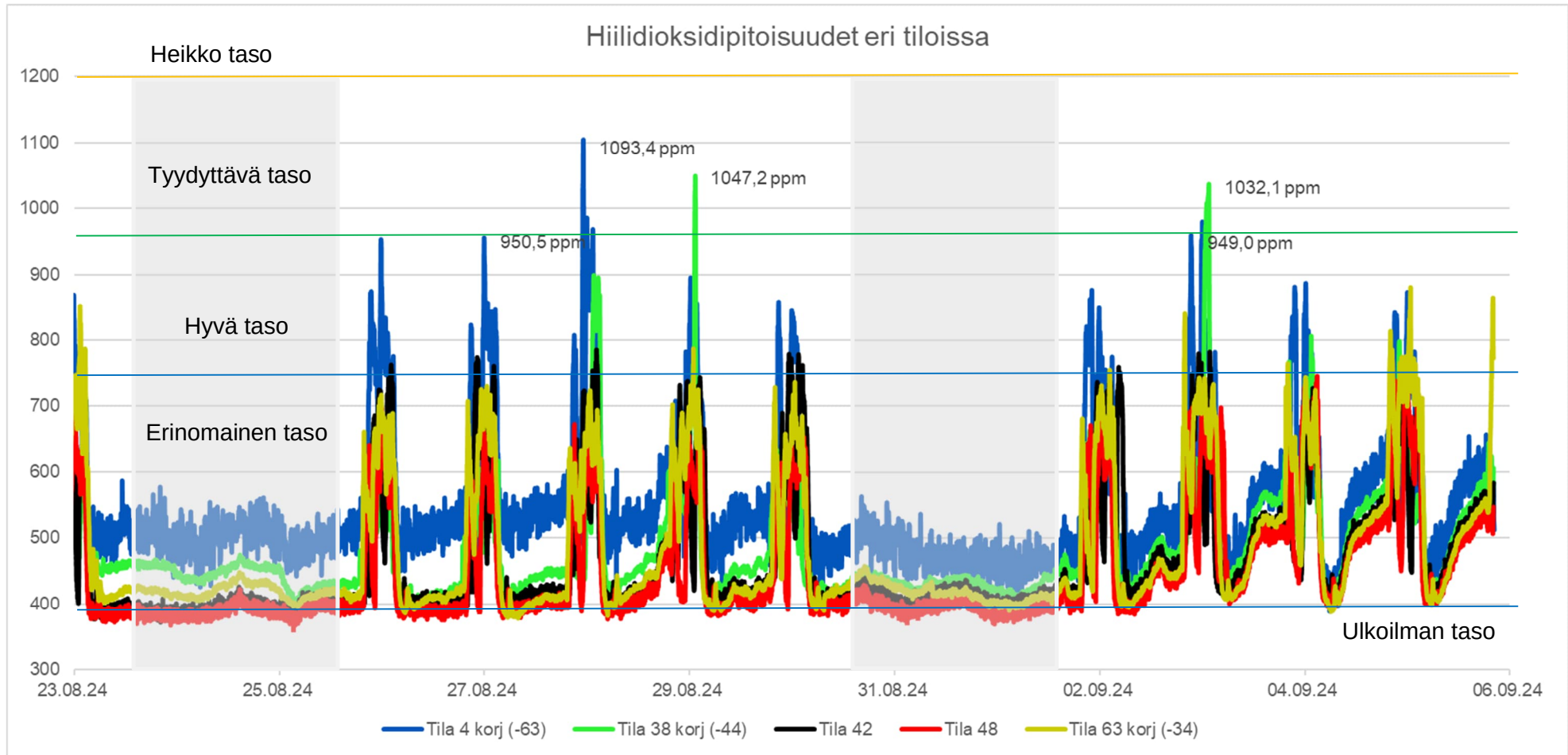
Vesa Kontio
tutkija, geologi
p. +358 50 439 5076
vesa.kontio@labroc.fi

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

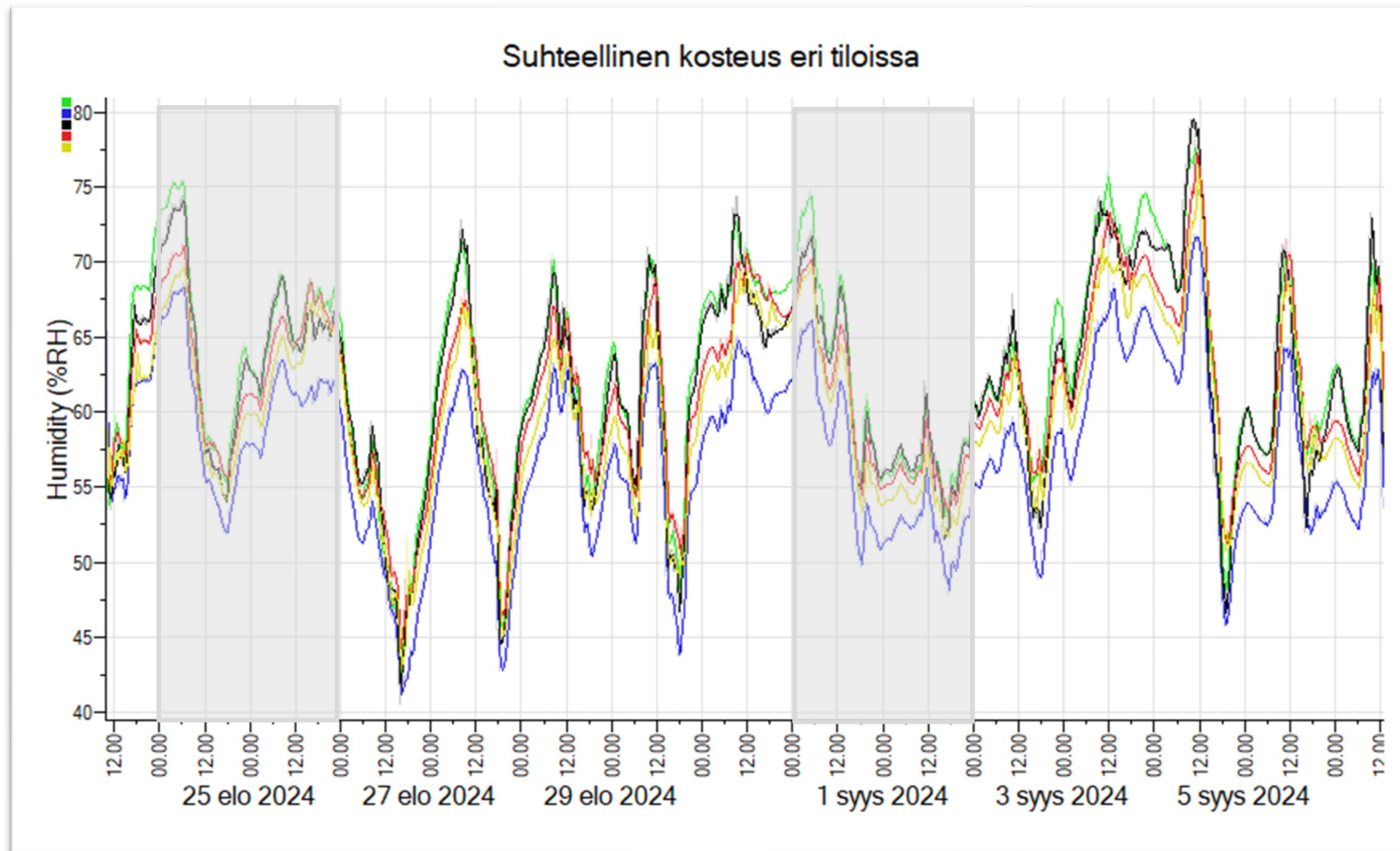
24-1259-1

Hiilidioksidipitoisuus 23.8.-6.9.2024



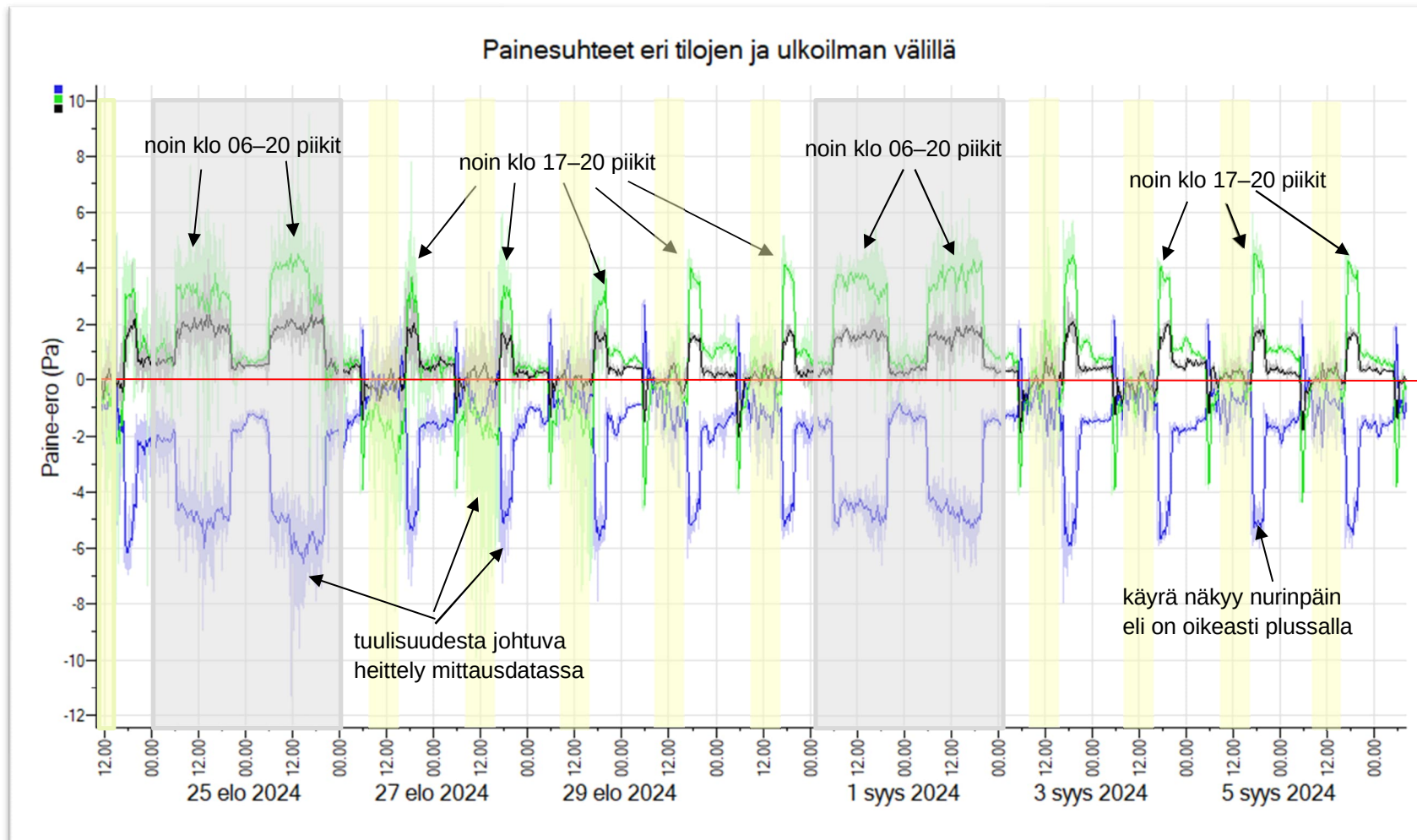
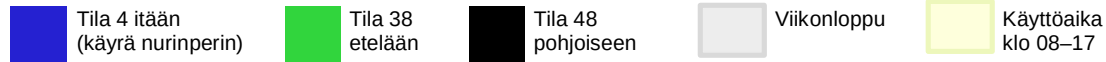
24-1259-1

Suhteellinen kosteus sisäilmassa 23.8.-6.9.2024

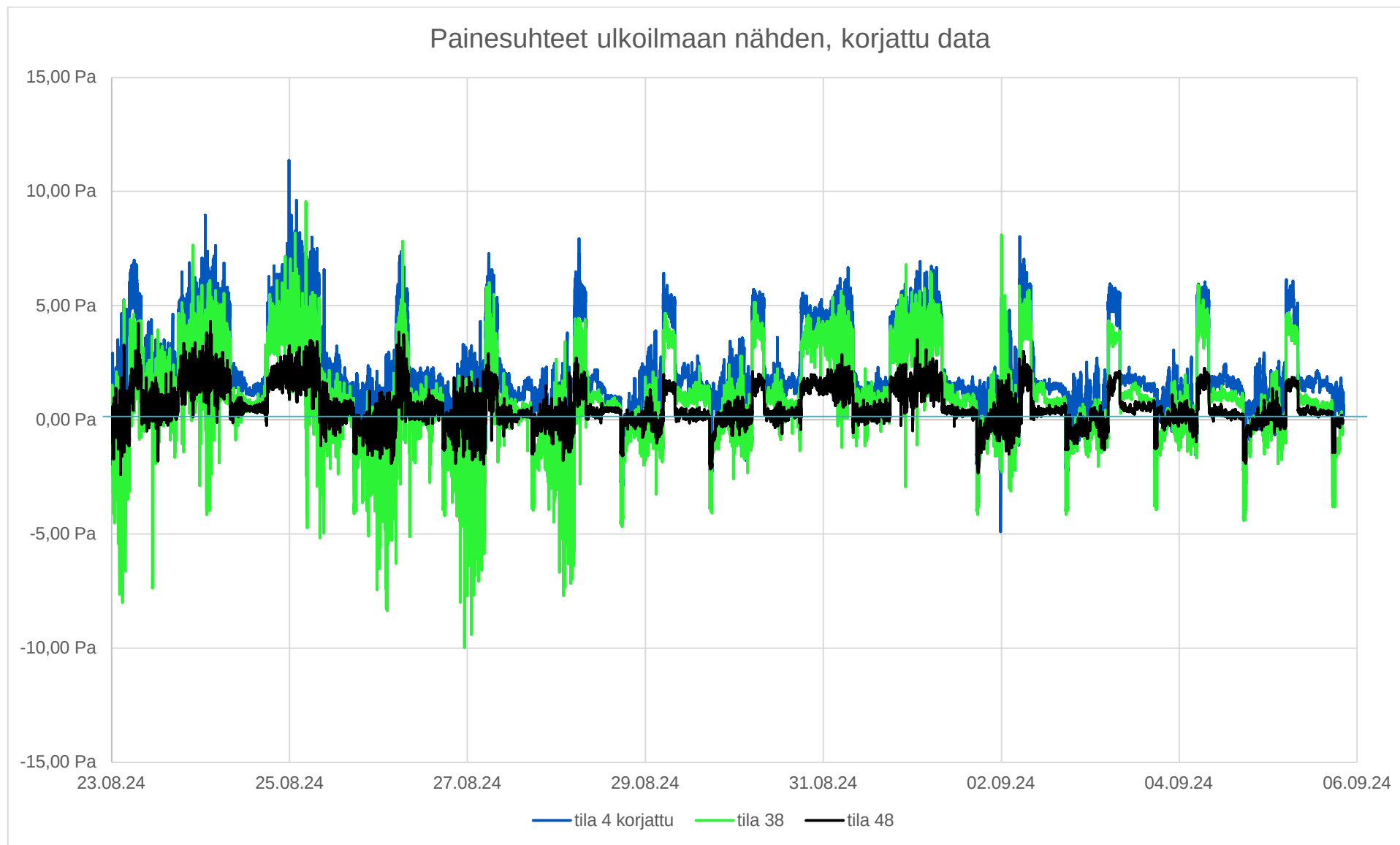


24-1259-1

Paine-ero tilojen ja ulkoilman välillä 23.8.-6.9.2024

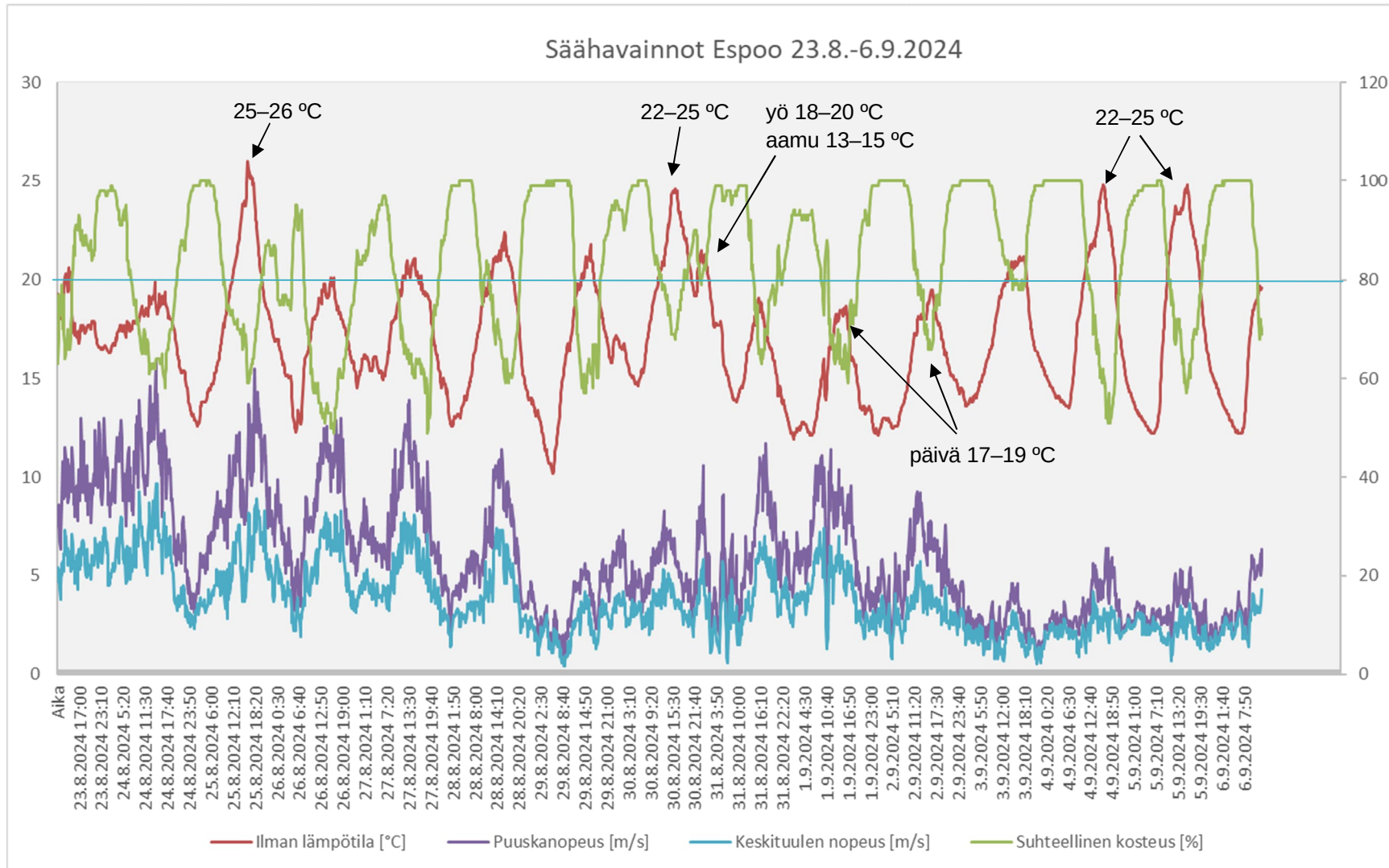


24-1259-1



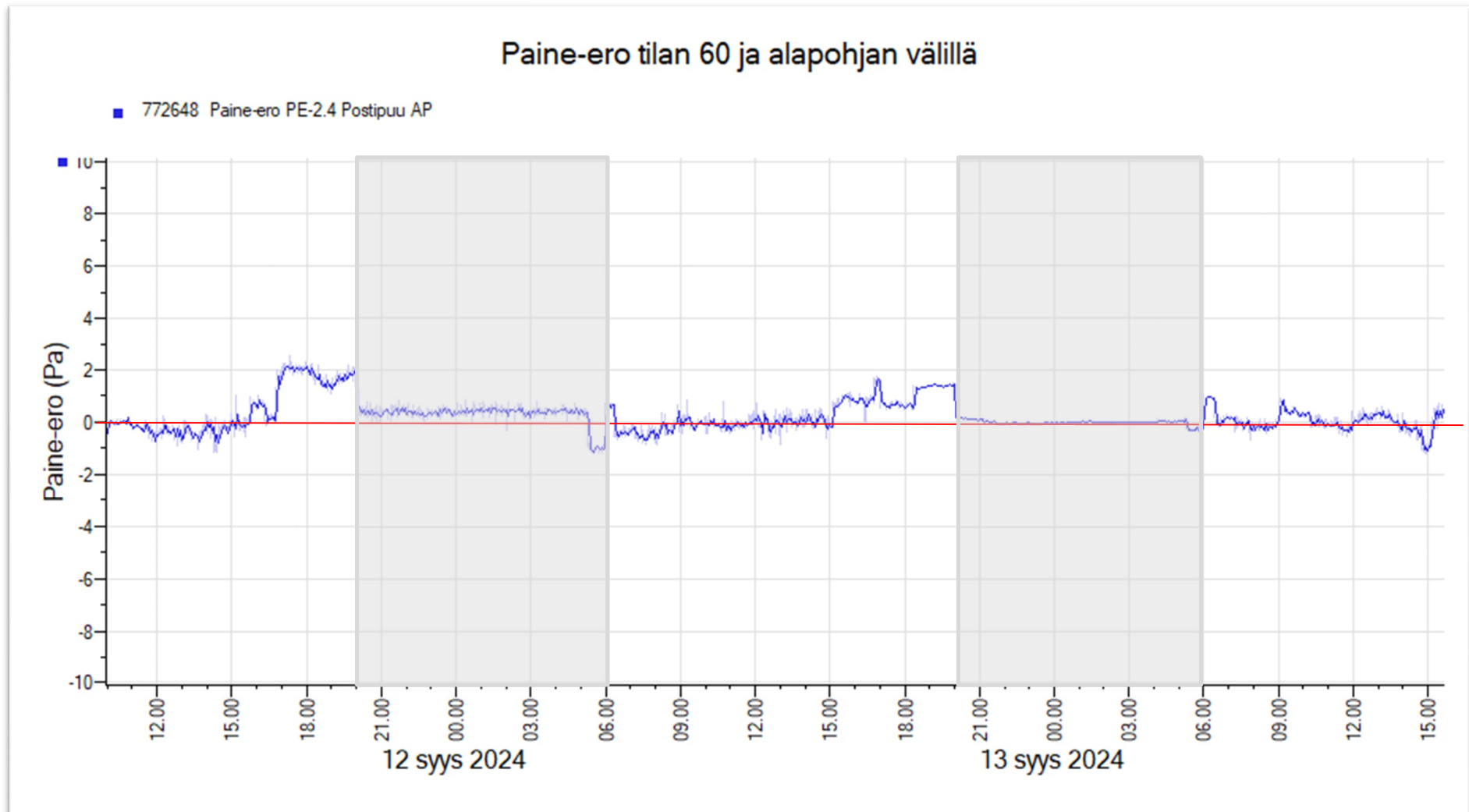
24-1259-1

Ulkoilman säähavainnot välillä 23.8.-6.9.2024



24-1259-1

Paine-ero tilan 60 ja alapohjatiilan välillä 11.9.-13.9.2024 (harmaat palkit klo 20–06 välillä, jolloin IV oli puoliteholla)



SISÄLLYSLUETTELO

1	Laitteiden kalibrointi	2
2	Pintakosteuskartoitus	2
3	Rakenneavaukset	3
4	Rakenteiden tiiviyskoe (merkkiainetutkimus)	4
5	Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset	7
5.1	Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikulitujen laskenta	7
5.2	Pinnoille laskeutuneen pölyn koostumus ja laatu	8
6	Tuloilmakanavien pöly ja puhtaus	9
6.1	Aistienvaarainen puhtauden tarkistus	9
6.2	Tuloilmakanavien sisäpintojen pölyn mineraalikulitujen laskenta	10
6.3	Tuloilmakanavien sisäpinnoilla olevan pölyn koostumus ja laatu	10
7	Pitkäaikaiset paine-eromittaukset	11
8	Sisäilman lämpötila	12
9	Sisäilman suhteellinen kosteus	15
10	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	16
11	Ilmanvaihdon mittaukset	17
12	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit	18
12.1	Tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä	19

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 mittaanturiin. Mittapäättä 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 Rakenneavaukset

Rakenneavauksia tehdään rakennetyyppien selvittämiseksi ja rakenteen kunnon tarkistamiseksi. Samassa yhteydessä rakenteille voidaan tehdä kosteusmittauksia ja tarpeen mukaan ottaa materiaalinäytteitä haitta-aine- tai mikrobianalyysiä 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 $\varnothing 8 \dots 28$ mm iskuporakoneella ja $\varnothing 52 \dots 100$ mm timanttikorakoneella (kuivaporaus). Levyrakenteiden rakenneavaukset tehdään käsityökaluin, monitoimityökalulla tai reikäsahalla. Isommat rakenneavaukset betonirakenteisiin teetetään tarvittaessa ulkopuolisella toimijalla.

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.

4 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

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. 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 merkkiaineko-
keessa pienemmät vuodot korostuvat, kun ilmavuotoreittien määrä on pienentynyt ja rakenteeseen kohdistetaan tavanomaista korkeampi alipaineisuus.

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 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).

5 Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset

5.1 Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitujen laskenta

Tutkimusmenetelmällä selvitetään, esiintyykö tasopinnoille laskeutuvassa pölyssä poikkeavia pitoisuuksia teollisia mineraalivillakuituja. Asuin- ja toimistotiloissa esiintyvät teolliset mineraalikuidut ovat pääsääntöisesti eristevillakuituja, joiden lähteinä ovat yleensä tuloilmajärjestelmissä käytetyt äänenvaimennusmateriaalit, putkien ja läpivientien avonaiset mineraalivillaeristeet, suojaamattomat tai rikkonaiset akustiikkalevyt sekä rakenteiden lämmöneristeet. Teollisia mineraalikuituja esiintyy pieninä pitoisuuksina lähes kaikissa rakennuksissa. Myös harvoin siivotut pinnat voivat toimia kuitulähteenä.

Näytteenotto

Tilojen sisäilman kuitupitoisuutta voidaan selvittää tarvittaessa harvoin siivotuilta pinnoilta, mutta toimenpiderajat on asetettu 14 vuorokauden pölylaskeumalle. Tutkittavaan huonetilaan asetetaan hengityskorkeudelle näytteenkeräyspiste, josta kahden viikon kuluttua kerätään näyte joko imuroimalla näytekoteloon tai ottamalla näyte geeliteipillä. Geeliteippiä käytettäessä tulee ottaa vähintään 3 näytettä/tila.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

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). Näytteistä lasketaan valomikroskooppisesti 100-kertaisella suurennuksella ne teolliset mineraalikuidut, joiden halkaisija on vähintään 3 µm ja pituuden suhde halkaisijaan vähintään 3:1

Synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos kuitupitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (pöydät ym.) ovat alle 0,2 kuitua/cm² (Asu-
misterveysasetuksen soveltamishoje, 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.

5.2 Pinnoille laskeutuneen pölyn koostumus ja laatu

Tutkimusmenetelmällä voidaan selvittää sisältääkö tasopinnoille laskeutunut pöly poikkeavia pitoisuuksia esim. teollisia mineraalikuituja (vuorivilla, lasivilla, lasikuidut, keraamiset kuidut), kiviainespölyä, siitepölyä, rakennusmateriaalipölyä, metallihiukkasia, asbestikuituja ja homeitiöitä. Pölyn koostumusta tutkittiin pinnoille laskeutuneesta pölystä.

Näytteenotto

Näytteenottopisteen ei tulisi sijoittua tulo- tai poistoilmapäätelaitteen viereen. Ennen näytteenottoa tutkittava pinta puhdistetaan ja näyte otetaan pääsääntöisesti 2 viikon laskeuma-ajan jälkeen. Myös vanhan pölyn näytteenotto on mahdollista. Pölynäyte otetaan tasopinnoilta Minigrip-pussiin, kääntämällä pussi nurin päin ja pyyhkimällä sillä tutkittavaa pintaa. Näytteenotossa tulee huolehtia, ettei pussi rikkoudu esim. terävään reunaan. Vanhempaa pölyä ei yleensä ole syytä ottaa, koska tällöin vanha pöly

vaikuttaa analyysin tekoa. Jos pölyä ei ole kertynyt tarpeeksi, pyyhintäpinta-alaa voi tarvittaessa suurentaa.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Asbestikuitujen esiintymistä pinnoille laskeutuneessa pölyssä pidetään toimenpiderajan ylittymisenä. Sisäilman asbestikuitujen pitoisuus ei saa ylittää 0,01 kuitua/cm³. (Asumisterveysasetus 19 §)

Tilanteissa, joissa asbestikuituja esiintyy huonepinnoilla, mutta ilmapitoisuus jää alle 0,01 kuitua/cm³, on ilmapitoisuuden toimenpideraja määräävämpi tekijä. Huonepinnoilla voi joissain tapauksissa esiintyä yksittäisiä asbestikuituja ilman, että rakennuksessa on varsinaisia asbestilähteitä (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, 8/2016).

Ei ole olemassa viranomaisten asettamia viitearvoja muiden kuin asbestin osalta.

Pölyn koostumus tutkitaan stereo- ja/tai pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Hiukkasista raportoidaan vähintään mineraalivillakuidut, homeitiöt, rakennusmateriaaliperäiset hiukkaset sekä muu mahdollinen poikkeavuus ja tavanomainen huonepöly. Mineraalivillakuitujen määräärvio ilmoitetaan painoprosentteina (p -%) kerätystä näytteestä. Mahdolliset asbestikuidut raportoidaan laadullisesti (Ympäristöopas 2016).

Tarkemmat tutkimusmenetelmät esitetään laboratorion analyysivastauksessa.

6 Tuloilmakanavien pöly ja puhtaus

6.1 Aistienvarainen puhtauden tarkistus

Arvioidaan tuloilmakanavien puhtautta aistinvaraisesti. Puhtautta arvioidaan kanavaan kertyneen pölyjäämän mukaisesti. Vanhoissa kanavissa on tyypillisesti vaikeasti puhdistettavaa pinttynyttä likajäämää, joka ei poistu edes ilmanvaihtokanaviston puhdistuksessa. Suorakaidekanavissa (ns. kanttikanavat) pölyä jää tyypillisesti puhdistuksen jälkeen kanavan reuna-alueille.

6.2 Tuloilmakanavien sisäpintojen pölyn mineraalikuitujen laskenta

Tutkimuksella selvitetään, toimiiko tuloilmajärjestelmä kuitulähteenä. Tutkimuksessa otetaan näyte geeliteipillä tuloilmakanavan pinnalta, josta lasketaan kuitupitoisuus. Tavoitteena on selvittää, esiintyykö tuloilmakanavien sisäpinnoilla poikkeavia pitoisuuksia teollisia mineraalikuituja. Ilmanvaihtojärjestelmän teollisten mineraalikuitujen lähteitä arvioitiin tuloilmakanavan sisäpinnoille kertyneestä pölystä. Menetelmäkuvaukset on esitetty liitteenä olevassa analyysivastauksessa

Ilmanvaihtokanavan teollisten mineraalikuitujen pitoisuus on keskimäärin 10-30 kuitua/cm² (Työterveyslaitos). Ilmanvaihtokanavan kuitupitoisuuden suositusarvot perustuvat tekniseen puhtauteen (Työterveyslaitos). Virallisia viitearvoja tuloilmakanavien mineraalikuitumäärille ei ole olemassa. Tuloilmakanavien sisäpintojen mineraalikuitunäytteet tutkittiin polarisaatiomikroskoopin avulla.

Tarkemmat tutkimusmenetelmät esitetään laboratorion analyysivastauksessa.

6.3 Tuloilmakanavien sisäpinnoilla olevan pölyn koostumus ja laatu

Tutkimusmenetelmällä voidaan selvittää sisältääkö tuloilmakanavan pöly poikkeavia pitoisuuksia esim. teollisia mineraalikuituja, kiviainespölyä, siitepölyä, rakennusmateriaalipölyä, metallihiukkasia, asbestikuituja ja homeitiöitä.

Pölynäyte otetaan tuloilmakanavan sisäpinnalta. Minigrip-pussi käännetään pussi nurin päin, jolla pyyhittää tuloilmakanavan sisäpintoja. Näytteenotossa tulee huolehtia, ettei pussi rikkoudu esim. terävään reunaan. Tämän jälkeen pussi käännetään ja suljetaan.

Tuloilmakanavien sisäpintojen pölynäytteet tutkittiin stereo- ja/tai pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Hiukkasista raportoidaan vähintään mineraalivillakuidut, homeitiöt, rakennusmateriaaliperäiset hiukkaset sekä muu mahdollinen poikkeavuus ja tavanomainen huonepöly. Mineraalivillakuitujen määräärvio ilmoitetaan painoprosentteina (p -%) kerätyistä näytteistä. Mahdolliset asbestikuidut raportoidaan laadullisesti (ympäristö-opas 2016).

Tulosten tulokinnassa on huomioitava, että tulos on pölyn laadullinen arviointi (se-mikvantitatiivinen), jolla voidaan selvittää tuloilmanakanavan ja huonetilan pölyjen ja kui-tujen mahdollista lähdettä.

Tarkemmat tutkimusmenetelmät esitetään laboratorion analyysivastauksessa

7 Pitkäaikaiset paine-eromittaukset

Paine-eromittauksella voidaan arvioida ilmanvaihdon toimivuutta, tasapainotilaa ja sen vaikutusta rakennuksen paine-eroihin tilakohtaisesti. Mittauksella voidaan myös arvi-oida mahdollisten epäpuhtauksien siirtymistä rakenteista sisäilmaan. Pitkäkestoisilla paine-eromittauksilla viitataan yleensä vähintään viikon, mutta yleensä kaksi viikkoa kestäviin paine-eron seurantamittauksiin.

Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoi-misten mittalaitteiden avulla:

- Dwyer Magnesence ja Pro dual -paine-eronäytöt ja Tinytag TGPR-0704 -paine-ero-loggeri sekä Beck-anturi ja Tinytag TGC 0046 -paine-erologgeri avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on $\pm 1 \%$ ($\pm 50\text{Pa}$).
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on $\pm 3 \%$ lukemasta, 0-pis-tetarkkuus $\pm 0,1 \text{ Pa}$.

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) soveltamisoh-jeen mukaan: *Jos rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pascalia (Pa), niin alipaineisuu-den syy tulee selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa. Tällä vähennetään vuotoilmavirtauksia ja niiden mukana kulkeutuvia epäpuhtauksia.*

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

Asumisterveysoppaan (Aurola R. ja Välikylä T., 2009) mukaan tilat, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, olisi suositeltavaa olla 0...-2 Pascalia alipaineisia ulkoilmaan nähden. Kokemusperäisesti voidaan todeta, että rakennus, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, olisi suositeltavaa olla 0...-5 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden, jolloin rakenteista ei tapahdu merkittäviä ilmavuotoja sisäilmaan päin.

8 Sisäilman lämpötila

Tutkimusvälineet

Sisäilman lämpötilan seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- (Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505) avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on lämpötila-alueella 0 °C...50 °C ± 0,35...0,5 °C.
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on ± 0,3 °C.

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 [% käyttöajasta]			
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⁾ Suluissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

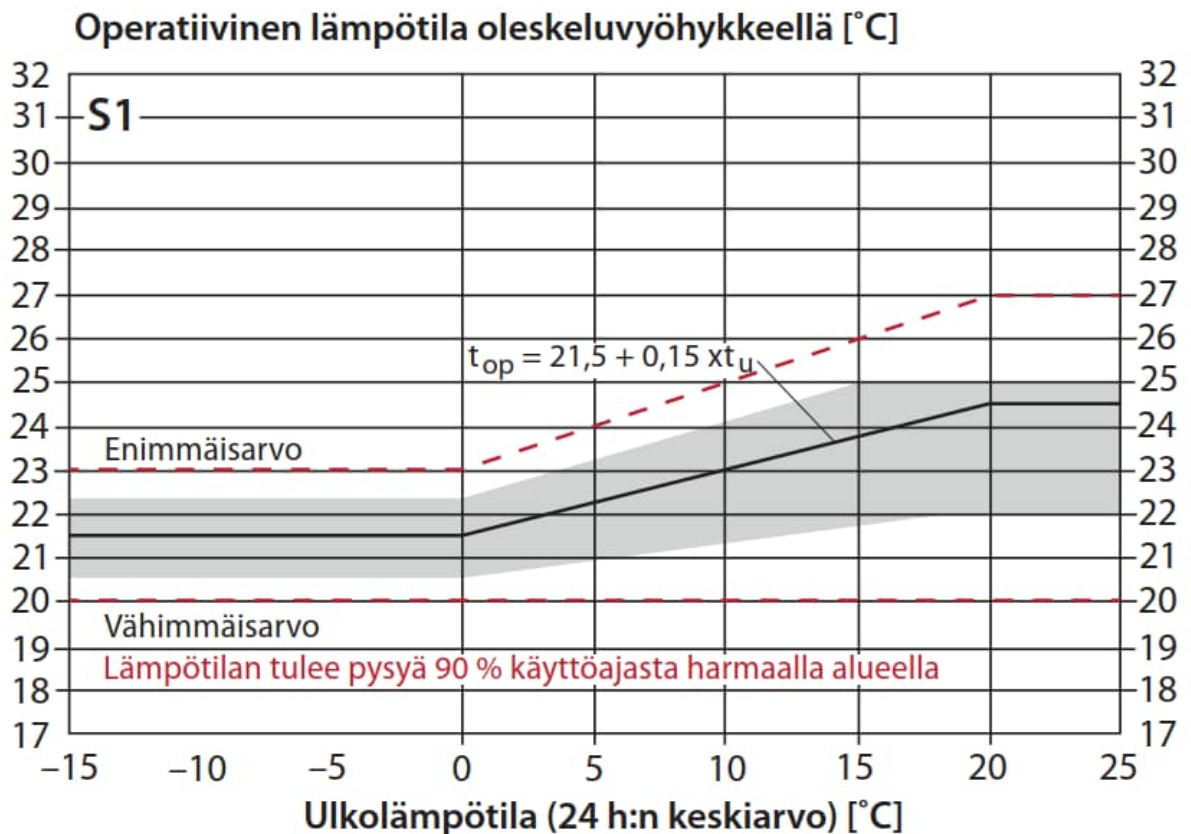
Kuva 1

Sisäilmastoluokituksen 2018 operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa.

Ukolämpötilalla t_u tarkoitetaan ulkoilman 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa lähimmällä säähavaintopaikalla. Tilan käyttäjän toivomuksesta voidaan sisälämpötilan antaa

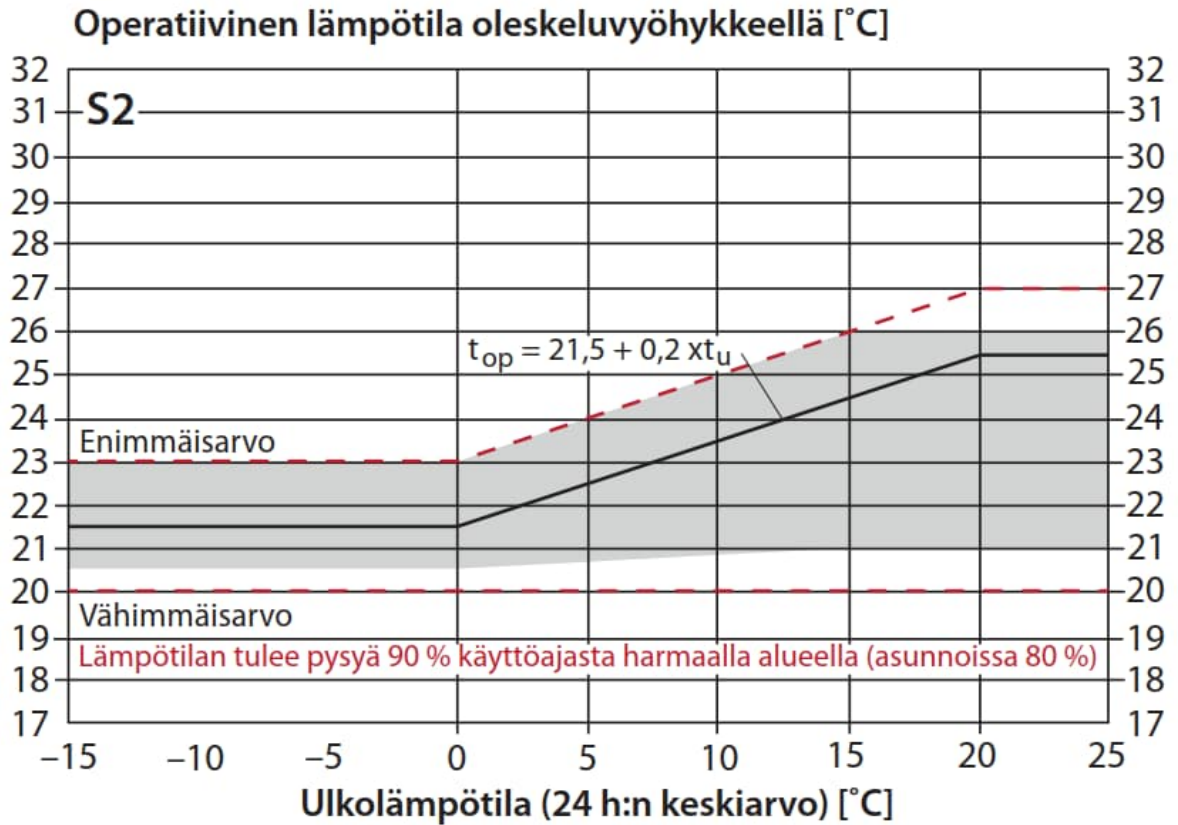
laskea alle tavoitetason tai antaa kesällä nousta yli tavoitetason. Operatiivisen lämpötilan tulee olla tavoitearvon sallitun vaihteluvälin alueella olosuhteiden pysyvyyden edellyttämä aika laskettuna rakennuksen suunnitellusta käyttöajasta. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa suunnitellulla käytöllä (mitoitussäällä tarkasteltuna käyttöaikana) alittaa vähimmäis- tai ylittää enimmäisarvoja.

Operatiivinen lämpötila mitataan esimerkiksi nestepatsaslämpömittarilla tai sähköisellä anturilla oleskeluvyöhykkeeltä 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 ulko-seiniä, lattian alla lämmitämätön tila, auringonsäteily, lattialämmitys, kattolämmitys, jäähdytyskatto), määritetään operatiivinen lämpötila laskemalla se ilman ja pintojen lämpötiloista tai mittaamalla esimerkiksi pallolämpömittarilla standardin SFS EN 12599 mukaisesti.



Kuva 2

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



Kuva 3

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

9 Sisäilman suhteellinen kosteus

Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505 mittalaitteilla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on ± 3 %RH, kun lämpötila on 25 °C.
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on $\pm 1,8$ % (0...85 %RH).

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 hiilidioksidipitoisuus

Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- Tinytag TGE-0010 mittalaitteella. Käytetyn mittalaitteen mittaustarkkuus on ± 50 ppm.
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on ± 30 ppm tai ± 3 % luke-masta.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on suurempi kuin 2100 mg/m³ (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. (Sosiaali- ja terveysministeriö, Asumisterveysasetus 545/2015). Ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden

yleisenä arvona voidaan pitää 400 ppm. 1550 ppm pitoisuuden ylittyessä huoneil-massa, toimenpiderajan voidaan katsoa ylittyvän.

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

S1 < 750 ppm

S2 < 950 ppm

S3 < 1200 ppm

**Hiilidioksidipitoisuustavoite koskee ihmisperäistä hiilidioksidia. Olosuhteiden pysy-vyyttä tarkastellaan yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla.*

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

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

11 Ilmanvaihdon mittaukset

Tutkimusvälineet

Alnor LoFlow 6200 balometrillä eli ns. huppumittarilla voidaan mitata suoraan ilman-vaihdon päätelaitteen ilmapvirtausta. Sen mitta-alue 4,7 ... 236 L/s, ja mittaustarkkuus $\pm (3\% + 2,4 \text{ L/s})$.

TSI Airflow TA430 termoaanemometrillä mitataan ilmapvirran nopeutta. Mittarin mitta-alue on 0 – 30 m/s. Mittarin mittaustarkkuus on $\pm 3\%$ lukemasta tai $\pm 0,015 \text{ m/s}$ sen mu-kaan, kumpi on suurempi.

HK Instruments PHM-V1 -mittarilla suoritettavat ilmamäärämittaukset suoritetaan paine-eroon perustuen ja laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti. Mittarin mittaustarkkuus on $\pm$

1,4% mitattavasta paine-erosta. Ilmamäärien laskennassa käytetään laitevalmistajien ilmoittamia k-arvoja. Paine-eromittaukseen perustuvalla menetelmällä päästään yleensä ± 15 % mittaustarkkuuteen. Tarkkuus kuitenkin heikkenee pienillä ilmamäärillä ja ilmavirtasäätimen ollessa säädettyinä ääriasentoonsa.

Miran DP-200 -mittarilla suoritettavat ilmamäärämittaukset suoritetaan paine-eroon perustuen ja laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti. Mittarin mittaustarkkuus on ± 3 % mitattavasta paine-erosta. Ilmamäärien laskennassa käytetään laitevalmistajien ilmoittamia k-arvoja. Paine-eromittaukseen perustuvalla menetelmällä päästään yleensä ± 15 % mittaustarkkuuteen. Tarkkuus kuitenkin heikkenee pienillä ilmamäärillä ja ilmavirtasäätimen ollessa säädettyinä ääriasentoonsa.

Viitearvot

Mitattuja ilmamääriä verrataan kohteen IV-suunnitelmien mukaisiin ilmamääriin, tai aiempien IV-mittauspöytäkirjojen arvoihin niiden ollessa tutkimuksen lähtötietoina.

Asunnon ilmanvaihdon ulkoilmavirran tulee olla käytön aikana vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$ neliömetriä kohden kaikissa asuinhuoneissa. Ulkoilmavirralla tarkoitetaan tilaan johdettavan ulkoilman määrää. Ilmanvaihtomäärän vaatimus vastaa samaa kuin aiempi ilmanvaihtokertoimen vaatimus $0,5 \text{ l/h}$, jos asunnon huonekorkeus on $2,5 \text{ m}$.

Kouluissa, päiväkodeissa, ja muissa vastaavissa kohteissa Ilmanvaihdon mitoitus perustuu henkilömäärään toisin kuin asuntojen osalta. Muut oleskelutilat ovat tyypillisesti sellaisia tiloja, joissa henkilömäärä on tilojen kokoon nähden asuntoja suurempi ja riittävän ilmanvaihdon saavuttamiseksi tärkein mitoittava tekijä. Lähtökohtaisesti ilmanvaihdon tulee täyttää ilmanvaihdolle asetetut rakennusluvan aikana voimassa olleet Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 annetut määräykset, huomioiden suunnitteluohjearvoissa sallittu ± 20 % toleranssi. Muiden oleskelutilojen tyypillisenä suunnittelumääräyksenä ulkoilmavirralla on $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohden.

12 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit

Tutkimuksella selvitetään, onko tutkitun rakenteen materiaalinäytteissä tavanomaisesti poikkeavaa mikrobikasvustoa.

Materiaalinäytteenotto

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

12.1 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)

Tulkinta	Tulos elatusalustalla
epäily mikrobikasvusta materiaaalissa	- sienten pesäkemäärä: ++ TAI - vähintään 3 indikaattorimikrobipesäkettä (mukaan lukien aktinomykeetit) TAI - bakteerien pesäkemäärä: +++
selvä mikrobikasvu materiaaalissa	- 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.