

Vastaanottaja
Mika Metsäälho, Hämeenlinnan kaupunki,
Kaupunkirakenne / Tilapalvelut

Asiakirjatyyppi
Tutkimusraportti

Päivämäärä
6.9.2019

VUORENTAAN KOULU

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS



SISÄLTÖ

1.	Yleistiedot	5
1.1	Yleistä	5
1.2	Yhteystiedot	5
1.3	Tutkimuksen rajaukset	6
1.4	Lähtötiedot	6
2.	Tutkimusmenetelmät	7
2.1	Materiaalin mikrobinäytteet	7
2.2	Pintakosteuskartoitus	7
2.3	Rakennekosteusmittaus	7
2.4	Merkkiainekokeet	7
2.5	Paine-eromittaukset	7
2.6	Sisäilman olosuhdemittaukset	7
3.	Kohteen yleiskuvaus	8
4.	Rakenneteknisten tutkimusten tulokset	9
4.1	Alapohjarakenteet	9
4.1.1	Rakennetyypit	9
4.1.2	Aistinvaraiset havainnot	11
4.1.3	Rakenneavaukset	11
4.1.4	Materiaalin mikrobinäytteet	15
4.1.5	Ilmavuotoreitit	15
4.1.6	Kosteusmittaukset	16
4.1.7	Johtopäätökset	18
4.1.8	Toimenpidesuosituks	18
4.2	Perumuurit ja ulkoseinät	21
4.2.1	Rakennetyypit	21
4.2.2	Aistinvaraiset havainnot	23
4.2.3	Rakenneavaukset	23
4.2.4	Materiaalin mikrobinäytteet	25
4.2.5	Ilmavuotoreitit	26
4.2.6	Johtopäätökset	28
4.2.7	Toimenpide-ehdotukset	28
4.3	Välipohjarakenteet	30
4.3.1	Rakenneavaukset	31
4.3.2	Mikrobinäytteet	32
4.3.3	Merkkiainekokeet ja ilmavuototarkastelu	33
4.3.4	Johtopäätökset	35
4.3.5	Toimenpide-ehdotukset	36
4.4	Kantavat väliseinät	37
4.4.1	Aistinvaraiset ja rakenneavauksin tehdyt havainnot	38
4.4.2	Johtopäätökset	38
4.4.3	Toimenpidesuosituks	38
4.5	Yläpohjarakenteet	39
4.5.1	Aistinvaraiset havainnot	40
4.5.2	Rakenneavauksista tehdyt havainnot	42
4.5.3	Merkkiainekokeet ja ilmavuototarkastelu	43
4.5.4	Johtopäätökset	43
4.5.5	Toimenpidesuosituks	43
5.	Ilmanvaihtotutkimusten tulokset	44
5.1	Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	44
5.2	Ilmanvaihtokoneet ja niiden puhtaus	44
5.3	Ilmanvaihdon kanavat	45
5.4	Tilojen ilmavirrat	45
5.5	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	46
6.	Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset	47
6.1	Paine-eromittaukset	47

6.2	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	47
6.3	Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus	48
6.4	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	48
6.5	Toimenpide-ehdotukset	49
7.	Altistumisolosuhteiden arviointi	50
7.1	Vuorentaan koulu	50
8.	Johtopäätökset ja yhteenveto toimenpiteistä	51
8.1	Tutkimuksen johtopäätökset	51
8.2	Toimenpidesuosituks	52
8.2.1	Käyttöä turvaavat toimenpiteet	53
8.2.2	Peruskorjaustasoiset toimenpiteet	53

LIITTEET

Liite 1 Tutkimuskartat

Liite 2 Mikrobinäytteiden analyysivastaukset (Työterveyslaitos)

Liite 3 Paine-eron ja olosuhdekaaviot mitatuista tiloista

TIIVISTELMÄ

Kuntotutkimuksen kohteena on v. 1957 Vuorentaan kaupunginosassa sijaitseva koulurakennus. Koulu on käytössä arkipäivisin klo 7.00-17.00. Säännöllistä iltakäyttöä on päiväkäytön lisäksi liikuntasalissa – rakennuksen 1. kerroksessa. Tutkimus tuli ajankohtaiseksi, koska rakennuksessa on koettu sisäilmaongelmaan liittyvää oireilua. Oirelähtöisyyden lisäksi, työn tilaaja selvitti rakennuksen nykyistä kuntoa peruskorjauksen näkökulmasta. Raportti toimii siten lähtötietomateriaalina myös mahdolliselle peruskorjaukselle.

Rakennukseen on tehty pääosin pienimuotoisia kunnostus- ja korjaustöitä. Perusparannukseen liittyviä korjauksia ovat olleet lämmitysjärjestelmän vaihto öljystä maakaasuksi, vesikatteen uusiminen ja julkisivujen maalaus. Pienimuotoisemmat työt ovat olleet rakennuksen tilapintojen vaihtotöitä sekä pienimuotoisia tilakohtaisia muutostöitä.

Rakennuksen alapohjarakenteet ovat pääosin maanvastaisia kerroksellisia betonirakenteita, osin myös kantavia alalaattapalkistoja. Ulkoseinät ovat toteutettu kolmella ratkaisulla: Massiivitiilirakenteisena, kuorimuurattuna lastusementtilevyin lämmöneristettyinä rakenteina, sekä tiili-villa-tiili rakenteisena. Välipohjarakenteet ovat osin alalaatta- osin ylälaattapalkistoja. Yläpohjarakenteena on alalaatta- ja ylälaattapalkistot. Vesikatto on puukannatteinen pukkikattorakenne, joka on kannateltu yläpohjan kannen päältä. Vesikatemateriaali on tiili.

Tutkimuksessa rakenteita tutkittiin rakenneavauksin, avauksista tehdyin aistinvaraisin havainnoin, materiaalin mikrobinäyttein ja merkkiainekokein. Lisäksi sisäilmastollisia olosuhteita selvitettiin hiilidioksidin, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden ja paine-eromittauksin. Tutkimusten perusteella rakennuksen tämän hetkisestä kunnosta saatiin kattava käsitys.

Alapohjan tutkimuksissa havaittiin rakenteen suhteellisen kosteuden olleen pitkän liian korkea ja rakenteen kuivumispotentiaali puutteellinen. Osassa puurakenteita (alalaattapalkistot) todettiin puun lahovaurioitumista. Materiaalin mikrobinäyttein todettiin eristila laaja-alaisesti mikrobivaurioituneeksi ja vaurioalueelta todettiin osin merkittävä yhteys sisäilmaan.

Ulkoseinärakenteessa todettiin rakenneliitosten ja liittyvien rakenneosien kohdilla mikrobivaurioita. Vaurioalueelta todettiin yhteys sisäilmaan. Välipohjarakenteissa todettiin laaja-alaista mikrobivaurioitumista, osin myös kuivuneita lahovaurioita. Vaurioalueelta todettiin vuotoilmayhteys sisäilmaan. Yläpohjassa mikrobivaurioitumista ei todettu.

Rakennuksen ilmanvaihtokoneiden painesuhdevaihtelun todettiin aiheuttavan tilojen lievää alipaineistumista. Alipaineen todettiin lisäävän vuotoilmanvirtausta rakenteista, ja tiloista, joita ei ole tiivistyskorjattu. Ilmanvaihtolaitteiston teknisen kunnan todettiin olevan hyvä, ja järjestelmäpuhtauden muutamia suodatinyksikköjä lukuun ottamatta hyvä. Koneita oli myös huollettu säännöllisesti.

Kokonaisuuden perusteella todetaan, että Asumisterveysasetuksen (545/2015) toimenpideraja tilanteen korjaamiseksi ylittyy niissä rakenteissa, joissa havaittiin mikrobivaurioita ja joista on yhteys sisäilmaan. Kiinteistön omistajalla on tällöin lain mukainen velvoitus ryhtyä toimenpiteisiin haitan korjaamiseksi tai ongelman rajoittamiseksi. Haittaa rajoittavat toimet ovat raportissa esitetty käyttöä turvaavina toimenpidesuosituksina. Haitan pysyvän poistamisen toimet on raportissa esitetty peruskorjaustasoisina toimenpidesuosituksina.

Tehtyihin tutkimuksiin perustuen rakennukselle laadittiin Työterveyslaitoksen mallin mukainen altistumisolosuohdearvio. Arviossa rakennuksen tavanomaisesta poikkeava olosuhde määriteltiin luokkaan erittäin todennäköinen. Luokituksen perusteena on usean rakenneosan laaja-alaiset mikrobivauriot ja vaurioalueelta oleva ilmavuotoyhteys.

Ramboll Finland Oy suosittelee rakennuksen peruskorjaamisen hankesuunnittelun aloittamista mahdollisimman nopealla aikataululla. Peruskorjaamisen kannattavuuden tueksi raportissa esitetyistä korjaustoimista tulee laatia tarkka kustannusarvio. Peruskorjaukseen asti on kaksi vaihtoehtoa: Väistötilat tai käyttöä turvaavina toimenpiteinä esitetyt tiivistyskorjaukset. Laaja-alaisen tiivistyskorjausten vuoksi, Ramboll suosittelee väistötiloihin siirtymistä. Suosituksen perusteena on, että peruskorjauksen ajaksi koulutoiminta joudutaan joka tapauksessa katkaisemaan.

1. YLEISTIEDOT

1.1 Yleistä

Ramboll Finland Oy:n toimeksiantona oli selvittää Vuorentaan kivikoulun rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta ja niiden nykyistä kuntoa kosteus- ja sisäilmateknisellä kuntotutkimuksella. Tavoitteena oli selvittää rakenteet siten, että tiedossa on niiden tarkka toteutustapa ja mahdolliset vauriot. Toimeksianto sisälsi myös asbesti ja haitta-aineiden selvittämisen rakenteista. Haitta-aineet ovat raportoitu omana kokonaisuudeksi

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa tilaajalle tukiaineisto, jonka perusteella Hämeenlinnan kaupunki pystyy arvioimaan peruskorjauksen tarpeellisuutta ja laajuutta. Aineiston perusteella on mahdollista selvittää myös alustava kustannusarvio tulevalle peruskorjaukselle.

1.2 Yhteystiedot

Tutkimuksen tilaaja
Hämeenlinnan kaupunki
Kaupunkirakenne / Tilapalvelut
Rakennustekninen asiantuntija
Mika Metsäälho
03 6215331
Kasarmikatu 23, 3krs
13100 HÄMEENLINNA

Tutkimuksen ajankohta
6 /2019 - 8/2019

Kuntotutkimuksen suorittaja
Ramboll Finland Oy
Tampereen toimipiste
Pakkahuoneenaukio 2
33101 Tampere

Projektipäällikkö /
Rakennusterveysasiantuntija
Karoliina Viitamäki

Kuntotutkimuksen suorittajat:

Rakennetekniset tutkimukset:

Markus Fränti
Tampereen toimipiste
050 3029988
ext.markus.franti@ramboll.fi

Haitta-ainetutkimukset (Toimitettu erillisenä raporttina):

Mari Mäkinen
Tampereen toimipiste

Käytettävät tutkimuslaboratoriot
Mikrobinäytteet rakennusmateriaaleista,
Työterveyslaitos, KUOPIO

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus on rajattu Hämeenlinnan kaupungin toimesta koskemaan ainoastaan 50-luvulla rakennettua alkuperäistä kivikoulua. Tutkimuksen piiriin ei kuulu samassa pihapiirissä oleva entinen opettajain asuntola, joka nykyisellään toimii myös kouluna.

Tutkimusmenetelmät on valittu siten, että ne täydentävät toisiaan ja tulosten perusteella voidaan varmistaa syntyneet päätelmät. Tutkimustulosten luotettavuus on riippuvainen mittauspisteiden edustavuudesta ja otosten laajuudesta, jolloin otantatutkimuksissa yleisesti käytävillä havaintomäärillä tutkimuksiin sisältyy aina jonkin verran epävarmuutta. Lisäksi käytettyihin tutkimusmenetelmiin sisältyy hieman epävarmuutta, joka tulee ottaa huomioon tulosten tulkinnassa. Suoritetut tutkimukset on kohdennettu siten, että tutkimuksen kohteena olevasta rakenteesta saadaan mahdollisimman tarkka käsitys johtopäätösten perustaksi.

Kuntotutkimus sisältää ehdotuksen korjaustoimenpiteistä. Tutkimusta voidaan hyödyntää korjaussuunnitelmien ja korjausohjelman laadinnassa. Annetut korjausehdotukset eivät ole rakennustöiden työselityksiä, vaan tilaajan tulee laadituttaa erikseen varsinainen korjaussuunnitelma.

Kuntotutkijalla on oikeus oikaista kuntotutkimusraportissa mahdollisesti havaittu virhe. Kaikista virheistä tulee reklamoida kuntotutkijaa kohtuullisessa ajassa, viimeistään kolmen kuukauden kuluessa kuntotutkimusraportin luovutuspäivästä.

1.4 Lähtötiedot

Tutkimuksessa käytettävissä oli seuraava lähtöaineisto:

- Arkkitehtien Georg Järneroosin ja Tauno Salon tekemät arkkitehtipiirustukset vuodelta 1956
- Konstruktööri P. Helsiän laatimat rakennesuunnitelmat vuodelta 1956
- Insinööri P. Kyöstilän Koulurakennuksen alkuperäisiä rakennepiirustuksia vuodelta
- Haahtela kiinteistökortti, jossa rakennuksen peruskorjausvudet ja tehdyt remontit

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Materiaalin mikrobinäytteet

Materiaalien mikrobinäytteet otettiin Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaisesti (Osa IV, Asumisterveysasetus § 20, 2016). Materiaalinäytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen mikrobilaboratoriossa Kuopiossa (Akkreditoitu analyysimenetelmä). Analyysivastaukset ovat tämän raportin liiteosassa.

2.2 Pintakosteuskartoitus

Pintakosteusmittauksilla arvioitiin rakennuksen alapohja- ja maanvaraisten seinärakenteiden kosteuden vaihteluväliä tunnettuun kuivana pidettyyn referenssipisteeseen nähden. Pintakosteuden mittaaminen suoritettiin Gann BL UNI 10 näyttölaitetta ja B55 anturipäätä käyttäen.

2.3 Rakennekosteusmittaus

Rakenteen suhteellisen kosteuden määrittämiseksi rakenteisiin tehtiin porareikämittauksia. Mittaukset tehtiin RT-kortin RT14-10984 ohjeiden mukaisesti.

Alapohjaan ja sokkelirakenteeseen poratut ja asennetut mittaputket tasaantuivat 3-4 vuorokautta ennen kosteusmittauksia. Rakennekosteuksia mitattiin rakenteen eri syvyyksiltä sekä myös rakenteen eristetilasta. Rakennekosteuksia ja -lämpötiloja mitattiin Vaisala HMI41 –mittalaitteella jossa käytettiin Vaisalan HMP42 –mitta-antureita. Mitta-antureiden annettiin tasaantua materiaalin lämpötilaan 60 minuutin ajan.

2.4 Merkkiainekokeet

Rakenneosien välistä ilmatiiviyttä tutkittiin Trotec T3000 näyttölaitetta käyttäen, jossa vuodonilmaisimena käytettiin Trotec TS810 anturia. Merkkiainekokeessa laskettiin kaasua (5 % H₂ + 95 % N₂) rakenteeseen. Analysaattorilla paikallistettiin rakenteista kohdat, joista kaasu virtasi huonetilaan. Merkkiainekoe tehtiin kohteen normaalissa ilmanvaihtotilanteessa. Vuotoa tarkasteltiin RT14-11197-kortin ohjeiden mukaisesti määrittämällä vuodot pistemäiseksi, vähäiseksi tai merkittäväksi.

2.5 Paine-eromittaukset

Tutkittavan rakenteen ja sisäilman välistä paine-eroa mitattiin hetkellisesti tutkimustyön aikana merkkiainekokeiden yhteydessä. Mittalaitteena käytettiin Swema Man 7 käsimittalaitetta.

Sisä- ja ulkoilman välistä paine-eroa mitattiin jatkuvatoimisten tallentavien mittalaitteiden avulla. Mittalaitteina käytettiin Pietiko Oy:n valmistamaa Miran järjestelmää.

2.6 Sisäilman olosuhdemittaukset

Sisäilmasta seurattiin jatkuvatoimisten tallentavien mittalaitteiden avulla huoneilman lämpötilaa suhteellista kosteutta ja sisäilman kokonaishiilidioksidipitoisuuksia. Mittalaitteina käytettiin Pietiko Oy:n valmistamaa Miran järjestelmää.

3. KOHTEEN YLEISKUVAUS

Vuorentaan koulu on rakennettu vuonna 1957 alun perin Vanajan kunnan pääkouluksi. Vanajan kunnan jakamisen yhteydessä vuonna 1967, koulu siirtyi Hämeenlinnan kaupungin omistukseen, kuten myös samassa pihapiirissä sijaitseva silloinen opettajain asuntola - Nykyinen koulu. Rakennuksen omistaja on vuodesta 1967 eteenpäin ollut Hämeenlinnan kaupunki nyky-päivään saakka.

Rakennus käsittää kaksi maanpäällistä kerrosta, ja osin maanpinnan alapuolella olevan kellarikerroksen. Kellarikerroksen maanpinnan yläpuoliseen osaan on sijoitettu osa koulun luokkatiloista, muutoin kellari toimii huolto teknikka ja varastotilana. Pääkerrokset toimivat yksinomaan koulun luokkatiloina.



Kuva 1. Vuorentaan koulun sijainti karttapohjassa (punainen katkoviiva)

Lähtötietojen perusteella rakennukseen ei ole tehty suunnitelmallista tai kokonaisvaltaista peruskorjausta. Rakennukseen on tehty kuitenkin seuraavia kunnossapitomäärärahalla tehtäviä teknisiä parannuksia:

- Vesikatteen uusiminen 1997
- Julkisivujen maalaustyö 1997
- Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen kevyestä polttoöljystä maakaasuksi 1996
- Sisätilapintojen vaihtaminen 1986-1997
- Luokkakohtaiset IV-koneet 2013
- Ulkoseinän – välipohjan ja ulkoseinän - alapohjan osittaiset tiivistyskorjaukset 2016

4. RAKENNETEKNIISTEN TUTKIMUSTEN TULOKSET

4.1 Alapohjarakenteet

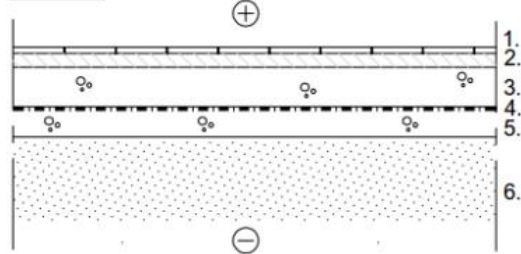
4.1.1 Rakennetyypit

Kellarikerroksen rakennetyypit

Kellarikerroksen rakenteet ovat maanvastaisia betonirakenteita, joita ei pääsääntöisesti ole lämmöneristetty laatan alapuolelta. Pukuhuone- ja luokkatilojen osalta maanvastaisen betonin yläpintaan on asennettu 70mm vahva lastusementtilevy. Rakenteet ovat märkätilojen osalta vedeneristetty kuumabitumilla.

Alapohjan liittymät ovat toteutettu siten, että, pohjalaatta ja pintalaatta ovat valettu erikseen. Alemman laatan päältä lähtevät ei kantavat, muuratut väliseinät. Kantavat seinälinjat lähtevät omilta anturoiltaan laatan alapuolelta. Alla on kuvattu kellarin alapohjan rakennetyypit ja kaaviossa 1 rakenteiden sijaintikaaviot.

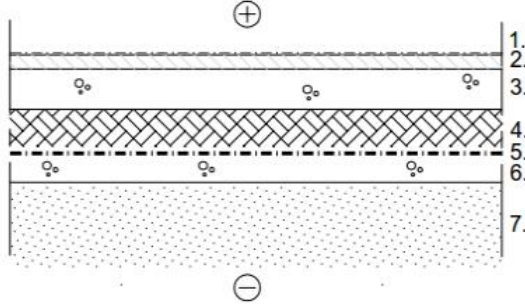
AP-1



- | | |
|----------|--|
| 1. 4 mm | Muovimatto * |
| 2. 6mm | Vanhan opetuskeittiön alla 6-kulmainen klinkkeri * |
| 3. 70mm | Betoni |
| 4. - mm | Bitumisively |
| 5. 60 mm | Betoni (Betonikerroksen paksuus vaihtelee avauskohdittain) |
| 6. 70mm | Hienojakoinen sora-moreeni |

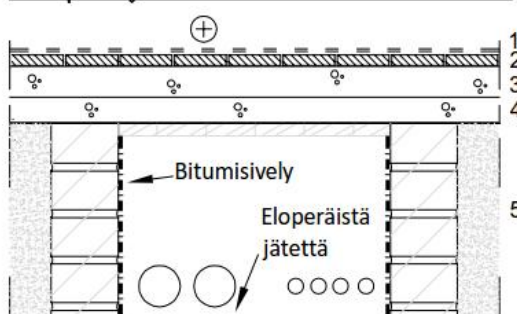
* Käytävien kohdilla kerrokset 1 ja 2 ovat korvattu 40mm vahvuisella mosaiikkibetonilla

AP-2



- | | |
|----------|----------------------------|
| 1. - mm | Muovimatto |
| 2. 30mm | Tasoite |
| 3. 70mm | Betoni |
| 4. 70mm | Lastuvillalevy |
| 5. - mm | Bitumisively |
| 6. 40 mm | Betoni |
| 7. 70mm | Hienojakoinen sora-moreeni |

Alapohja kanaalin kohdalta



- | | |
|----------|-----------------------------|
| 1. 3 mm | Vinyylimatto |
| 2. 8mm | 6-kulmainen klinkkerilaatta |
| 3. 60mm | Betonilaatta |
| 4. 50 mm | Betonilaatta |
| 5. 25 mm | Muottilaudoitus |
- kanaalin keskikorkeus 300mm



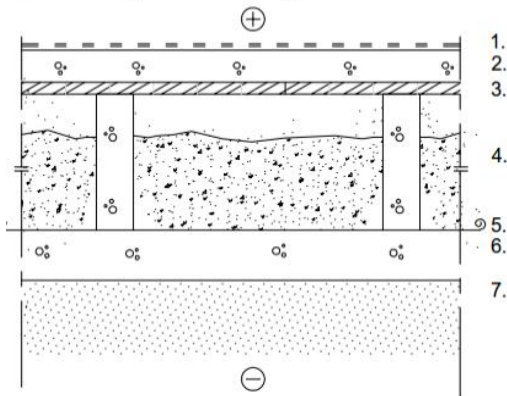
AP-1 Muutoin AP-1, mutta betonilaatta 160mm vanvuinen AP-2 Putkikanaali

Kaavio 1. Kellarin alapohjatyytit ja putkikanaalien sijainnit

Kerroksen 1 alapohjatyytit

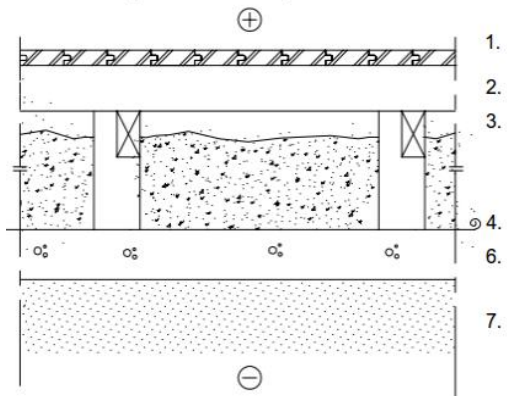
Kerroksessa 1 alapohjatyytit ovat maanvastaisia, yläpuolelta purueristeellä lämmöneristettyjä betonilaattoja, joissa käyttöpintana on joko betoni tai puukansi. Rakenteissa ei ole vedeneristeitä. Rakenne on toteutustavaltaan erityisen suuria kosteustieteellisiä riskejä sisältävä, koska purueristeen kuivumispotentiaali on heikko ja maaperästä on jatkuva diffuusiokosteusliike eristeen suuntaan. Alla on kuvattu kerroksen 1 alapohjarakenteet. Rakenteiden sijaintikaavio on esitetty kaaviossa 2.

AP-3 (Kerros 1)

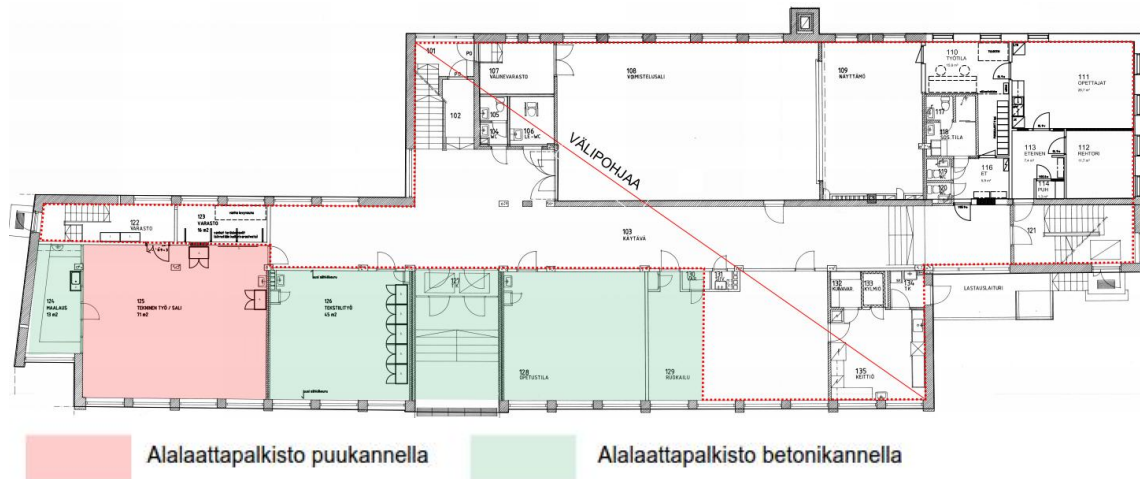


1. - mm Maali, muovimatto tai kivipinta
2. 70mm Betonilaatta
3. 25x95 mm Muottilaudoitus
4. 400 mm Purutila + betoniset korokepalkit
5. 1,5 mm Kartonkipahvi
6. --mm Maata vasten valettu betonilaatta
7. --mm Maatäyttö

AP-4 (Kerros 1)



1. 32x95mm Ponttilankku
2. 50x100 mm Kannen kannattimet
3. 300 mm Purutila + kannatinpuun tukipuut
4. 1,5 mm Kartonkipahvi
5. --mm Maata vasten valettu betonilaatta
6. --mm Maatäyttö



Kaavio 2. Kerroksen 1 alapohjan rakennetyyppien sijaintikaavio

4.1.2 Aistinvaraiset havainnot

Kellarikerroksen alapohjarakenteet

Alapohjarakenteet ovat aistinvaraisesti tarkasteltuna ehjät, ja painumista ei ulkoseinälinjoihin nähden ole havaittavissa. Luokkatilojen osalta, pois lukien teknisen työn tilat, alapohjan ja ulkoseinän välinen liittymä on tiivistyskorjattu TKR-massaa käyttäen. Massa on suojattu käyttäen muovista reunalistaa, ja asennettu huolellisesti ulkoseinien ja kantavien väliseinälinjojen sekä alapohjan saumaan.

Kerroksen 1 alapohjarakenteet

Kerroksen 1 alapohjarakenteissa havaittiin teknisen työn tilojen kohdalla paikoin voimakas maakellarimainen haju. Haju viittaa rakenteelliseen mikrobivaurioon ja se oli voimakkainta teknisen työn puukansilattian kohdalla. Kyseisessä kohdassa aistinvaraisesti todettiin, että puueriste on suorassa ilmayhteydessä sisäilman kanssa. Lievää hajua havaittiin teknisen työn tilojen lisäksi tilassa 109 (tekstiilityö).

Kerroksen 1 alapohjat ovat osittain tiivistyskorjattu vastaavin menetelmin, kun kellaritilan alapohjat. Teknisen työn tilat ja ruokasali on jätetty kuitenkin tiivistyskorjaamatta.

4.1.3 Rakenneavaukset

Alapohjarakenteisiin tehtiin yhteensä 9 kpl rakenneavauksia, ja ne jakautuivat kerroksittain seuraavasti:

- Kellarikerros: 6 kpl
- 1. kerros 3 kpl

Avausten perusteella selvitettiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Avauksista kerättiin myös materiaalin mikrobinäytteet mahdollisen vaurion toteamiseksi. Mikrobitulokset ovat esitetty kappaleessa 4.1.5

Kellarikerroksen rakenneavaukset

Avausten perusteella todetaan, että rakenteet noudattivat pääosin alkuperäisiä rakennepiirustuksia käytettyjen materiaalikerrosten ja ainevahvuuksien osalta.

Märkätilan rakenneavauksissa havaittiin, että suunnitelma-asiakirjoissa mainitun bitumikermi sijasta vedeneristeenä on käytetty kaadettavaa kuumabitumia. Varsinaista bitumikermiä ei avauksista löytynyt mistään kohdin. Kuumabitumin paksuuden todettiin vaihtelevan, mutta se oli keskimäärin muutamia millijä. Bitumimassa on avauskohdissa edelleen toimivassa kunnossa, joskin liittyvien rakenteiden ylösnostoista tutkimuksia ei suoritettu. Märkätilan lattian alustäyttö on pääosin seulomatonta hienojakoista hiekkaa.



Kuva 2. Alkuperäisen märkätilan (Pesu 009) alapohjarakenne



Kuva 3. Lämmöneriste on sijoitettu vedeneristeen alapuolelle.



Kuva 4. Pesutilan 010 alapohjarakenne on vastaava kuin käytävätiloissa. Syynä eroavaisuuteen on se, ettei tila ole alun perin ollut pesuhuone.



Kuva 5. Täyttömaa on kapillaarisesti vettä nostavaa seulomatonta hiekkaa.

Pukuhuonetiloissa lämmöneristeenä toimiva lastusementtilevy todettiin rakenneavauksissa aistinvaraisesti mikrobivaurioituneeksi. Maakontaminaation vuoksi rakennetta ei tutkittu mikrobinäyttein. Nykyisenä pintamateriaalina oleva muovimatto on lisätty rakenteen pintaan jälkikäteen. Maton alta löytyi vanha alkuperäinen maalipinta.

Alapohjan alapuolella kulkevien putkikanaalien kansirakenne on puuta. Mikrobiperäinen haju on avauksessa puun vaurioitumisen vuoksi voimakasta ja lahovaurioituminen on osin aistinvaraisesti havaittavaa. Putkikanaalin lattia- ja pystypinnat olivat vedeneristetty vastaavalla tavalla kuumabitumilla, kuin märkätilojen lattiarakenteissa.



Kuva 6. Pukuhuoneiden kohdalla on alapohja lämmöneristetty betonirakenteiden väliin asennetulla lastusementtilevyllä.



Kuva 7. Alapohjan putkikaanaleissa on eloperäistä materiaali, ja mikrobivaurioituminen on aistinvaraisesti havaittavaa.

Porraskäytävän 221 alin lepotaso rajoittuu maaperään, ja on siten osa alapohjarakennetta. Lepotason avauksessa RAK-6-AP havaittiin, että tyhjän ontelotilan sisään on jätetty rakennus-aikaiset orgaaniset jätteet ja muottilaudat. Jätteet ovat aistinvaraisesti havainnoiden mikrobi-vaurioituneet. Tilassa on voimakas maakellarimainen haju. Alla olevissa kuvissa on esitetty tilan nykyistä kuntoa.



Kuva 8. Ontelotilaan jätetyt rakennusjät-teet ovat mikrobivaurioituneet maakosteuden seurauksena



Kuva 9. ontelotilassa on rakennusjätteiden lisäksi vanhat muottituet paikallaan

Kerroksen 1 rakenneavaukset

Rakenneavausten perusteella alapohjan rakennetyypit vastaavat suunnitelma-asiakirjojen mu-kaista päivitettyä rakennetta, jossa alapohjatyypin on vaihdettu maanvastaisesta rakenteesta kantavaksi alapohjalaataksi. Kuvista poiketen laatan alapinnan bitumi on jätetty kokonaan pois.

Kantavan alapohjan alustilasta havaittiin, että maaperästä on noussut kapillaarista kosteutta. Tuulettumaton tila, ja maaperän kosteus ovat johtaneet maanpinnan näkyvään mikrobikas-vuun. Myös tilaan jätetyt muottilaudat ja rakennusjätteet todettiin laho- ja mikrobivaurioitu-neeksi.



Kuva 10. Teknisen työn alapuolisessa maatayttötilassa on rakennusajasta peräisin olevia vanhoja muottilautoja, jotka ovat pitkälle lahovaurioituneet.

Alapohjan eristetilaan suoritetuista rakenneavauksista todettiin, että purueristeessä on aistinvaraisesti havaittavia laho- ja mikrobivaurioita. Mikrobiperäinen haju oli erityisen voimakasta tekstiilityöluokkaan tehdyssä avauksessa nro. RAK-18-AP. Kokonaisuudessaan todettiin, että kerroksen 1 alapohjarakenteiden eristetilan kunto on varsin heikko.



Kuva 11. Teknisen työn tilaan tehdyssä rakenneavauksessa eristetilan puurakenteissa todettiin selkeitä lahovaurioita.



Kuva 12. Tekstiilityön luokassa purueriste on pohjalta kosteaa. Laho on edennyt osin pitkälle.

Kerroksessa 1 osaksi alapohjarakennetta lasketaan myös pääporraskäytävän alustila. Alustila tutkittiin rakenneavauksella sisääntuloaulan kohdalta. Alustilassa todettiin olevan kaikki muottilaudoitukset paikallaan, ja lisäksi rakennusjätettä. Laudoitukset ja jätteet olivat laho- ja mikrobivaurioituneet pitkälle ja mikrobiperäinen haju sen seurauksena voimakasta.



4.1.4 Materiaalin mikrobinäytteet

Materiaalinäytteet alapohjarakenteista on otettu 26.6.2019 (2 kpl). Näytteet on tutkittu suoraviljelymenetelmällä Työterveyslaitoksen laboratoriossa Kuopiossa. Analyysivastaus MB19-01251 (Työterveyslaitos) on tämän raportin liitteessä 2. Tavanomaiset tulokset ovat taulukossa ilman väriä, poikkeavat tulokset on merkitty punaisella. Kellaritilan alapohjan materiaalinäytteitä ei ole tutkittu mikrobinäyttein, koska eriste on osin kosketuksissa maaperän kanssa.

Taulukko 1. Materiaalin mikrobinäytetulokset ulkoseinärakenteista

	Näytekoodi ja näytteenottopaikka	Materiaali	Tulos
Suora- viljely	M7-AP Rakenneavaus nro. 16	Puupurueriste	Vahva viite vauriosta
	M10-AP Rakenneavaus nro. 16	Puupurueriste	Vahva viite vauriosta

Alapohjan materiaalinäytteitä ei ole otettu suoraan näkyvien lahovaurioiden lähettäviltä tai kohdista, joissa mikrobiperäinen haju oli yhdistettävissä tutkittavaan näytteeseen.

Analyysivastauksen perusteella todetaan, että poikkeavaa mikrobikasvua on analysoitu kummassakin kerroksen 1 alapohjanäytteessä. Kyseisissä näytteissä esiintyy Asumisterveysasetuksen 545/2015 Soveltamissuojien mukaisia kosteusvaurioindikaattoriksi luokiteltuja lajistoja. Myös kokonaissieni-itiöpitoisuudet ovat selkeästi poikkeavalla tasolla. Viite epätavanomaisesta mikrobikasvusta materiaalissa on tämän vuoksi vahva.

Mikrobinäytteet osaltaan vahvistavat jo aistinvaraisesti tehdyt havainnot rakenneavauksista. Rakenteen vaurioituminen on alkanut ja edennyt, koska suhteellinen kosteus on ollut liian pitkään liian korkealla tasolla. Lahovaurioista on pääteltävissä, että suhteellinen kosteus on ollut useita kuukausia välillä 98-100%. Muutoin lahovaurioitumista ei ole mahdollista tapahtua.

4.1.5 Ilmavuotoreitit

Kellarikerros

Alapohjan tiiveyttä sisäilman suuntaan selvitetiin merkkiainekokein. Merkkiainekaasua laskettiin perusmuurin sisäpuoliseen eristetilaan noin 1 minuutin ajan. Kaasuvuotomittaus suoritettiin käyttäen mittalaitteena Trotec T3000 näyttölaitetta sekä Trotec TS 810 vetykaasuanturia. Anturin ilmoittama vuotoasteikko on 0-1200ppm.

Taulukko 2. Alapohjan porareikämittaustulokset

Porareikämennetelmä	Mittauspiste (Nro)	Mittapää (tyyppi)	Rakenne	Mittaus-syvyys (mm)	Lämpötila (°C)	RH (%)	Abs. kosteus (g/m ³)
	PR-1 AP Käytävätila	HMP44	Betoni	30	21,7	44,6	8,5
	PR-2 AP Käytävätila	HMP44	Betoni	70	21,6	50,1	9,6
	PR-3 AP Luokka 023	HMP44	Betoni	70	21,5	68,2	12,9
	PR-4 AP Luokka 023	HMP44	Betoni	30	21,4	59,1	11,1
	PR-5 AP Luokka 023	HMP44	Betoni	30	21,9	41,3	7,9
	PR-6 AP Luokka 023	HMP44	Betoni	50	22	44,7	8,7
	PR-7 AP Terveystoimittaja	HMP44	Betoni	30	21,5	54,4	10,3
	PR-8 AP Terveystoimittaja	HMP44	Betoni	50	21,4	52,8	9,9
	PR-9 AP Varasto 043	HMP44	Betoni	30	21,6	64,6	12,3
	PR-10 AP Varasto 043	HMP44	Betoni	60	21,3	75,4	14,1
	PR-11 AP Käytävätila	HMP44	Betoni	30	22,5	68,1	13,6
	PR-12 AP Käytävätila	HMP44	Betoni	70	22,8	81,2	16,5
	PR-13 AP Pukuhuone	HMP44	Betoni	30	20,8	48,7	7,5
	PR-14 AP Pukuhuone	HMP44	Betoni	70	20,7	48,4	7,3
	PR-15 AP Suihku	HMP44	Betoni	30	21,2	73,1	13,6
	PR-16 AP Pukuhuone	HMP44	Betoni	30	19,9	43,1	7,4
	PR-17 AP Pukuhuone	HMP44	Betoni	70	19,0	52,1	
28.6.2019			SISÄILMA		21	72	13,2
			ULKAILMA		20	78	13,5

Porareikämittausten osalta todetaan, että alapohjarakenteet ovat kaikkien mittaustulosten perusteella hygroskooppisella kosteusalueella. Tuloksista voidaan havaita, ettei laatan absoluuttisen veden määrä merkittävästi nouse, vaikka osa mittauksista on suoritettu bitumisen vedeneristeen alapuolelle. Toisin sanoen mittaustulosten perusteella diffuusiokosteusliike maan suunnasta on varsin pientä.

Suhteellinen kosteus vaihtelee tuloksissa eniten sen mukaan, miten höyryä läpäisevä laatan pintamateriaali on. Muovimattopintaisilla osuuksilla absoluuttisen veden määrät ovat korkeimmillaan, mutta ei kriittisellä kosteusalueella. Kosteusprofiiliin todetaan siten olevan käytettyihin pinnoitteisiin nähden riittävän alhainen tutkituissa mittapisteissä.

4.1.7 Johtopäätökset

Johtopäätöksenä todetaan, että alapohjarakenteet ovat rakennusajalle tyypillisiä, silloisen rakentamistavan mukaisia, yleisesti käytössä olleita ratkaisuja. Nykytiedon valossa ratkaisut erityisesti kerroksen 1 alapohjat tunnetaan rakennusfysikaalisesti korkean riskin rakenteiksi, koska niiden kosteusfysikaalinen toimivuus on monilta osin puutteellista.

Alapohjarakenteiden osalta tulee huomioida kolme pääkohtaa, joilla on suurin vaikutus rakennuksen jatkokäyttöön:

1. Kellarikerroksessa alapohjalaatan alla kulkee putkikanaali, ja se on epäsuorasti yhteydessä sisäilmaan (kanaalin päät auki lämmönjakohuoneessa). Kanaalissa on selkeitä aistinvaraisesti havaittavia mikrobivaurioita, ja siten se aiheuttaa riskin sisäilman laadulle.
2. 1. kerroksen alapohjarakenteissa on pitkälle edennyt mikrobivaurio, joka on korkean kosteuden vuoksi edennyt myös lahovauriona puurakenteisiin. Vaurioalueelta on yhteys sisäilman suuntaan.
3. Sisääntuloaulan ja lepotasojen alla on orgaanisia rakennusjätteitä, ja muottilaudoituksia, jotka ovat mikrobivaurioituneet. Vaurioalueelta on yhteys sisäilmaan.

Alapohjarakenteiden laaja-alaisten mikrobivaurioiden ja vaurioalueelta todetun sisäilmayhteyden vuoksi alapohjien vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on todennäköinen.

4.1.8 Toimenpidesuosituksukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet

Käyttöä turvaavia korjaustoimenpiteitä suositellaan tehtäväksi siksi ajaksi, että peruskorjaus saadaan käynnistettyä. Käyttöä turvaavien toimenpiteiden käyttöikä on arviolta 2-3 vuotta, eikä nämä toimet poista tässä havaittuja ongelmia. Niiden tehtävänä on vain lyhytaikaisesti rajoittaa havaittujen ongelmien vaikutusta sisäilman laatuun.

- Kellaritilan luokahuoneisiin tehdään höyryä läpäisevällä epoksilla alapohjan tiivistyskorjaus. Epoksin tarkoituksena on katkaista ilmavuodot mikrobivaurioituneesta lasitusementtilevyeristeestä ja putkikanaalista sisäilman suuntaan.
- Porraskäytävän suljettuun ontelotilaan tehdään kulkuaukko, ja ontelotila tyhjennetään, maanpinta eristetään XPS-levyillä ja tila alipaineistetaan sisäilmaan nähden. Korvausilma järjestetään tilaan ulkoseinästä
- Pääsisäänkäynnin porraskäytävän alustilaan tehdään kulkureitti ja tila puhdistetaan. Puhdistuksen jälkeen maaperä eristetään, Ilmavuotoreitit sisäilmaan tilaan järjestetään tuuletus ja alipaineistus sisäilmaan nähden.
- Luokkatilat ja muu kellaritila erotetaan väliaikaisilla ilmansulkuseinillä toisistaan, tai . Muu kellaritila alipaineistetaan, joltta ilmapuhdistusta ei ole kellaritiloista luokkatilojen suuntaan.
- Pannuhuoneessa olevat avonaiset putkikanaalit suljetaan väliaikaisin menetelmin siten että ilmayhteys kanaalin ja pannuhuoneen välille saadaan katkaistua.

Peruskorjaustasoiset toimenpidesuosituks

Peruskorjauksessa alapohjan alla kulkevat putkikanaalit tulee poistaa, koska ne ovat yhteydessä sisäilmaan. Kanaalit kulkevat pääosin kellarin luokkatilojen alla, ja siksi luokkatilojen alapohjille suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

- Alapohjalaatta puretaan, ja laatan alta maa-aines vaihdetaan karkeaan sepeliin
- Alapohjan kohdilla kulkevat kantavat anturalinjat salaojitetaan
- Sepelipatjaan asennetaan radonputkistot ja laatan reunaliittymien kohdille radon tiivistyskaistat rakennesuunnitelmien mukaisesti
- Uusi alapohja lämmöneristetään alapuolelta XPS-eristettä käyttäen
- Uusi laatta valetaan samaan korkoon nykyisen olemassa olevan lattian kanssa
- Uusiksi pintamateriaaleiksi suositellaan höyryavoimia pinnoitteita, mutta muovimatto-kin on mahdollinen
- Koulun märkätilojen (suihkutilat) osalta suositellaan muutoin luokkatiloja vastaavia toimenpiteitä, mutta betonilaatta varustetaan lattialämmitysjärjestelmällä rakenteen kuivaamiseksi

Kellarin muut kuin luokka ja pesutilojen alapohjat tiivistyskorjataan seinäliittymien kohdilta rakennesuunnitelmien mukaisesti. Tämän jälkeen alapohjat tasoitetaan ja pinnoitetaan höyryavoimella epoksilla.

Korjausratkaisun avulla laatan alusrakenteisiin saadaan rakennettua kapillaarisen kosteuden nousun katkaiseva kerros ja rakenne saadaan vastaamaan nykypäivän radon raja-arvovaatimuksia. Diffuusiolla liikkuva kosteus hallitaan riittävällä perusmaan ja laatan välisellä lämmöneristämällä. Ratkaisun tavoitteena on poistaa kerrokselliset alapohjarakenteet ja alapohjan alla kulkevat riskirakenteiset kanaalirakenteet.

Ratkaisun etuna on pitkä käyttöikä, hyvä tiiveys maaperästä sisäilman suuntaan sekä kosteusteknisesti turvallinen ratkaisu, jota osaltaan turvaa radontuuletus. Ratkaisun haittapuolena on syntyvät kustannukset ja työläs toteutustapa. Kustannuksia lisää rakenteet sisäiset haitta-ainepurkutyöt. Korjaushintaa tulee nostamaan myös putkikanaalien purkamisesta aiheutuvat LVI-työt.

KERROKSEN 1 ALAPOHJARAKENTEIDEN PERUSKORJAUSTASOISET TOIMENPIDESUOSITUKSET

Alapohjan laaja-alaisen mikrobivaurioitumisen vuoksi suositellaan seuraavaa:

Alapuoliset korjaukset

- Alapohjan alapuolinen tyhjä tuuletustila tyhjennetään pilaantuneesta rakennusmateriaista, ja maa-ainesta poistetaan noin 400mm syvyyteen saakka
- Maapinta eristetään XPS levytyksellä ja eristeen päälle asennetaan joko sepeli, vaahtolasi tai kevytsorakerros.
- Tilaan järjestetään tuuletus, joka ei ole yhteydessä muuhun kellarikerrokseen (koneellinen)

Yläpuoliset korjaukset

- Alapohjan yläpuolelta puretaan betonilaatta ja teknisen työn tilasta puukansi
- Vanhat muottilaudoitukset ja purueristeet poistetaan
- Betonipinnat puhdistetaan kevythiekkapuhalluksella
- Betonipinnat pölysuojataan ja tiivistetään pölysuojajain-aineella
- Uusi eristys alalaattapalkiston sisään tehdään vaahtolasista, ja viimeinen 100mm EPS-eristeellä. EPS eriste asennetaan myös ulkoseinän ja välipohjan liittymään. Reunat tiivistetään bitumikermillä.
- Betonilaatta valetaan EPS eristeen päälle
- Betonilaatan päälle voidaan valita joko höyryavoin tai tiivis pinnoite käyttötarkoituksesta riippuen

Korjausratkaisun avulla alalaattapalkiston mikrobivauriot saadaan poistettua ja rakenne saadaan kosteusteknisesti ominaisuuksiltaan turvalliseksi. Alalaattapalkiston alustilan tuuletuksella varmistetaan ja tuetaan uuden rakenteen kosteusteknisen toimivuutta. Ratkaisun avulla alapohjan ja ulkoseinäliitoksen lämpötilan muutokset saadaan loivemmaksi, jolloin uuden kosteusvaurion kehittyminen ei ole mahdollista.

Ratkaisun etuna on pitkä käyttöikä, hyvä tiiveys maaperästä sisäilman suuntaan sekä kosteusteknisesti turvallinen ratkaisu. Ratkaisun haittapuolena on syntyvät kustannukset ja työläs

toteutustapa. Kustannuksia lisää rakenteet sisäiset haitta-ainepurkutyöt. Korjaushintaa tulee nostamaan myös

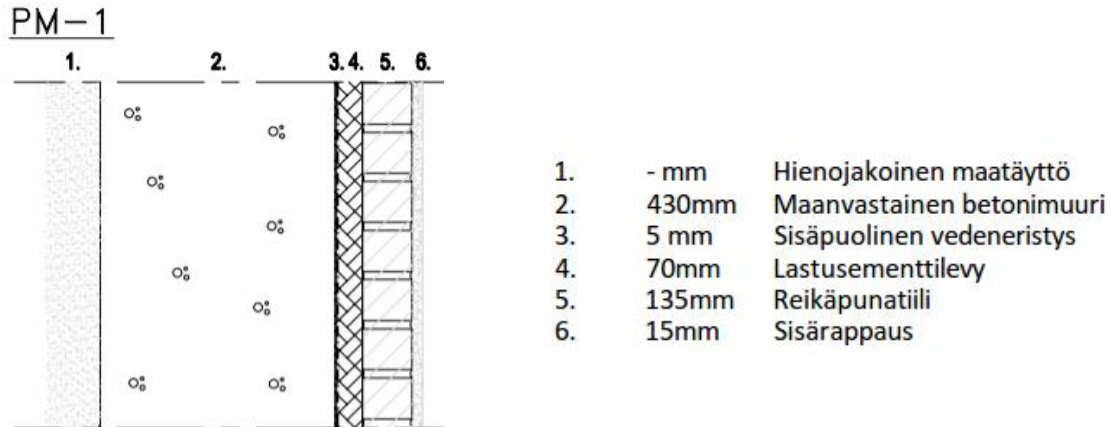
4.2 Perumuurit ja ulkoseinät

4.2.1 Rakennetyypit

Perusmuurit

Perusmuurit ovat ulkokuoreltaan betonirakenteisia, ja ne ovat lämmöneristetty lastusementtilevyllä, ja vedeneristetty bitumilla rakenteen sisäpuolelta (Ks. rakennekuva). Tutkimustoiminnan aikana perusmuurien korjaustyö oli käynnissä. Korjauksessa perusmuurit tullaan vedeneristämään ulkopuolelta bitumikermillä, kermiä vasten kiinnitetään perusmuurilevy, ja levyn ulkopintaan asennetaan uudet pystylämmöneristeet. Routasuojaus tehdään vaakasuuntaisilla levyillä.

Perusmuurin rakenne on esitetty alla.

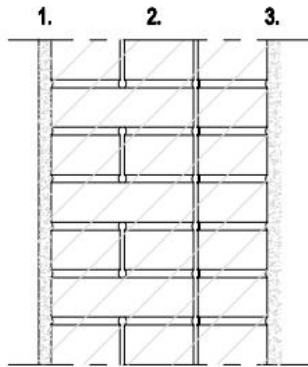


Perusmuurirakenteessa kosteusteknisessä toimivuudessa on ajalle tyypillisiä riskejä. Pääongelmana on sisäpuolinen vedeneriste, joka sallii betonirakenteen kastumisen sisäpintaan saakka, ja siten myös kapillaarisen ja diffuusiokosteusliikkeen rakenteesta eri suuntiin. Rakenne sallii kosteusden siirtymisen myös kerroksen 1 ala- ja välipohjarakenteisiin, joissa rakennekerroksissa on orgaanista eristettä. Siten perusmuuri on rakenteeltaan riskirakenne.

Ulkoseinät

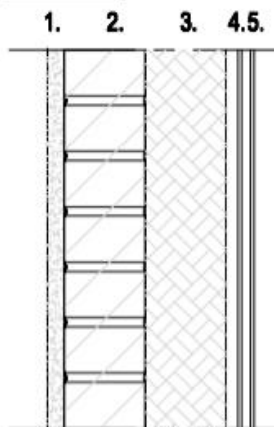
Rakennuksessa on käytetty kolmea erilaista ulkoseinärakennetyyppiä: Massiivitiiliseinää, sisäpuolista rapattua tiiliseinää, jossa eristeenä on tuulettuva lastusementtilevy, sekä pieniltä osin myös tiili-mineraalivilla-tiili rakennetta. Rakenteet ovat esitetty alla olevissa kuvissa.

US-1



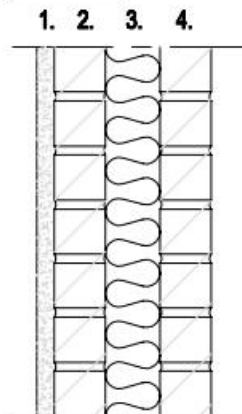
- | | |
|-----------|--------------------|
| 1. 25 mm | Sisäpinnan rappaus |
| 2. 400 mm | Massiivitiiliseinä |
| 3. 25 mm | Ulkopinnan rappaus |

US-2



- | | |
|-----------|-------------------------------|
| 1. 15 mm | Sisäpinnan rappaus |
| 2. 135 mm | Reikäpunatiili |
| 3. 130 mm | Lastusementtilevy |
| 4. 20mm | Tuuletusrako |
| 5. 6mm | Aaltokuvioitu kuitubetonilevy |

US-3



- | | |
|----------|----------------------------|
| 1. 15 mm | Sisäpinnan rappaus |
| 2. 85 mm | Tiili |
| 3. 90 mm | Mineraalivilla |
| 4. 85mm | Tiili (puhtaaksi muurattu) |

Massiivitiiliseinä ei itsessään ole riskipitoinen, koska rakenne pääsee kuivumaan kumpaankin suuntaan ja rakennusmateriaali on hygroskooppista. Massiivitiiliseinän liittymät ala-, väli- ja yläpohjiin tunnetaan kuitenkin ongelmallisina, koska orgaaninen eriste on haastavassa paikassa ja usein yhteydessä sisäilmaan. Siten seinärakenteessa on alueita, joilla on kohonnut riski materiaalin mikrobivaurioitumiseen.

Lastusementtilevyllä lämmöneristetty ulkoseinä on suunniteltu tuulettuvana, ja sen kosteusfysikaaliset riskit liittyvät kahteen pääasialliseen seikkaan

1. Ulkokuoren (kuitubetonilevy) vedenpitävyys
2. Sisätiilikuoren ilman- ja kosteudenpitävyys

Mikäli kummatkin tekijät ovat riittävällä tasolla huomioitu rakenteessa, merkittävää riskiä mikrobivaurioitumiseen ei ole.

Tiili-villa-tiili -ulkoseinässä ongelmana on rakenteen tuulettuvuuden puuttuminen, ja toisaalta tiilen kastuminen läpi esimerkiksi vesisateesta. Rakennuksessa riskiä vaurioitumiseen oleellisesti pienentää se, että ulkoseinä on koko matkaltaan sääsuojalipan alla (sisäänkäyntikatos). Ylimääräinen kosteus voi siten rakenteeseen tulla pääasiassa lämpötilagradientin muutoksesta. Muutos alaspäin aiheuttaa rakenteen suhteellisen kosteuden nousemisen.

4.2.2 Aistinvaraiset havainnot

Perusmuurirakenteet

Aistinvaraisesti ulkopuolelta havaittiin, että sokkelimaali ja betonipinta on useasta kohdasta irti alustastaan. Jäljet ovat pääosin seurausta rakenteen kapillaarisesta kosteusliikkeestä. Kosteustekniset toimivuuspuutteet ovat käyttäjien tiedossa, ja siten toimivuutta perusmuurin osalta parannetaan parhaillaan lisäämällä maanpaineseinien ulkopuolelle bitumikermi, perusmuurilevy ja lämmöneriste.



Kuva 14. Sokkelissa havaittiin kapillaarisesta kosteudesta aiheutunutta betonin vaurioitumista

Ulkoseinärakenteet

Ulkoseinärakenteen liittyvissä ikkunarakenteissa havaittiin paikallisia lahovaurioitumista. Yleisesti ikkunarakenteiden kunto todettiin huonoksi. Rappauspinnan silikaattimaalin todettiin olevan pääosin hyväkuntoinen. Rappausa ei ole kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa tarkistettu. Huomioiden rapauksen iän kuntotutkimus ennen peruskorjausta on suositeltavaa.

4.2.3 Rakenneavaukset

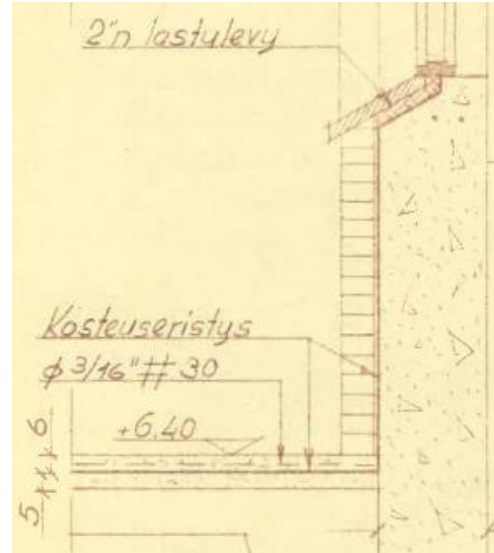
Perusmuurirakenteet

Rakenneavausten perusteella rakennekuviissa esitetty rakennetyyppi poikkeaa toteutetusta sisäpuolisen lämmöneristeen osalta. Alkuperäisissä kuviissa lastusementtilevyn tilalla on tuuletusrako, ei eristettä. Avauksen perustella sisätiilikuoren ja bitumisivelyn välissä on 50mm vahva lastusementtilevy. Lastusementtilevyssä todettiin voimakas maakellarimainen haju, ja siten näytettä ei erikseen tutkittu mikrobivilejlymenetelmin.

Rakenneavauksista havaittiin, että sisäpuolinen vedeneriste on asennettu ns. kuumabitumiliuoksena. Tämän vuoksi vedeneriste on lasimaista ja kovaa. Vedeneristeen ainevahvuus vaihtelee avauskohdittain, mutta on keskimäärin 2mm. Vedeneriste on ainakin suorilla pinnoilla edelleen toimiva ja hyvin kiinni alustassaan.



Kuva 15. Alkuperäisistä suunnitelmista poiketen, sisäpuolella on 50mm vahvuinen lastusementtilevy lämmöneristeenä. (Ks. nuoli)



Kuva 16. Alkuperäinen rakenneleikkaus perusmuurista.

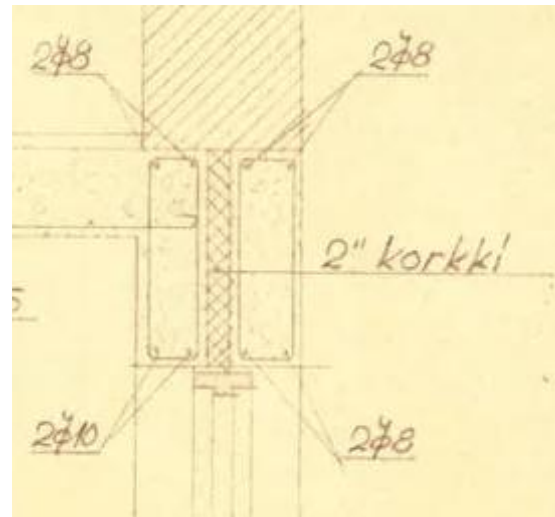
Ulkoseinärakenteet

Ulkoseinärakenteeseen tehtiin 7 kpl rakenneavauksia, joiden perusteella selvitettiin tarkka rakennetyyppi ja tutkittiin rakenteen nykyistä kuntoa. Osasta materiaaleja otettiin materiaalin mikrobinäytteet tarkempia tutkimuksia varten.

Ulkoseinän ja välipohjan liittymäalueen avauksissa havaittiin, että rakenne eroaa suunnitelma-asiakirjoista lämmöneristeen osalta. Välipohjan tasauspalkin taakse on alalaattapalkistoiden osalta merkitty käytettäväksi korkkieristettä. Avauksissa eriste oli kuitenkin lastusementtilevyä. Lastusementtilevy on mikrobivaurioitumisen kannalta korkkieristettä turvallisempi ratkaisu.



Kuva 17. Ulko seinältä tasauspalkin taakse porattu reikä.



Kuva 18. Alkuperäisissä suunnitelma-asiakirjoissa esiintyvä korkkieriste

Sisäkuorimuuratun ja lastusementtilevyllä lämmöneristetyn ulkoseinän (US-2) osalta havaittiin, että sisäkuorimuurauksen raot on tilkitty pellavaeristenauhaa käyttämällä. Nauhassa todettiin aistinvaraisesti näkyvää mikrobikasvua, ja tilkerakojen sisäilmayhteys oli todettavissa aistinvaraisesti. Vaurioita lastusementtilevyssä ei todettu.



Kuva 19. US-2 seinässä lastusementtilevyn takana on pellavanauhaeristeet, joilla on tukittu sisäilmaan yhteydessä olevat reiät.



Kuva 20. Pellavarivenauhat ovat osin aistinvaraisesti havaittaen mikrobivaurioituneet ja yhteydessä sisäilmaan

Tiili-villa-tiili rakenneavauksessa havaittiin, että eriste tuulettumattomassa seinärakenteessa on kuivaa ja rakenne terveen oloinen. Ilmavuotojälkiä esiintyi vain nurkka-alueilla. Rakenne on tehty moduulitiilellä, ja siten eristeen lämmönvaihtelu eri vuodenaikoina tavanomaista 135mm vahvaa tiiltä voimakkaampaa. Myös kuivumispotentialiaali on ohuemman tiilen läpi tehokkaampaa.



Kuva 21. Tiili-villa-tiili ulkoseinärakenne

Ikkunarakenteiden karmin ja seinäliittymän kuntoa tutkittiin 6:lla rakenneavauksella. Avausten perusteella asennusraon koko vaihtelee, mutta on keskimäärin noin 20mm. Rako on eristetty pellavarivenauhalla. Nauha oli avauskohdissa kuivaa, mutta osassa avauksia mikrobiperäinen haju oli voimakasta. Aistinvaraisesti vaurioitumattomilla alueilla nauhoja tutkittiin materiaalin mikrobinäyttein.

4.2.4 Materiaalin mikrobinäytteet

Materiaalinäytteet ulkoseinärakenteista on otettu 26.6.2019 (10 kpl). Näytteet on tutkittu suoraviljelymenetelmällä Työterveyslaitoksen laboratoriossa Kuopiossa. Analyysivastaus MB19-01251 (Työterveyslaitos) on tämän raportin liitteessä 2. Tavanomaiset tulokset ovat taulukossa ilman väriä, poikkeavat tulokset on merkitty punaisella.

Taulukko 4. Materiaalin mikrobinäytetulokset ulkoseinärakenteista

	Näytekoodi ja näytteenottoaikka	Materiaali	Tulos
Suoraviljelymenetelmä	M13-US Ulkoseinä	Pellavanauha	Vahva viite vauriosta
	M14-US (Pellavarive) Ulkoseinä	Pellavanauha	Vahva viite vauriosta
	M17-US (Mineraalivilla) 1.Krs tila 128	Mineraalivilla	Ei viitettä vauriosta
	M-Rive 1 Kellari, Pukuh. 008	Pellavarive	Heikko viite vauriosta
	M-Rive 2 1. krs Tekstiilityö	Pellavarive	Ei viitettä vauriosta
	M-Rive 3 1.krs Ruokasali	Pellavarive	Ei viitettä vauriosta
	M-Rive 4 1.Krs Liikuntasali	Pellavarive	Vahva viite vauriosta
	M-Rive 5 1.Krs Opettajien huone	Pellavarive	Ei viitettä vauriosta
	M-Rive 6 2. Krs Tila 207	Pellavarive	Ei viitettä vauriosta
	M-Rive 7 2.Krs Tila 215	Pellavarive	Ei viitettä vauriosta

Ulkoseinän materiaalinäytteet ovat kerätty alueilta, joissa aistinvaraisesti ei ollut vaurioitumisen jälkiä. Näytteitä ei siis otettu suoraan näkyvien lahovaurioiden lähettäviltä tai kohdista, joissa mikrobiperäinen haju oli yhdistettävissä tutkittavaan näytteeseen.

Analyysivastauksen perusteella todetaan, että poikkeavaa mikrobikasvua on analysoitu näytteissä M13-US, M14-US ja M-Rive-1 ja M Rive-4. Kyseisissä näytteissä esiintyy Asumisterveysasetuksen 545/2015 Soveltamisohjeen mukaisia kosteusvaurioindikaattoriksi luokiteltuja lajistoja. Myös kokonaissieni-itiöpitoisuudet ovat poikkeavalla tasolla. Tulos on viite epätavanomaisesta mikrobikasvusta materiaalissa.

Näytekohtaisesti tuloksista on tulkittavissa seuraavaa:

- M13-US:** Vaurioviite syntyy usean kostesvaurioindikaattorin esiintymisestä homesienten kasvatusalustoilla. DG-18 alustalla elinkykyisten sieni-itiöiden määrä on runsasta. Bakteerialusta THG on tulokseltaan tavanomainen: Kasvu kohtuullista
- M14-US:** Vaurioviite syntyy erittäin runsaasta elinkykyisten sieni-itiöiden pitoisuuksista kaikilla tutkituilla homesienten kasvatusalustoilla. Näytteessä on runsas lajistokirjo Asumisterveysasetuksen 545/2015 kosteusvaurioindikaattoreista. THG alustalla bakteerien määrä on poikkeava: runsasta kasvua
- M Rive-1:** Vaurioviite syntyy homesienten kasvatusalustoilla esiintyvistä kosteusvauriolajistosta, ja bakteerialustalla esiintyvistä niukasta aktinomykeettikasvusta. Kokonais-itiöpitoisuudet ovat kaikilla tutkituilla alustoilla niukat.
- M Rive-4:** Vaurioviite syntyy runsaasta elinkykyisten sieni-itiöiden pitoisuuksista homesienten kasvatusalustoilla, ja runsaasta kasvusta THG THG bakteeriviljelyalustalla.

4.2.5 Ilmavuotoreitit

Perusmuurit

Perusmuurirakenteiden tiiveyttä sisäilman suuntaan selvitettiin merkkiainekokein. Merkkiainekasua laskettiin perusmuurin sisäpuoliseen eristetilaan noin 1 minuutin ajan. Kaasuvuotomittaus suoritettiin käyttäen mittalaitteena Trotec T3000 näyttölaitetta sekä Trotec TS 810 vetykaasuanturia. Anturin ilmoittama vuotoasteikko on 0-1200ppm.

Ilmavuotoja tutkittiin tavanomaisessa painesuhteessa. Paine-ero sisäilman suuntaan vaihteli 0 ja -2Pa välillä. Tutkittava eristetila oli toisin sanoen lievästi ylipaineinen sisäilmaan nähden.

Merkittävää ilmavuotoa

- Ei havaittu perusmuurin alueilla, jotka ovat koulun käytössä

Vähäistä ilmavuotoa:

- Perusmuurin liitokset alapohjaan
- Perusmuurin liitokset välipohjaan

Pistemäistä ilmavuotoja:

- Ei havaittu perusmuurin alueilla, jotka ovat koulun käytössä

Massiivitiilirakenteiset ulkoseinät. Tyyppi US-1

Ilmavuotoja tutkittiin tavanomaisessa painesuhteessa. Paine-ero sisäilman suuntaan oli tutkimushetkellä 0Pa. Tällöin ilman liikettä ei ole rakenteen suuntaan, eikä rakenteesta poispäin.

Merkittävää ilmavuotoa:

- Patterisyyten kuoren takaa korkkieristeestä
- Ikkunarakenteiden rive-eristetila
- Tasauspalkin takaosan lastusementtilevy ikkunoiden kohdalla

Vähäisiä ilmavuotoja

- Tasauspalkin takaa lastusementtilevy umpiseinän kohdalla

Pistemäistä ilmavuotoa

- Ei todettu

Lastusementtilevillä lämmöneristetty, kuorimuurattu ulkoseinärakenne. Tyyppi US-2

Ilmavuotoja tutkittiin tavanomaisessa painesuhteessa. Paine-ero sisäilman suuntaan oli tutkimushetkellä -1Pa. Tällöin ilman liike on lievästi sisäilman suuntaan.

Merkittävää ilmavuotoa:

- Kantavien ikkunanylityspalkkien ja ulkoseinäkuoren liittymät
- Ikkunarakenteiden rive-eristetila

Vähäisiä ilmavuotoja

- Ei todettu

Pistemäistä ilmavuotoa

- Ei todettu

Tiili-Villa-Tiili -ulkoseinärakenne. Tyyppi US-3

Merkittävää ilmavuotoa:

- Sisäkuoren sähkörasialäpiviennit
- Kuorimuurauksen liitos US-2 rakenteeseen

Vähäisiä ilmavuotoja

- Ulkoseinän ja alapohjan liitos alueilta, joissa tiivistemassa ei ollut kunnolla kiinni

Pistemäistä ilmavuotoa

- Ei todettu

4.2.6 Johtopäätökset

Perusmuurit

Perusmuurien osalta todetaan, että suunniteltu rakenneratkaisu poikkeaa lievästi toteutetusta ratkaisusta. Suunniteltu ja toteutettu rakenteet ovat kummatkin ajalle tyypillisiä ja yleisesti käytössä olleita. Suoritettujen tutkimusten perusteella perusmuurin eristetilä on osin mikrobivaurioitunut. Mikrobivaurioalueelta todettiin vuotoilmayhteys sisäilman suuntaan. Siten rakenteen vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä todettiin merkittäväksi.

Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteiden osalta todetaan, että pääasialliset riskit ovat ajalle tyypillisesti ulkoseinärakenteiden liittymäosissa, joissa eristeen kuivumispotentiaali on heikkoa. Tehtyjen selvitysten perusteella riskipitoisimmilla alueilla mikrobivaurioitumista on myös tapahtunut. Osassa vaurioalueita todettiin selkeä ilmavuotoyhteys sisälle. Siten ulkoseinien vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä todetaan olevan merkittävä.

4.2.7 Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet

Käyttöä turvaavia korjaustoimenpiteitä suositellaan tehtäväksi siksi ajaksi, että peruskorjaus saadaan käynnistettyä. Käyttöä turvaavien toimenpiteiden käyttöikäarvio on 2-3 vuotta, eikä tässä esitetyt toimet poista havaittuja ongelmia. Niiden tehtävänä on vain lyhytaikaisesti rajoittaa havaittujen ongelmien vaikutusta sisäilmaan.

KTT-1

- Perusmuuri tulee tiivistyskorjata kauttaaltaan akrylaatti-, öljy tai styreenikumipohjaisia tiivistemassoja käyttäen niiltä osin, kuin ne rajoittuvat henkilökunnan tai oppilaiden käyttötiloihin tai jotka ovat suorassa ilmayhteydessä luokkatiloihin. Näitä ovat mm pukuhuonetilat, opetusvälinevarastot ja luokkiin johtavat käytävät kellarikerroksessa.
- Massiivitiiliseinien patterisyyvennykset kokonaisuudessaan, sekä ikkunapenkin alaosat ja liittymä välipohjaan tulee tiivistyskorjata akrylaatti-, öljy tai styreenikumipohjaisia tiivistemassoja käyttäen
- Massiivitiiliseinien välipohjaliitokset välipohjan alapuolelta tulee tiivistyskorjata, jotta sisäilmayhteys tasauspalkin taakse olevaan eristetilään saadaan katkaistuksi. Soveltuvat tuotteet: akrylaatti-, öljy tai styreenikumipohjaiset tiivisteaineet.
- Lastusementtilevyllä lämmöneristetty kuorimuurattu ulkoseinä tulee kauttaaltaan tiivistyskorjata. akrylaatti-, öljy tai styreenikumipohjaisia tuotteita käyttäen.
- Ikkunakarmin ja ulkosienän liitos tiivistyskorjataan siten, että rive-eristeet eivät ole ilmayhteydessä sisäilmaan. Soveltuvat tuotteet: akrylaatti-, öljy tai styreenikumipohjaiset tiivisteaineet.

Tuote esimerkit tiivisteaineista:

- Akryyli / Akrylaattipohjainen: Aerosana Visconn Fibre ja Aerosana Viscon Basic
- Luonnonöljypohjainen: TKR- peruspinnoite
- Styreenikumipohjainen (SBR Hybridi): Kiilto Airblock Fiber ja Kiilto Airblock Coat

Peruskorjaustasoiset toimenpiteet

Perusmuurit

- Perusmuurien sisäpuolella oleva kuorimuuraus puretaan, sisäpuolinen kuumabitumisively poistetaan. Perusmuurit lämmöneristetään sisäpuolelta kalsiumsilikaattilevyllä, joka rapataan ja maalataan höyryavoimella maalilla (esimerkiksi silikaattimaali)

US-1

- Massiivitiiliseinän patterisyvennysalueet suositellaan purettavaksi kantavaan tiilirunkoon asti siten, että vanha korkkieriste saadaan syvennyksestä kokonaan poistetuksi. Eristetila puhdistetaan esim. hiekkapuhalluksella, ja tilalle asennetaan kalsiumsilikaattilevytys. Levypinta rapataan tai vuorataan kevytsoraharkolla.
- Tasauspalkin takana oleva lastusementtilevytys poistetaan ikkunoiden kohdilta irrottamalla ikkunarakenne, poistamalla lastusementtilevytys palkkien välistä esimerkiksi hiekkapuhalluksella. Uudeksi eristeeksi asennetaan XPS levytys. Muilta osin tasauspalkin takana oleva lastusementtilevy ei ole poistettavissa, vaan se joudutaan kapseloimaan seinän sisään. Kapselointi tulee tehdä niin, että sen käyttöikä saadaan samaan käyttöikätaivoitteeseen muiden ulkoseinäkorjausten kanssa.

US-2

- Kuitusementtilevystä (Mineriittilevy) tehty julkisivulevytys puretaan, eristeinä olevat lastusementtilevyt irrotetaan ja kaikki palkkien tiivisteriveet poistetaan. Seinä ruiskutasoitetaan ulkopuolelta, ja tasoitettuun pintaan asennetaan uudet eristeet. Eristetyyppi valitaan rakennesuunnittelussa. Uusi julkisivu tehdään tuulettuvana.
- Ulkoseinässä olevat ikkunat ja rive-eristeet poistetaan ja ulkoseinän ja ikkunakarmin väliset liittymät puhdistetaan hiekkapuhalluksella. Ikkunan karmin ja seinän välinen asennusväli tulee lämmöneristää uretaanivaahdolla ja tiivistää sisäpuolelta paisuvalla eristenauhalla ja elastisella massalla (Esm. Sika Construction +).

US-3

- Nykyiset maalipinnat sisäpuolelta poistetaan ja rakenne tiivistyskorjataan TKR-massaa käyttäen kauttaaltaan, sekä 50mm liityviin rakenteisiin. TKR tuotetta suositellaan käytettäväksi, jotta seinärakenteen höyrynvastus eristetilaan saadaan riittäväksi.

Peruskorjaustasoiset toimenpiteet ovat laajat, mutta valittujen korjausratkaisuiden etuna rakenteiden merkittävät rakennusfysikaaliset parannukset. Ratkaisuilla tavoitellaan rakennukselle 30 vuoden jatkokäyttöikä. Mahdolliset rakennesuunnitelmissa tehtävät muutokset tulee laatia siten, ettei muutokset pienennä käyttöikätaivoitetta.

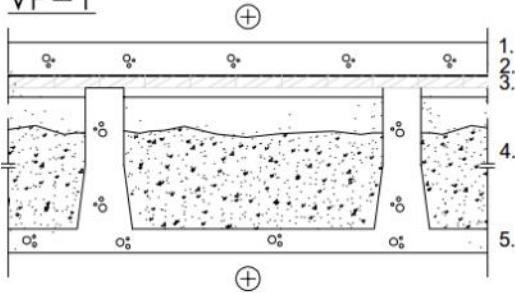
4.3 Välipohjarakenteet

Rakennuksen välipohjarakenteet ovat pääosin alalaatta- ja ylälaattapalkistoja. Porraskäytävien lepotasot ovat toteutettu massiivibetonisina ja alalaattapalkistoina.

Alalaattapalkistolla toteutettuihin välipohjiin liittyy korkea toteutusaikainen mikrobivaurioitumisen riski, koska kansilaatan valun yhteydessä rakenteen sisään jäävä muottilaudoitus ja väliriste ovat pitkiä aikoja hyvin kosteissa olosuhteissa. Ulkoseinien läheisyydessä mikrobivaurioitumisriskiä nostaa ulkoseinän sisäpinnan lämpötilaero muuhun välipohjaan nähden. Si- ten ulkoseinässä kiinni oleva purueriste on talvikaudella olosuhteissa, joissa mikrobivaurioitu- misen mahdollisuus on todennäköistä.

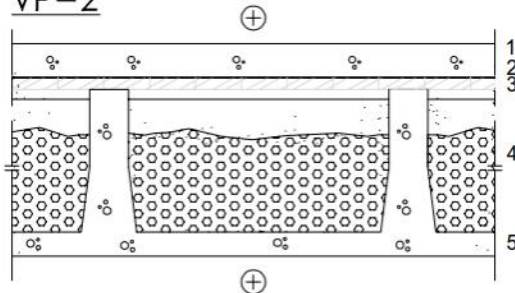
Kerroksellisten välipohjien rakennetyypit ovat esitetty alla, ja kaikkien rakenteiden sijaintikaa- viot kaavioissa 3 ja 4.

VP-1



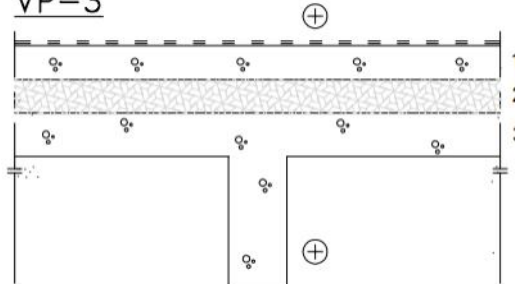
- | | |
|-------------|-----------------------------|
| 1. - mm | Muovimatto |
| 2. 80-120mm | Betonilaatta |
| 4. 340mm | Purueriste + betonipalkisto |
| 5. 40mm | Alalaatta (Ei läpiporausta) |

VP-2

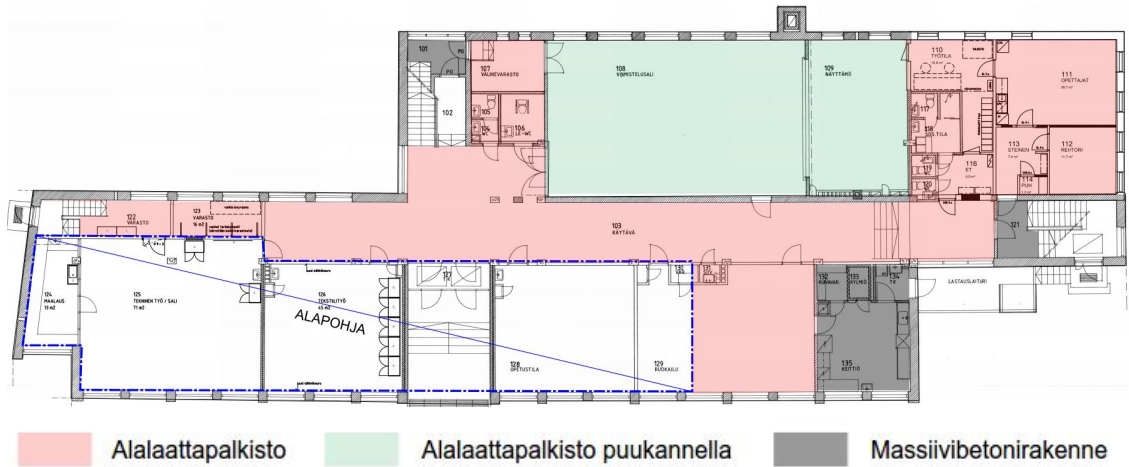


- | | |
|----------|------------------------------|
| 1. -- mm | Muovimatto |
| 2. 80 | Betonikansi |
| 3. 25mm | Muottilauta |
| 4. 340mm | Koksieriste + betonipalkisto |
| 5. 40mm | Alalaatta (Ei läpiporausta) |

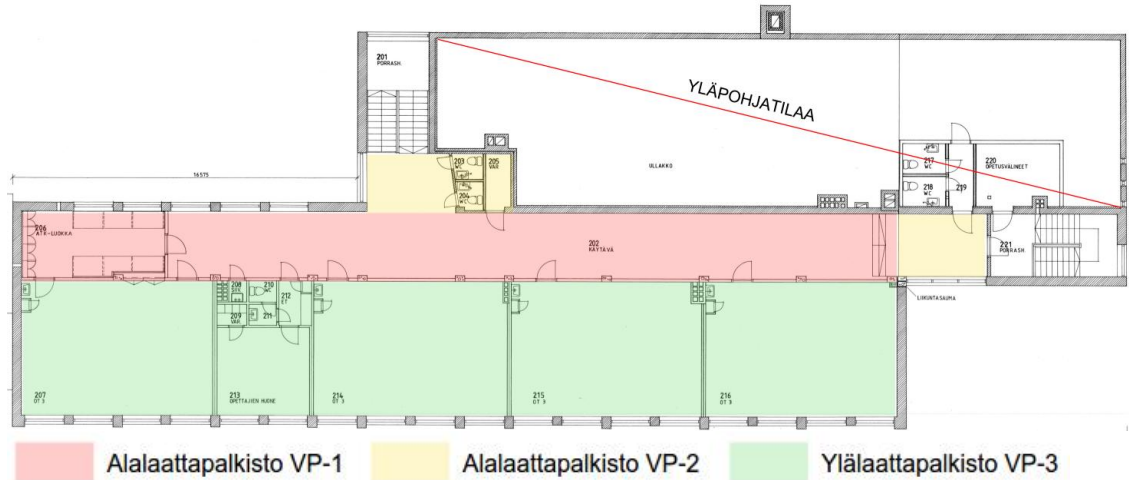
VP-3



- | | |
|----------|-------------------|
| 1. 60 mm | Pintalaatta |
| 2. 50 | Lastusementtilevy |
| 3. 70mm | Ylälaattapalkisto |



Kaavio 3. Välipohjatyyppien sijainti kerroksessa 1



Kaavio 4. Välipohjatyyppien sijainti kerroksessa 2

4.3.1 Rakenneavaukset

Välipohjiin tehtiin timanttiporauksella 110 -160mm rakenneavauksia yhteensä 10 kpl. Avauksista selvitetiin tarkka toteutustapa ja arvioitiin rakenteen nykyistä kuntoa. Arvioinnissa apuna käytettiin materiaalin mikrobinäytteitä, jotka ovat välipohjan osalta tulkittu kohdassa 4.3.2.

Alalaattapalkistot

Rakenneavauksien perusteella todetaan, että rakennetyyppien mittatiedot ja rakennekerrokset vastasivat suunnitelma-asiakirjoja kohtuullisen tarkasti. Suurin yksittäinen heitto toteutuman ja kuvien välillä oli kerroksen 2 alalaattapalkistoksi merkitty rakenne (Ks. Kuva alla). Rakenne osoittautui avauksissa ylälaattapalkistoksi. Alla on esitetty ote alkueräisestä välipohjarakenteesta.

Alalaattapalkiston eristetilassa havaittiin rakenneavauksissa Rak-1VP, Rak-3VP ja Rak-4VP voimakas maakellarin tuoksu. Haju viittaa eristetilassa olevaan mikrobivaurioon. Avauksesta Rak-1 havaittiin muottilaudoituksessa selkeitä lahovaurioitumista ulkoseinän vierustalla. Myös 2. kerroksen avauksessa Rak-24 VP lahovaurioituminen oli selkeää ja pitkälle edennyt.

Rakenneavausten perusteella alalaattapalkiston päältä lähtevät seinälinjat ovat välipohjapalkin päällä. Kantavat seinälinjat kannattelevat myös välipohjaa siten, että kantavan seinälinjan sisässä on erillinen tasauspalkki (Ks. Kuva 24). Tasauspalkin takana ei ole käytetty orgaanisia eristemateriaaleja.



Kuva 22. Purueriste on alalaattapalkistossa kuivaa, mutta mikrobivaurioon viittaava haju osassa avauksia voimakasta.



Kuva 23. Alalaattapalkistossa havaittiin muottilaudoituksen osalla näkyviä lahovaurioita



Kuva 24. Kantavat väliseinät kannattelevat alalaattapalkiston tasauspalkkia. Rakenteessa on lievä epäjatkuvuuskohta kannen ja palkin välissä.



Kuva 25. Koksikuonalla täytetty VP-3 tyyppin välipohjarakenne

Ylälaattapalkistot

Kerroksessa 2 välipohjarakenteena olevat ylälaattapalkistot olivat aistinvaarisesti rakenneavauksista arvioiden alalaattapalkistojä paremmassa kunnossa. Avauksista ei havaittu poikkeavaa hajua tai näkyviä mikrobivaurioita. Rakenneavauksissa havaittiin, että kuorilaatan ja kantavan ylälaatan välissä olevassa lastuvillalevyssä on epäsäännöllisesti käytetty kartonkipaperia. Paperin käytölle tai sen käyttämättä jättämiselle ei löytynyt syytä.

4.3.2 Mikrobinäytteet

Materiaalinäytteet välipohjarakenteista on otettu 26.6.2019 (10 kpl). Näytteet on tutkittu suoraanviljelymenetelmällä Työterveyslaitoksen laboratoriossa Kuopiossa. Analyysivastaus MB19-01251 (Työterveyslaitos) on tämän raportin liitteessä 2. Tavanomaiset tulokset ovat taulukossa ilman väriä, poikkeavat tulokset on merkitty punaisella.

Taulukko 5. Materiaalin mikrobinäytteet välipohjarakenteesta

	Näytekoodi ja näytteenottopaikka	Materiaali	Tulos
	M1-VP (Alalaattapalkisto) Krs 1 Opettajat	Puupurueriste	Heikko viite vauriosta
	M2-VP (Alalaattapalkisto) 1.krs Ruokailu	Puupurueriste	Vahva viite vauriosta

M3-VP (Alalaattapalkisto) 1.krs Käytävä	Puupurueriste	Ei viitettä vauriosta
M4-VP (Alalaattapalkisto) 1.krs Käytävä	Puupurueriste	Heikko viite vauriosta
M11-VP (Alalaattapalkisto) 2.krs Lepotaso	Koksikuona	Heikko viite vauriosta
M12-VP (Ylälaattapalkisto) 2.Krs Luokka 207	Lastusementtilevy	Ei viitettä vauriosta
M15-VP (Ylälaattapalkisto) 2.Krs Luokka 215	Lastusementtilevy	Ei viitettä vauriosta
M16-VP (Alalaattapalkisto) 2.Krs Alalaattapalkisto	Puumuotti	Ei viitettä vauriosta

Välipohjarakenteista materiaalinäytteet ovat kerätty alueilta, joissa aistinvaraisesti ei ollut vaurioitumisen jälkiä. Näytteitä ei siis otettu suoraan näkyvien lahovaurioiden lähettäviltä tai kohdista, joissa mikrobiperäinen haju oli yhdistettävissä tutkittavaan näytteeseen.

Analyysivastauksen perusteella todetaan, että poikkeavaa mikrobikasvua on analysoitu näytteissä M1-VP, M2-VP ja M4-VP ja M11-VP. Kyseisissä näytteissä esiintyy Asumisterveysasetuksen 545/2015 Soveltamissuojien mukaisia kosteusvaurioindikaattoriksi luokiteltuja lajistoja. Myös kokonaissieni-itiöpitoisuudet ovat poikkeavalla tasolla. Tämä viittaa epätavanomaiseen mikrobikasvuun materiaalisissa.

Näytekohtaisesti tuloksista on pääteltävissä seuraavaa:

- M1-VP:** Vaurioviite syntyy yksipuolisesta lajistosta, jota esiintyy kaikilla tutkituilla homesienten kasvatusalustoilla kohtuullisesti. rakenteessa suurina määrinä epätavanomaista. Bakteerialusta THG on tulokseltaan tavanomainen: Kasvu niukkaa.
- M2-VP:** Vaurioviite syntyy yksipuolisesta lajistosta, jota esiintyy kasvatusalustoilla Hagem ja M2 erittäin runsaana, DG-18 alustalla kohtuullisena kasvuna. Lajisto on rakenteessa suurina määrinä epätavanomaista. Bakteerialusta THG tulokseltaan tavanomainen: Kasvu niukkaa.
- M4-VP:** Vaurioviite syntyy THG-alustalla olevasta lievästä *Streptomyces* (sädesieni) kasvusta. Homesienten kasvatusalustat ovat tavanomaiset: Kasvu niukkaa
- M11-VP:** Vaurioviite syntyy runsaasta THG-alustalla olevasta bakteerikasvusta. *Streptomyces* (sädesieni) kasvua ei ole analysoitu. Homesienten kasvatusalustoilla kasvu niukkaa.

Näytekokonaisuuden ja aistinvaraisten havaintojen perusteella todetaan, että välipohjarakenteessa on alalaattapalkistoiden osalta laaja-alainen mikrobivaurio. Tulos on linjassa aistinvaraisesti tehtyjen havaintojen kanssa. Analysoidun lajiston perusteella on osoitettavissa, että rakenteen suhteellinen kosteus on ollut liian korkea, liian pitkiä aikoja. Tämä on johtanut orgaanisen purueristeen mikrobivaurioitumiseen.

4.3.3 Merkkiainekokeet ja ilmavuototarkastelu

Kerroksen 1 vuototarkastelut

Alalaattapalkistolla toteutettujen välipohjien tiiveys sisäilman suuntaan selvitettiin merkkiainekokein. Merkkiainekaasua laskettiin välipohjarakenteeseen noin 1 minuutin ajan. Kaasuvuotomittaus suoritettiin käyttäen mittalaitteena Trotec T3000 näyttölaitetta sekä Trotec TS 810 vetykaasuanturia. Anturin ilmoittama vuotoasteikko on 0-1200ppm.

Tutkimus toteutettiin kahdella eri mittauksella, tavanomaisessa ja keinotekoisesti muutetussa painesuhteessa.

1. Tavanomaisessa painesuhteessa,

Tavanomaisessa painesuhteessa paine-ero oli keskimäärin +9Pa sisäilman ja tutkittavan eristetilan välillä. Tällöin sisäilma on toisin sanoen ylipaineinen eristetilaan nähden, ja voimakkaan ylipaineen vuoksi vuotoreittejä sisäilmaan päin ei voitu mitata kuvassa 26 esitetyllä vihreällä alueella.

Tavanomaisessa painesuhteessa opettajain huoneen kohdalla havaittiin merkittävää ilmavuotoa välipohjan ja ulkoseinälinjan alueella, sekä välipohjan ja kantavan keskiväliseinälinjan alueella. Vuoto on merkitty alla olevaan kuvaan yhtenäisellä punaisella viivalla.



Kuva 26. Tavanoamisessa painesuhteessa havaitut välipohjavuodot kerroksessa 1. Vihreällä merkitty voimakkaasti alipaineinen eristetila.

2. Keinotekoisesti muutettu painesuhde

Keinotekoisesti alipaineistetussa tilanteessa tutkittava eristetila saatettiin keskimäärin 2Pa ylipaineiseksi sisäilmaan nähden. Tällöin ilman virtaussuunta on toisin sanoen lievästi eristetilasta huonetilan suuntaan. Vuotokohtia havaittiin seuraavasti

Merkittävä ilmavuotoa:

- Kerroksen 1 käytävän ja kantavan väliseinäliittymien kohdalla
- Kerroksen 1 pääsisääntuloaulan ja käytäväliittymän kohdalla
- Ruokasalin ulkoseinä – välipohjaliittymän kohdalla
- Ruokasalin väliseinä – välipohjaliittymän kohdalla
- Opettajan huoneen ulkoseinän ja välipohjan liittymässä

Vähäistä ilmavuotoa havaittiin tiivistyskorjatussa opetustilassa 128, jossa ilmatiiveyskorjauksen reunatiiviste ei ollut alustassaan kunnolla kiinni. Lisäksi vähäistä vuotoa havaittiin käytävän 103 patterisyyvennyksen ja välipohjan liitoksessa

Kuva 27. Välipohjan ilmavuodot kerroksessa 1. Punainen viva: jatkuva ilmavuoto, Sininen nuoli, vähäinen ilmavuoto.



Kerroksen 2 vuototarkastelut

Kerroksessa 2 ilmavuotoja tutkittiin sekä alalaattapalkistoista käytävätiloista, että ylälaattapalkistolla varustetuista luokahuoneista. Vuodot tutkittiin kerroksesta 1 poiketen vain tavanomaisessa painesuhteessa, koska kerroksessa 2 sisäilman ja tutkittavan eristetilän välillä valitsi 2Pa alipaine. Ilma virtasi toisin sanoen eristetilasta sisäilman suuntaan.

Merkittävät ilmavuodot:

- Käytävän välipohjan ja ulkoseinän liitokset
- Käytävän välipohjan ja kantavien väliseinien liitokset

Pistemäiset ilmavuodot:

- Luokahuoneiden välipohja - ulkoseinäliittymät

4.3.4 Johtopäätökset

Rakennuksen välipohjarakenteet ovat kerroksellisia ala- ja ylälaattapalkistoja, joissa on käytetty rakenteen sisässä orgaanisia eristeitä. Kyseisissä rakenteissa tiedetään yleisesti olevan kohonnut riski rakenteiden mikrobivaurioitumiseen.

Tutkimusten perusteella alalaattapalkistoissa on laaja-alainen mikrobivaurio. Vaurio on syntynyt rakenteeseen kahdesta pääasiallisesta syystä:

1. Ulkoseinälinjan lämpötilan laskun seurauksena, jolloin suhteellinen kosteus on päässyt nousemaan mikrobikasvun kannalta kriittisen korkeaksi kylmänä vuodenaikana.
2. Tekovaiheen puutteellisen kosteudenhallinnan seurauksena, jolloin myös muottilaudoituksessa havaittu lahovaurioituminen on käynnistynyt.

Mikrobivaurioalueelta todettiin sisäilman suuntaan merkittävää ilmavuotoa tavanomaisella painesuhteella. Tämän vuoksi Asumisterveyasetuksen 545 toimenpideraja tilanteen korjaamiseksi ylittyy. Alalaattapalkiston vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on siten merkittävä.

Ylälaattapalkistoilla rakennetuissa välipohjissa ei todettu mikrobivaurioita orgaanisessa eristetilassa. Tilasta havaittiin pistemäisiä ilmavuotoja sisäilman suuntaan. Ylälaattapalkiston vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on siten vähäinen.

Porraskäytävien lepotasot olivat massiivibetonirakenteisia, ja niillä ei todettu olevan vaikutusta sisäilman laatuun.

4.3.5 Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet

Käyttöä turvaavia korjaustoimenpiteitä suositellaan tehtäväksi siksi ajaksi, että peruskorjaus saadaan käynnistettyä. Käyttöä turvaavien toimenpiteiden käyttöikäarvio on 2-3 vuotta, eikä tässä esitetyt toimet poista havaittuja ongelmia. Niiden tehtävänä on vain lyhytaikaisesti rajoittaa havaittujen ongelmien vaikutusta sisäilmaan.

KTT-1

Alalaattapalkistot

- Liittymäalueet ulkoseiniin, kantaviin väliseiniin ja läpivienteihin tiivistyskorjataan esimerkiksi akrylaattipohjaista tiivistysmassaa (Aerosana Visconn) massaa tai öljypohjaista TKR-tiivistysmassaa käyttäen

Ylälaattapalkistot

- Suositellaan tiivistyskorjattavaksi ulkoseinän ja välipohjan liittymäalueelta vastaavilla tuotteilla kuin alalaattapalkistojen kohdalla.

Peruskorjaustasoiset toimenpiteet

PKT-1

Alalaattapalkistot

- Alalaattapalkiston yläbetonikansi puretaan
- Eristekerros tyhjennetään ja rakenteen sisäiset muottilaudoitukset puretaan
- Alalaattapalkisto ruiskumaalataan kapseloivalla silikaattimaalilla ja tasauspalkin päätyosat tiivistyskorjataan diffuusiotiiviillä tuotteilla, kuten ruiskutettavalla TKR-massalla
- Uusi pintabetonikansi valetaan käyttäen liittolevypeltiä muottina. Purueristetila jätetään tyhjäksi.
- Mikäli pintarakenteeksi asennetaan muovimatto, suositellaan betonin ja muovimaton väliin matala-alkalista tasoitetta

Peruskorjausratkaisun etuna on sen hyvä kosteusfysikaalinen toimivuus vaihtelevissa kosteusolosuhteissa. Korjausratkaisun etuna myös on, että kaikki vaurioitunut materiaali saadaan kokonaan poistettua. Haittapuolena on rakenneosalle muodostuva peruskorjaushinta. Rakennusosakohtainen korjausaste tulee rakenteen osalta nousemaan yli 100%.

Ylälaattapalkistot

- Pintalaatta ja eristekerros puretaan
- Massiivibetonikannen yläpinta hiekkapuhalletaan
- Korkkieristeen tilalle asennetaan EPS-eriste ja eristeen päälle suodatinkangas. Uusi pintalaatta valetaan kankaan päälle.
- Mikäli pintarakenteeksi asennetaan muovimatto, suositellaan betonin ja muovimaton väliin matala-alkalista tasoitetta

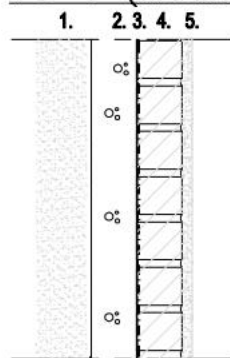
Peruskorjausratkaisun etuna on, että orgaaniset eristeet saadaan kokonaan poistetuksi välipohjarakenteesta. Tällöin rakennesan vaurioitumisherkkyys saadaan huomattavasti turvallisemmaksi. Haittapuolena on rakenneosalle muodostuva peruskorjaushinta. Korjausaste riippuu toteutustavasta, mutta on keskimäärin noin 70% rakenneosan uudishinnasta.

4.4 Kantavat väliseinät

Rakennuksessa pääosa kantavista väliseinistä on massiivitiilirakenteisia, jotka lähtevät omalta anturaltaan peruslaatan alapuolelta. Yksiaineisina rakenteena rakenteessa ei ole erityisiä kosteufysikaalisia toimivuusriskejä. Ainoa kosteusteknisesti haastava alue on seinän perustuslinjalta nouseva kosteus joko diffuusiolla tai kapillaarisesti.

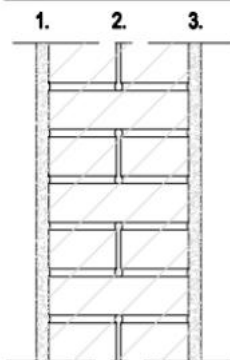
Rakennuksen kellarissa kulkee alapohjan ja välipohjan liittymässä pitkänomainen väliseinärakenne, joka toimii maanpaineisena. Seinä on kosteuseristetty maanpaineen negatiiviselta puolelta, ja siten betonirunko altistuu maan kosteudelle. Huomioiden, että seinän yläosan liitos on suoraan yhteydessä orgaaniseen eristetilaan, liitosratkaisua ja seinälinjan toteutusta voidaan pitää riskialttiina kosteusvaurioitumisen näkökulmasta. Riskiä pienentää kuitenkin rakennustyönaikainen muutos, jossa maanpaineen puolelta täyttö on jätetty alkuperäistä suunnitelmaa huomattavasti matalammaksi. Muutoksessa myös alapohjalaatan tyyppi on vaihdettu maanvaraisesta kantavaksi

VS-1 (Maanpaine)

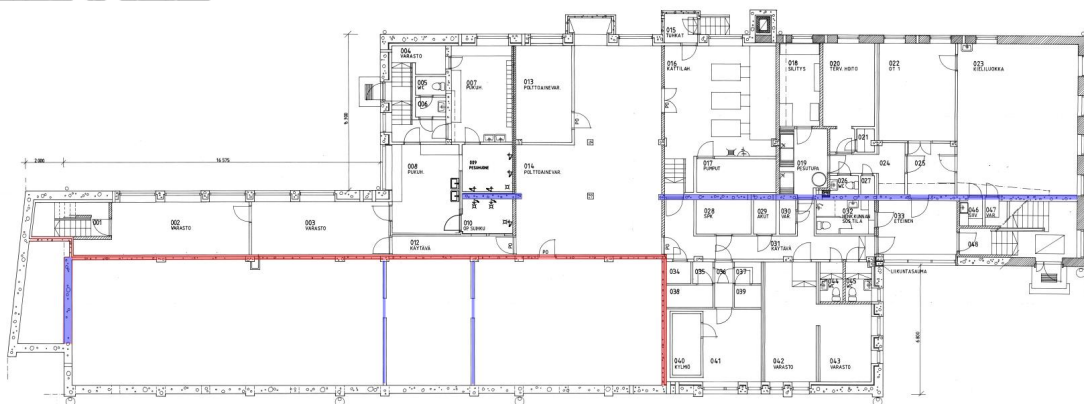


- | | | |
|----|------|-------------------------------|
| 1. | - mm | Hienojakoinen maatayttö |
| 2. | 90mm | Maanvastainen betoniväliseinä |
| 3. | 5 mm | Sisäpuolinen vedeneristys |
| 4. | 90mm | Kalkkihiekkatiili |
| 5. | 10mm | Sisärappaus |

VS-2 kantava



- | | | |
|----|--------|-----------------------------------|
| 1. | 10 mm | Sisäpinnan rappaus |
| 2. | 270 mm | Tiilimuuri (Omilla perustuksilla) |
| 3. | 10 mm | Sisäpinnan rappaus |



Kaavio 5. Kellarikerroksesta lähtevät kantavat väliseinät

■ Kantava maanpaineisena ■ Kantava tiiliseinä

4.4.1 Aistinvaraiset ja rakenneavauksin tehdyt havainnot

Aistinvaarisesti havaittiin, että osassa kantavista, tiilimuurauksella toteutetuista väliseinälinjoista on kapillaarisesta kosteuden noususta syntyneitä vauriojälkiä. Jäljet ovat pieniä ja seinien alaosissa ei tutkimushetkellä todettu olevan pintakosteudenosoittimella havaittavaa ylimääristä kosteutta. Mittaus on linjassa alapohjalaatan kosteusmittausten kanssa.

Tiiliverhoillut maanpaineseinän rakenneavauksissa ja tarkasteluissa havaittiin, että vedeneristeenä on betoniseinässä käytetty kuumabitumia. Bitumi on asennettu esitettyjen rakenne-suunnitelmien mukaisesti maanpaineen negatiiviselle puolelle.

4.4.2 Johtopäätökset

Rakennuksen kantavissa seinälinjoissa ja maanpaineiseinissä ei havaittu tekijöitä, joilla olisi sisäilman laatua heikentävää vaikutusta. Maanpaineisten väliseinälinjojen todetaan olevan peruskorjausikässä. Niiden kosteusfysikaalista toimivuutta tulee parantaa toimenpidesuosituksissa mainitussa laajuudessa.

4.4.3 Toimenpidesuosituksukset

Kantavien väliseinien ja maanpaineisten väliseinien osalta ei esitetä käyttöä turvaavia toimenpiteitä.

KV-1 Peruskorjaustasoinen

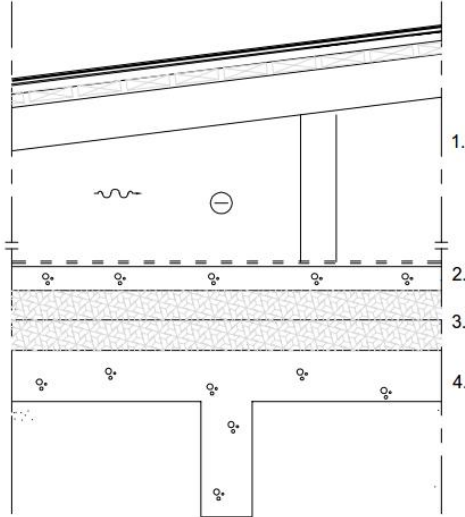
Peruskorjaustasoisena toimenpide-ehdotuksena suositellaan, että kantavien seinälinjojen anturoiden viereen tehdään kapillaarikatkot ja anturan vierustat salaojitetaan. Työ tehdään samassa yhteydessä, kun radon putkisto asennetaan alapohjien alle. Seinien nykyiset maalikerrokset poistetaan esimerkiksi hiekka tai soodapuhalluksella ja tilalle asennetaan hyvin höyryä läpäisevä maali, kuten silikaatti- tai silikaattihartsimaali.

Maanpaineinen väliseinä suositellaan vedeneristettäväksi uudelleen maanpaineen puolelta noin 1m korkeuteen saakka perustustasosta lukien. Työ on mahdollista toteuttaa pienimuotisin kaivauksin, koska nykyiselläänkään maanpainetta ei ole kuin 80cm. Vanha vedeneriste tulee poistaa negatiiviselta paineen puolelta.

4.5 Yläpohjarakenteet

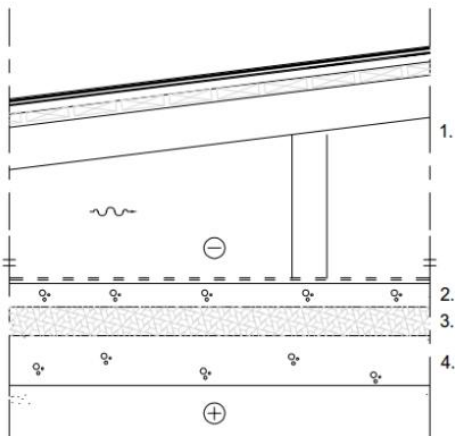
Rakennuksen yläpohjarakenne on toteutettu pääosin ylälaattapalkistona, osin myös yläpuolelta lämmöneristettynä massiivibetoniholvina. Alla on yläpohjan rakennetyypit ja niiden sijainti rakennuksessa on esitetty kaaviossa 6.

YP-1

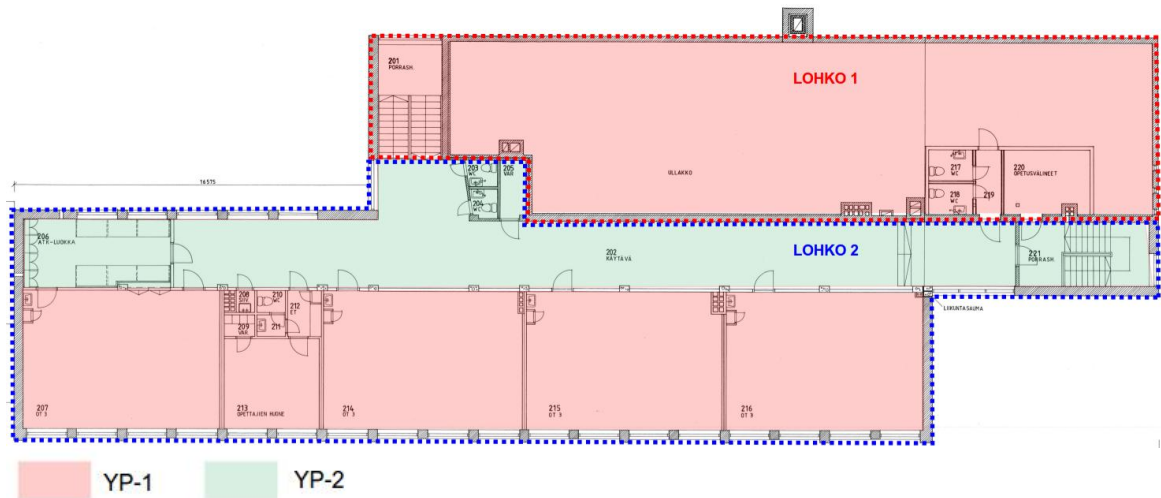


- | | |
|-----------|--------------------------------|
| 1. - mm | Tiilikate + vesikattorakenteet |
| 2. 80 mm | Pintabetonilaatta |
| 3. 200 mm | Lastusementtilevy |
| 4. -- mm | Ylälaattapalkisto |

YP-2



- | | |
|-----------|--------------------------------|
| 1. - mm | Tiilikate + vesikattorakenteet |
| 2. 60 mm | Pintabetonilaatta |
| 3. 100 mm | Lastusementtilevy |
| 4. -- mm | Kantava laatta |



Kaavio 6. Yläpohjan rakennetyyppien sijaintikaavio

4.5.1 Aistinvaraiset havainnot

Vesikattorakenne on kannateltu puukehien avulla ns. pukkikattorakenteena palopermannon päälle. Vesikate on asennettu erillisen laudoituksen päälle siten, että laudoituksen pinnassa on bitumikermistä tehty aluskate. Tiilikate on uusittu lähtötietojen perusteella vuonna 2006.

Aistinvaraisten tarkastelujen perusteella vesikate todettiin kunnoiltaan hyväksi. Aluslaudoituksessa havaittiin paikallisia lahovaurioita, jotka johtuvat kahdesta pääasiallisesta syystä:

1. Läpiviennit vuotavat:

- Yksittäisten pienten läpivientien kohdalla vesi pääsee aluskatten ohi aluslaudoitukseen.

2. Heikko tuuletus räystäälinjalla:

- Rakenne ei tuuletettu riittävästi poikittaisessa eikä pitkittäisessä suunnassa. Vesikatetta kannatteleva aluslaudoitus on lähes kiinni ulkoisessa, ja siten tuuletusrakoa ei jää räystäälle. Pitkittäisessä suunnassa rakennuksen päädyistä puuttuu tuuletusaukot. Läpituulettavuus on siksi heikkoa. Heikon tuulettavuuden havaitsee seisovasta ilmasta. Mittaushetkellä yläpohjan tuulettamisessa mitattiin $1,0 \text{ g/m}^3$ kosteuslisä ulkoilmaan verraten.

Alla olevissa kuvissa ongelmaa on kuvattu tarkemmin:



Kuva 28. Poikittaisessa suunnassa yläpohjan tuulettavuus on heikkoa. Rako räystäältä on lähes ummessa (nuoli)



Kuva 29. Sisätilan kautta on pääsy yläpohjan alemmalle tasolle. Taso on täynnä tavaraa ja siten myös paloturvallisuusriski



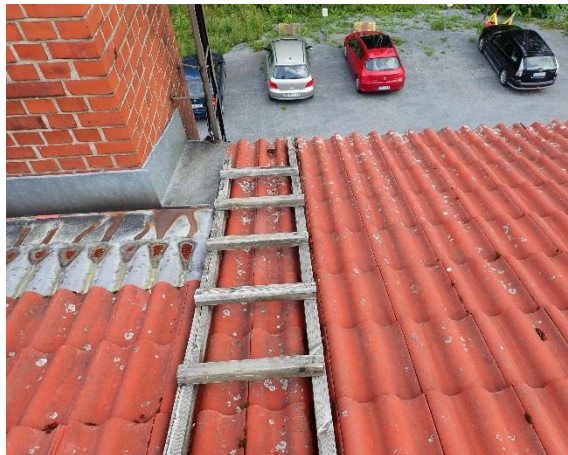
Kuva 30. Lohkossa 2 poikittainen tuuletus on yhtä heikolla tasolla kuin lohkossa 1



Kuva 31. Vanhan paisuntasäiliön kohdalla on aistinvaraisesti havaittava paikallinen mikrobivaurio putkiläpivientien kohdilla. Vaurioalueelta ei todettu sisäilmayhteysttä.



Kuva 32. Vesikatteen kunto on hyvä. Vain yksittäisiä tiiliä on rikkoutunut.



Kuva 33. Kattovarusteet ovat vaarallisen heikossa kunnossa. Tikaat ovat osin lahovaurioituneet ja kulkusillat irti kiinnikkeistään.



Kuva 34. Vanha antenniputki on läpiviennin kohdalta lahovaurioitunut. Läpivienti vuotaa edelleen.



Kuva 35. Antennin putkesta ohjautuu vettä suoraan yläpohjan palopermannon päälle



Kuva 36. Reuna-alueen heikon tuulettuvuuden vuoksi puurakenteissa on yksittäisiä lahovaurioita

4.5.2 Rakenneavauksista tehdyt havainnot

Yläpohjaan (LOHKO 1), yläbetonikannen lävitse tehtiin halkaisijaltaan 160mm timanttiorauksia. Ylempään yläpohjatilaan (LOHKO 2), josta kulku oli vain vesikaton kautta, avaukset tehtiin piikkaamalla betonikanteen noin 100mm x 100mm avauksia. Rakennetyypin vaihtuvuutta selvitetiin lisäksi 16mm betoniporakairauksin. Avauksilla selvitetiin tarkka rakennetyyppi, ja arvioitiin eristetilän rakennusfysikaalista toimivuutta.

Avausten perusteella rakenteeseen lämmöneristeeksi asennettu lastusementtilevy on kuivaa ja aistinvaraisesti arvioiden kosteusvaurioitumista ei ole havaittavissa. Näytteestä ei otettu mikrobinäytteitä, koska lastusementtilevyn alla on irtonta hiekkaa, ja siten kontaminaation riski mahdollinen.

Yläpohjan lohossa 2 avausten perusteella havaittiin, ettei rakenne ole alkuperäisten suunnitelma-asiakirjojen mukainen. Alkuperäisissä suunnitelmissa rakenne on esitetty alalaattapalkistona, mutta avauksissa rakenne osoittautui massiivibetonilaataksi, joka on lämmöneristetty laatan yläpuolelta. Ja lämmöneristeen päälle on valettu pintabetonikansi



Kuva 37. Lohkossa 2 rakenne ei vastannut suunnitelma-asiakirjoja. Alalaattapalkiston sijaan rakenne on yläpuolelta lämmöneristetty massiivibetonilaatta, jossa on erillinen palopermantovalu.

4.5.3 Merkkiainekokeet ja ilmavuototarkastelu

Yläpohjan tiiveys sisäilman suuntaan selvitettiin merkkiainekokein. Tutkimus toteutettiin rakennuksen tavanomaisella painesuhteella, jolloin vallitseva painesuhde oli +1,5Pa. Sisätila oli tosin sanoen lievästi ylipaineinen yläpohjan eristetilaan nähden. Merkkiaineakaasua laskettiin eristetilan alalaatan päälle noin 1 minuutin ajan. Kaasuvuotomittaus suoritettiin käyttäen mittalaitteena Trotec T3000 näyttölaitetta sekä Trotec TS 810 vetykaasuanturia. Anturin ilmoittama vuotoasteikko on 0-1200ppm.

Yläpohjasta sisäilman suuntaan ei havaittu ilmavuotoa. Liittymäalueet ovat aistinvaraisesti tarkasteltuna toteutustavaltaan

4.5.4 Johtopäätökset

Rakennuksen yläpohjarakenteiden todettiin olevan ajalle tyypillisiä yläpuolelta lämmöneristettyjä betonilaattoja. Rakenne ei ole erityisen altis mikrobivaurioitumiselle, mutta rakennusajan kohtaan liittyvään kosteudenhallintapuutteiden vuoksi usein paikallisia vaurioita rakenteessa todetaan. Ilmavuotoyhteyden puuttumisen vuoksi mahdollisilla mikrobivaurioilla ei ole vaikutusta sisäilman laatuun.

4.5.5 Toimenpidesuositukset

KV-1 PERUSKORJAUSTASOINEN

Peruskorjaustasoisena toimenpide-ehdotuksena suositellaan, että yläpohjan nykyinen pintabetoni ja lämmöneriste poistetaan, ja puhtaaseen kantavaan betonipintaan asennetaan höyrynsulkukermi. Uuden kermin päälle asennetaan lämmöneristeeksi esimerkiksi mineraalivilla. Rakennesuunnittelussa tulee huomioida nykyisen pukkikattorakenteen kannatuslinjan muutokset.

Peruskorjauksessa yläpohjan tuulettuvuutta tulee parantaa siten, että räystään ja ulkoseinän liittymään saadaan kunnollinen tuuletusrako. Pitkittäisessä suunnassa yläpohjan tuulettuvuutta parannetaan ulkoseinän päätyihin tehtävin tuuletusaukoin. Aluslaudoituksesta korjataan kaikki vaurioituneet alueet. Kun vesikate on teknisen käyttöikänsä päätepisteessä, koko aluskatelaudoitus uusitaan.

5. ILMANVAIHTOTUTKIMUSTEN TULOKSET

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Rakennuksen ilmanvaihtotapa on alun perin ollut painovoimainen, jota on tehostettu poistoilmahormeihin asennetulla poistoilmapuhaltimella. Järjestelmän alkuperäiset hormit ovat rakennuksessa edelleen olemassa, mutta luokkien kanavalähdöt ovat osin tukittu.

2013 koulun kellaritiloihin on asennettu luokkatiloja palveleva, LTO:lla varustettu tulo-poisto-ilmanvaihtokone. Kerrosten 1 ja 2 osalta ilmanvaihto on toteutettu luokkakohteisilla, LTO:lla varustetuilla tulo-poistoilmanvaihtokoneilla (Vallox).

5.2 Ilmanvaihtokoneet ja niiden puhtaus

Kellaritila

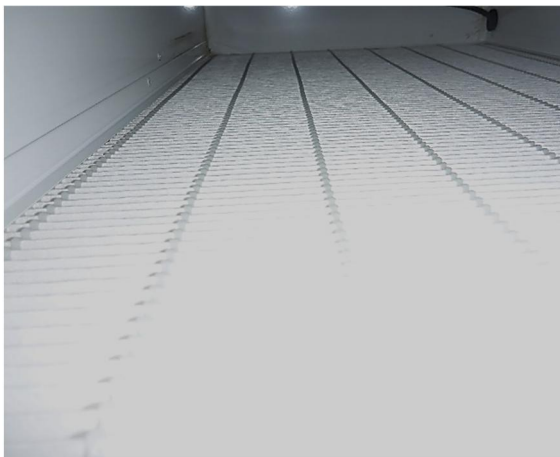
Kellaritilan TK-1/PK-1 ilmanvaihtokone on Recair Oy:n valmistama ja sen asennettu vuonna 2013. Puhallinmoottorit ovat suoravetoiset. Kone on varustettu taajuusmuuntajin. Tuloilman suodattimena on EU 7 luokan pussisuodattimet. Poistoilmasuodattimena on EU 5 luokan pussisuodatus. Koneen LTO järjestelmä on toteutettu ristivirtakennolla. Ilmanvaihtokone palvelee kellarikerroksen kaikkia opetuskäytössä olevia tiloja sekä terveydenhoito, puku / pesuhuone ja siivoustiloja.

Ilmanvaihtokoneessa ei havaittu pölykertymää kammioiden pinnalla. Puhallinmoottorin siivet olivat puhtaat.

Kerros 1 ja Kerros 2

Luokkakohteiset ilmanvaihtokoneet ovat toteutettu Vallox 245 MV koneilla, jossa LTO kennot (2kpl) toimivat vastavirtaperiaatteella. Koneet ovat kaikissa luokkahuoneissa samanlaiset. Käytävätiloissa ei ole ilmanvaihtokonetta. Koneet ovat varustettu G4 luokan karkealla tasosuodattimella, sekä F7 luokan hienosuodatuksella. Poistoilma suodatetaan M5 luokan tasosuodattimella. Kukin kone palvelee vain yhtä luokkatilaa.

Ilmanvaihtokoneiden puhtaus oli hyvällä tasolla ja LTO kuutiossa ei havaittu pölykertymää. Suodattimet olivat ehjät, ja tutkimushetkellä puhtaat. Koneiden tekninen kunto oli erittäin hyvä.



Kuva 38. F7 luokan laakasuodattimet ovat puhtaat ja tiiviisti paikallaan



Kuva 39. LTO-kennot (2kpl) ovat puhtaat ja kammion pohjalla ei ole pölykertymää

Opettajanhuonetta palvelee erillispienilmanvaihtokone Vallox 3500 SE. Kone on toimintaperiaatteeltaan samanlainen, kuin luokkakohteisissa Valloxin koneissa, mutta LTO-kennoja on vain yksi. Tuloilma on suodatettu G4 ja F7 luokan suodatuksella, poistoilma M5 luokan laakasuodattimella.

Ilmanvaihtokoneen puhtaus todettiin tutkimuksen aikana muista koneista poiketen heikoksi. Koneen suodattimet olivat vaihdettu koneen oman huoltomerkin mukaan lokakuussa 2018.

konetta ei ilmeisesti ole imuroitu huoltotyön yhteydessä, koska suodatinkammioiden pohjalla oli näkyvää irtolikaa. Myös LTO kuutio todettiin pölyiseksi. Alla on kuvattu suodattimien kunto tutkimushetkellä.



Kuva 40. Tuloilman karkeasuodatin on lähes tukossa



Kuva 41. F7 luokan hienosuodatin on ylittänyt jo vaihtovälin.

5.3 Ilmanvaihdon kanavat

Ilmanvaihdon kanavoinnit ovat toteutettu kierresaumakanavin. Kanavien äänenvaimentimet ovat luokkahuoneissa asennettu ilmanvaihtokoneen lähtö ja tuloyhteen jälkeen. Äänenvaimentimet ovat uudentyyppisiä puhdistettavia lasikuituvaimentimia, jotka ovat vuorattu Cleantecin kalvolla.

Tarkasteluilta osin kanavistojen kunto on erittäin hyvä. Pölykertymä kierresaumakanavissa alittaa arvon $0,4\text{g/m}^2$, ja siten ne ovat luokituksestaan puhtaat. Kanavien tiiveydessä ei havaittu puutteita.

5.4 Tilojen ilmapirrat

Ilmavirtamittaukset tehtiin 7 luokkahuoneeseen. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 6. Ilmapirrat mitatuissa huonetiloissa

Tila	Mitattu tuloilmamäärä dm^3/s	Mitattu poistoilmamäärä dm^3/s	Ero
23 Musiikkiluokka	+149,1	-71,2	+77
111 Opettajat	-36,8	-50,2	-13
126 Tekstiilityö	+131,3	-170,4	-39
128 Opetustila	+130,9	164,3	-33,4
214 Opetustila	+143,1	-173,6	-30,5
215 Opetustila	+158,9	-193,4	-34,5
216 Opetustila	+161,8	-201,7	-39,9

Mitattujen ilmamäärien perusteella todetaan, että tuloilmamäärät ovat riittävät luokkakokoihin verraten. Siten ilmamäärät täyttävät luokkahuoneiden osalta Asumisterveysasetuksen 545/2015 vaatimukset.

Mitattujen poisto- ja tuloilmamäärien perusteella todetaan, että järjestelmän poistoilmavirat ovat säädetty lähes kaikkien tilojen osalta tuloilmamääriä suuremmiksi. Tämä säätötapa johtaa rakennuksen alipaineistumiseen, ja alipaineen vuoksi siirtoilmaa virtaa käytäviltä ja aula-tiloista luokkahuoneiden suuntaan. Järjestelmän ilmamäärät ovat siten epätasapainossa.

5.5 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Ilmanvaihtolaitteiston kunnossa ei havaittu teknisiä puutteita, mutta opettajanhuoneen osalta laitteiston huolto todettiin olevan liian harvaa. Ilmamäärämittausten perusteella järjestelmä on säädetty siten, että rakennus alipaineistuu. Puutteellisten säätöjen vuoksi ilmanvaihto vaikuttaa sisäilman laatua heikentävästi.

Käyttöä turvaavat toimenpiteet

- Opettajanhuonetta palvelevan ilmanvaihtokoneen puhdistus ja suodattimien vaihto
- Kaikkien ilmanvaihtokoneiden ilmamäärien säätö siten, että tulo- ja poistoilmamäärät ovat yhtä suuret.

Peruskorjaustasoiset toimenpidesuosituks

- Ilmanvaihtokonehuoneen rakentaminen esimerkiksi yläpohjatilaan, ja uusien lohkokoneiden asennus siten, että yksi kone palvelee useampaa luokkatilaa. Ratkaisun avulla koneiden huoltotoimet ovat pienemmät, suodatinkustannukset alhaisemmat, ja järjestelmän painerojen hallinta selkeämpää.

6. SISÄILMAN OLOSUHDE- JA EPÄPUHTAUSMITTAUSTEN TULOKSET

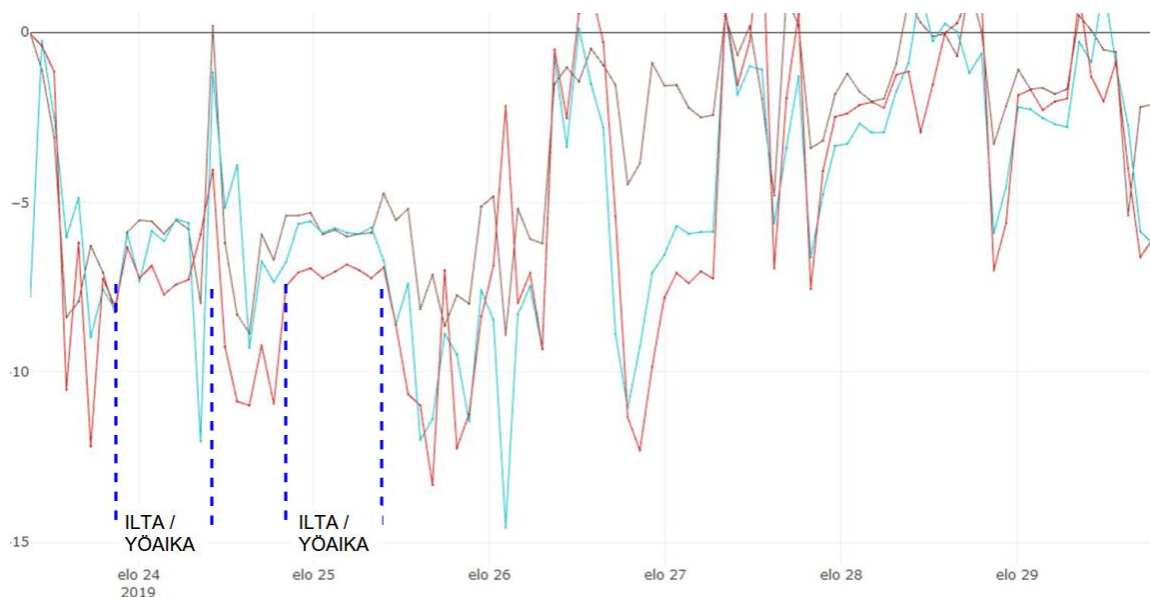
6.1 Paine-eromittaukset

Rakennuksen paine-eroa vaipan yli ulkoilmaan nähden seurattiin eri kerroksista jatkuvatoimisten tallentavien mittalaitteiden avulla yhteensä kuudesta eri tilasta. Mittalaitteiden sijainnit ovat esitetty tutkimuskartan liitteessä 1 ja olosuhdekaaviot liitteessä 3.

Mittausten perusteella todetaan, että rakennuksen paine-eroja eniten muuttavat ilmanvaihtokoneiden säädöt ja rakennuksen käyttötapa. Paine-eroihin eniten vaikuttaa se, pidetäänkö luokan ovet kiinni vai auki asennossa päivän aikana. Auki asennossa luokat ovat pääsääntöisesti lievästi alipaineiset, koska korvausilma virtaa käytävätiloista luokkahuoneen suuntaan. Kun luokan ovet suljetaan, tilat alipaineistuvat paikoin voimakkaasti, koska korvausilman saanti käytävätiloista heikkenee. Tilat ovat keskimäärin -10Pa painesuhteessa luokassa tapahtuvan opetuksen aikana. Alipaineen tilaan synnyttää luokan ilmanvaihtokone, koska poistoilmamäärät ovat tuloilmamääriä suuremmat.

Painevaihtelulla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus, koska korvausilma luokkatiloihin tulee pääsääntöisesti tiloista, joita ei ole tiivistyskorjattu. Myös kulkeumaa kellaritilasta ylempiin kerroksiin tapahtuu koko opetuspäivän ajan. Alla on kuvattu seurantagraafilla havaittua painevaihtelua.

Taulukko 7. Paine-eromittauksessa vaihtelua synnyttää käyttötapa ja ilmanvaihto



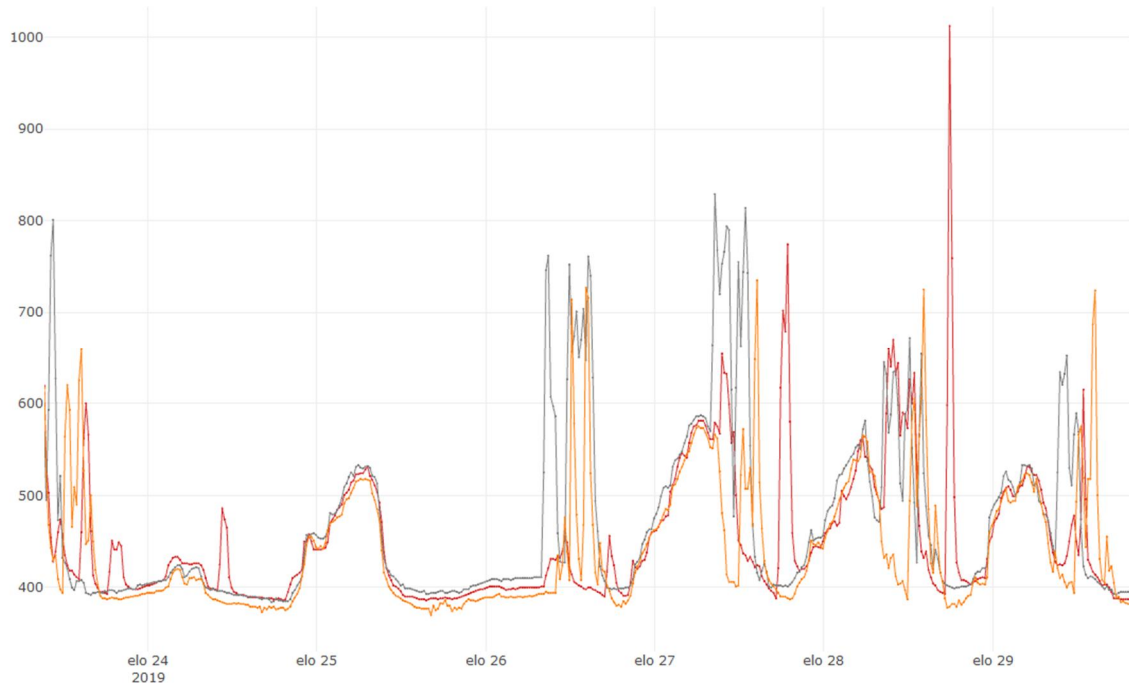
6.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuksia seurattiin luokkatiloista yhteensä kuudesta eri tilassa. Mittauspisteet valittiin siten, että ne edustivat mahdollisimman hyvin Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisalan tiloja.

Mittausjakson tuloksia verrattiin Asumisterveysasetuksessa määriteltyyn hiilidioksidipitoisuuden enimmäismäärän toimenpideraja-arvoon. Asetuksen mukaisesti hiilidioksidipitoisuus saa korkeintaan olla 1150ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Hämeenlinnan keskustan ulkopuolella ulkoilman hiilidioksidipitoisuutena voidaan käyttää 350ppm. Tällöin toimenpideraja-arvon katsotaan ylittävän, mikäli kokonaishiilidioksidipitoisuus nousee yli 1500ppm.

Mitatuissa luokahuoneissa hiilidioksidin enimmäispitoisuudet eivät ylittäneet asetuksen 545/2015 raja-arvoa. Korkeimmillaan ja vain hetkellisesti hiilidioksidiarvot nousivat arvoon 1200ppm. Keskimäärin hiilidioksidipitoisuudet olivat opetustuntien aikana 700-800 ppm välissä. Arvot edustivat koko mittausjaksolla tiloissa tapahtuvaa riittävää ilmanvaihtuvuutta ja yleistä koneellisella ilmanvaihdoilla saavutettavaa tasoa matalampia CO₂ pitoisuuksia.

Taulukko 8. Hiilidioksidin kokonaispitoisuudet pysyvät alhaisella tasolla.



6.3 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus

Sisäilman lämpötilaa ja kosteutta seurattiin kuudesta eri tilasta. Mittausjaksolla rakennus oli lämmityskauden ulkopuolella, jolloin Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan yläarvona pidetään lämpötilan osalta +32°C. Alaraja on +18°C.

Lämpötilamittaustulosten perusteella todetaan, että mitatuissa tiloissa raja-arvon ylityksiä ei tapahdu. Kokonaisuudessaan rakennuksen lämpötilat ovat ulkoilmaan verraten tasaiset. Sisäilman kosteuslisän todettiin olevan verrattain pieni. Päiväaikaan keskimääräinen kosteuslisä on alle 1,0 g/m³. kosteuslisää pienentää merkittävästi ilmanvaihdon toiminta.

6.4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Paine-eromittausten osalta todetaan, että tulokset vahvistavat jo ilmanvaihtomittauksissa havaitun ongelman – Poistoilmamäärät ovat tuloilmavirtoja suuremmat. Epätasapaino johtaa hallitsemattomien korvausilman virtausreittien syntymiseen. Pääosin ilmavirtaukset johtavat rakennuksen sisältä tiloista, joita ei ole tiivistyskorjattu (kellari ja käytävätilat). Alipaine mahdollistaa myös ilmakulkeumat rakenteiden läpi. Paine-erovaihtelulla on heikentävä vaikutus sisäilman laatuun.

Hiilidioksidipitoisuudet ovat mittausjakson perusteella alhaisella tasolla,. Asumisterveysasetuksen 545/2015 raja-arvo ei ylity. Sisäilman lämpötila on lämmityskauden ulkopuolella Asumisterveysasetuksen sallimissa rajoissa. Rakennuksen kosteuslisä on hyvän ilmanvaihtuvuuden vuoksi pieni.

Hiilidioksidin kokonaispitoisuuksien, huonelämpötilojen ja suhteellisen ilmankosteuden osalta todetaan, että niillä ei ole sisäilman laatua heikentävää vaikutusta.

6.5 Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet

- Ilmanvaihdon säätäminen siten, että tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret. Mahdollista myös on, että luokkiin asetetaan pieni ylipaine, koska termisen paine-eron kasvaessa kylmänä vuodenaikana rakennus joka tapauksessa alipaineistuu.

Peruskorjaustasoiset ilmanvaihtokoneita koskevat toimenpidesuositukset ovat annettu kapaleessa 5: Ilmanvaihtotutkimusten tulokset

7. ALTISTUMISOLOSUHTEIDEN ARVIOINTI

Altistumisolosuhteiden arvioinnin avulla tarkastellaan rakennuksesta, sen järjestelmistä ja tilojen käytöstä sekä toiminnasta peräisin olevien epäpuhtauslähteiden vaikutusta kokonaisvaltaisesti rakennuksen ja sen tilojen altistumisolosuhteisiin. Altistumisolosuhteiden arviointi tehdään Työterveyslaitoksen altistumisolosuhteiden arviointimenetelmän avulla (Ohje työpaikoille sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, 2017).

Altistumisolosuhteiden arviointi perustuu seuraavien neljän päätekijän tarkasteluun:

- Rakennusosien mikrobivaurioiden laajuus
- Ilmayhteys ja ilmavuotoreitit epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen paine-erot
- Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun
- Rakennuksesta peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet

Altistumisolosuhteiden arvioinnissa arvioidaan tavanomaisesta poikkeavaa olosuhdetta neljäportaisella asteikolla seuraavasti:

- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde epätodennäköinen
- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde mahdollinen
- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde todennäköinen
- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde erittäin todennäköinen

7.1 Vuorentaan koulu

Kellarikerroksen ja 1. kerroksen alapohjarakenteissa ja portaiden ontelotiloissa on todettu laaja-alaisia mikrobivaurioita. Vaurioalueet ovat yhteydessä sisäilmaan. Havaittujen vaurioiden merkitys sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on merkittävä.

Ulkoseinärakenteissa on US-2 rakennetyypin kohdalla pitkänomaista, mutta vähäisiä mikrobivaurioita, jotka ovat yhteydessä sisäilmaan. Massiivitiiliulkoseinässä on välipohjan liittymäalueilla laaja-alaisia mikrobivaurioita, jotka ovat yhteydessä sisäilmaan. Myös patterisyvennysten kohdilla on vähäisiä mikrobivaurioita, joista tapahtuu vuotoilmanvirtausta sisäilmaan. Näiden merkitys sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on siten todennäköinen.

Välipohjissa todettiin laaja-alaista mikrobivaurioitumista alalaattapalkistoiden kohdalla. Pääosa rakennuksen välipohjista on toteutettu alalaattapalkistona. Rakenteeseen tehdyt tiivistyskorjaukset koskevat vain osaa rakenneliittymiä, eikä ne siten turvaa sisäilman laatua. Välipohjan vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on siten todennäköinen.

Yläpohjarakenteen eristetilassa ei ole todettu mikrobivaurioita. Vesikatteella havaittiin aluslaudoituksessa yksittäisiä lahovaurioita. Alueelta ei todettu sisäilmayhteyttä, koska vuotoilmanvirtausta yläpohjan eristetilasta tai tuuletustilasta sisäilman suuntaan ei havaittu. Yläpohjan vaikutus sisäilman laatua heikentävänä tekijänä on siten epätodennäköinen.

Ilmanvaihto on mittausten perusteella rakennuksen kuntoon nähden liikaa alipaineinen. Ilmanvaihto lisää epäpuhtauksien kulkeutumista vaurioalueilta sisäilman suuntaan ja johtaa luokkatiloihin siirtoilmana epäpuhdasta ilmaa. Teknisesti koneet ovat kunnoltaan erittäin hyvät. Epätasapainon vuoksi ilmanvaihto on siten sisäilman laatua heikentävä tekijä.

Työterveyslaitoksen altistumisolosuhtetason arviointiohjetta soveltaen, Vuorentaan koulun tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuuhde on erittäin todennäköinen kaikissa rakennuksen kerroksissa, koska ne ovat ilmayhteydessä keskenään.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO TOIMENPITEISTÄ

8.1 Tutkimuksen johtopäätökset

Tutkimuksesta saadun kokonaiskuvan perusteella todetaan, että rakennuksen perusongelmana on useassa rakenneosassa olevat, laaja-alaiset mikrobivauriot, sekä vaurioalueelta tapahtuva vuotoilmanvirtaus sisäilman suuntaan. Laaja-alaisen vaurioiden lisäksi pienimmille alueille keskittyvillä mikrobivaurioilla todettiin tilakohtaisesti olevan sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

Mikrobivauriot ovat syntyneet rakenteisiin pääasiassa rakennusfysikaalisten toimintapuutteiden vuoksi, osin myös rakennusajankohdan puutteellisen kosteudenhallinnan takia. Vauriot ovat olleet rakenteissa pitkään, välipohjan vauriot lohoavaurioitumisen osalta rakennuksen valmistumishetkestä saakka.

Vaipparakenteiden vaurioitumiseen johtaneet syyt ja seuraukset ja sisäilmayhteys on kootusti esitetty alla:

ALAPOHJARAKENTEET

Ongelman kuvaus:

1. Maanvastaiset rakenteet

Rakenteille suunnitellut kosteusolosuhteet ovat olleet liian suuret, huomioiden että eristemateriaali on orgaaninen. Materiaalin hygroskooppiset ominaisuudet eivät ole estäneet vaurion syntymistä, koska kuivumispotentiaali on ollut vuodenajasta riippumatta hyvin heikkoa.

2. Alalaattapalkistolla toteutetut alapohjat

Vaurioituminen on käynnistynyt, kun rakenteen RH on kylmänä vuodenaikana erityisesti ulkoseinälinjalla noussut kriittisen korkeaksi. Kosteusolosuhteet ovat olleet jo valuvaiheessa haastavat, koska sekä valetun kuorilaatan ja alapohjan ryömintätilan kosteus on kulkeutunut eristetilan suuntaan.

Vauriomekanismit:

1. Diffuusio
2. Diffuusio, osa-aikaisesti myös kosteuskonvektio

Seuraus:

Laaja-alaiset mikrobivauriot lämmöneristetilassa.

Vaurioalueelta on todennettu yhteys sisäilmaan

Kyllä, Vuoto osin merkittävä

PERUSMUURIRAKENTEET

Ongelman kuvaus:

Alhainen rakenteen lämpötila johtanut liiallisen suhteellisen kosteuden nousemiseen lämmöneristeen vaurioitumisen kannalta.

Vauriomekanismit:

1. Diffuusio

Seuraus:

Mikrobivauriot lämmöneristetilassa

Vaurioalueelta on todennettu yhteys sisäilmaan

Kyllä

ULKOSEINÄRAKENTEET

Engelman kuvaus:	<u>1. Massiivitiili</u> <i>Välipohjan tasauspalkin ulkopinnassa oleva orgaaninen eriste vaurioitunut heikon kuivumispotentiaalin ja liiallisen RH vaihtelun seurauksena. Ikkunakarmin ja ulkoseinän välinen eriste vaurioitunut liiallisen RH:n vaihtelun seurauksena.</i> <u>2. Kuorimuuraus + lastusementtilevy</u> <i>Orgaaninen palkin pellavaeriste vaihtelevissa kosteusolosuhteissa, joissa vaurioituminen kehittynyt nopeasti. Lastusementtilevyssä ei mikrobivaurioita.</i> <u>3. Tiili – villa- tiili</u> <i>Ei mikrobivauriota.</i>
Vauriomekanismi:	<i>1. Diffuusio, rakentamisen hetkellä myös kapillaarinen kosteus.</i>
Seuraus:	<i>Mikrobivauriot eristetilassa. Mikrobivauriot ikkunakarmin ja ulkoseinän liitoksessa.</i>
Vaurioalueelta on todennettu yhteys sisäilmaan	<i>Kyllä, Rive-tilasta vuoto merkittävä ja tasauspalkin takaa paikoin merkittävä paikoin vähäinen.</i>

YLÄPOHJARAKENTEET

Engelman kuvaus:	<i>Ei todettuja mikrobivaurioita eristetilassa. Vesikatteessa yksittäisiä lahovaurioita. Syy: Rakenteellinen tuulettuvuus heikkoa poikittaisessa ja pitkittäisessä suunnassa</i>
Vauriomekanismi:	<i>Lämmönvaihtelun seurauksena tiivistyvä kosteus ja heikko kosteuden poistuminen kosteuskonvektiolla.</i>
Seuraus:	<i>Paikallisia vaurioita vesikaton aluslaudoituksessa.</i>
Vaurioalueelta on todennettu yhteys sisäilmaan	<i>Ei, vuotoja ei todettu</i>

Ilmanvaihtokoneen nykyisellä käytötavalla havaittiin olevan sisäilman laatua heikentävä vaikutus, koska virheellisten säätöjen seurauksena tilat alipaineistuvat käyttöjakson aikana. Ilmanvaihtokoneiden puhtaudessa tai teknisessä kunnossa ei ollut tekijäitä, joilla olisi sisäilman laatua heikentävää vaikutusta. Kuitulähteitä järjestelmässä ei havaittu.

SISÄILMASTOLLISET OLOSUHTEET

Sisäilmastollisissa olosuhteissa havaittiin ilmanvaihdosta peräisin olevaa rakennuksen alipaineistumista. Ongelma johtaa siirtoilmareittien muodostumiseen käytävätiloista, joita ei ole tiivistyskorjattu. Havaituilla mikrobeilla on siten kulkureitti opetus ja luokkatiloihin.

8.2 Toimenpidesuositukset

Tutkimuksesta saadun kokonaiskuvan perusteella Ramboll Finland Oy suosittelee aloittamaan viipymättä rakennuksen peruskorjaamisen suunnittelun. Suunnittelussa päähuomio tulee kiinnittää rakenteiden rakennusfysikaalisen toiminnan parantamiseen, ja havaittujen mikrobivaurioiden poistamiseen. Kapseloivia menetelmiä tulee peruskorjauksessa välttää niiden lyhyen käyttöiän vuoksi. Ramboll Finland Oy suosittelee, että peruskorjauksessa kaikkien korjattavien rakenteiden tekninen käyttöikä tuodaan samalle tasolle. Tässä ehdotetut peruskorjaustoimet tähtäävät 30 vuoden elinkaaripidennykseen. Näin toimimalla vältetään korjauskierteen syntyminen.

Rakennuksen käytölle peruskorjaukseen saakka on kaksi vaihtoehtoa:

1. Koulurakennuksen sulkeminen ja väistötiloihin siirtyminen
 2. Käyttöä turvaavien toimenpiteiden käyttöönotto mahdollisimman nopealla aikataululla
- Ensisijaisesti Ramboll Finland Oy suosittelee väistötiloihin siirtymistä käyttöä turvaavien toimenpiteiden sijaan. Syynä suositukseen ovat moniasteiset tiivistyskorjaustoimet, joiden asentaminen edellyttää korjaussuunnittelua ja toteuttaminen laajamittaista laadunvarmistamista. Suositukseen vaikuttaa myös, että tiivistystoimien kokonaisaikataulu tulee olemaan pitkä, kuten myös koulutoimintaa häiritsevä työosuus.

8.2.1 Käyttöä turvaavat toimenpiteet

Käyttöä turvaavat toimenpiteet ovat tarkemmin kerrottuna kunkin rakenneosan toimenpite-ehdotuksissa. Tässä ne ovat vain lyhyesti koostettuna:

KTT- Alapohjarakenteet

- Tiivistävät korjaustoimet putkikanaaleihin
- Ilmansulkuosastoinnit kellaritilaan
- Pääsisäänkäynnin porrastason ja maaperään rajoittuvan lepotason alustilan puhdistus, tiivistys, eristys ja tuuletus

KTT- Perusmuurit ja ulkoseinät

- Perusmuurin tiivistyskorjaus tiloista, jotka ovat oppilaiden tai opettajien käytössä.
- Massiivitiiliseinien patterisyvennysten tiivistyskorjaus
- Massiivitiiliseinän välipohjaliitokset ala- ja yläpuolelta
- Lastusementtilevyllä lämmöneristetyin ulkoseinän tiivistyskorjaus kauttaaltaan
- Ikkunakarmin ja ulkoseinän tiivistyskorjaus

KTT- Yläpohjat

- Tiivistyskorjaukset hormiläpivientien kohdille
- Tuuletuksen parantaminen yläpohjatilassa

KTT- Kantavat väliseinät

- Ei käyttöä turvaavia toimenpiteitä

KTT- Sisäilman epäpuhtauslähteet ja ilmanvaihto

- Ilmanvaihtojärjestelmän säätäminen siten, ettei paine-ero ulkoilmaan laske alle -5Pa.

8.2.2 Peruskorjaustasoiset toimenpiteet

Peruskorjaustasoiset toimenpiteet ovat esitetty tarkemmin kunkin rakenneosan kohdalla. Tässä ne ovat tiivistetysti.

PKT- Alapohjarakenteet

- Kellaritiloissa, luokka- ja oppilaskäytössä olevien alapohjarakenteiden purku ja kaanalien poistaminen, maamassojen uusiminen, radontuuletus ja uuden laatan valu
- 1 Kerroksessa alalaattapalkiton tyhjennys, kapselointimaalaus lämmöneristys ja uuden laatan valu liittolevyrakenteena. Alapuolisen tuulettumattoman tilan muuttaminen tuulettuvaksi, maamassojen vaihto ja rakennusjätteiden poistaminen.

PKT-Perusmuurit ja ulkoseinät ja hormit

- Perusmuurissa sisäpuolisen kuorimuurauksen veden ja lämmöneristeen poistaminen, sokkelin eristäminen sisäpuolelta kalsiumsilikaattilevyllä, tasoitus ja maalaus höyryä hengittäville tuotteilla.
- Massiivitiiliseinien tasauspalkin takaa lämmöneristeen poistaminen esim. timanttipo- rauksella ja hiekkapuhalluksella. Eristeen vaihto polyuretaaniksi.

- Massiivitiiliseinän patterisyyvennyksessä olevien korkkieristeiden poisto, eristys kal-siumsilikaattilevyllä, tasoitus ja maalaus höyryä läpäisevillä pinnoitteilla
- Tiili-villa tiili rakenteen muuttaminen tuulettuvaksi ja sisäkuoreen ilmapuotokorjaukset
- Lastusementtilevyllä lämmöneristetyin seinän eristeiden poisto, ruiskutasoitus ulkoa-päin, uusien eristeiden asennus ja levyverhoilun rakentaminen
- Vanhojen hormirakenteiden poistaminen tai umpeen valaminen, jotta kanavat eivät uudessa painesuhdetilanteessa siirrä hallitsematonta korvausilmaa rakennuksen sisä-tiloihin

PKT-Välipohjat

- Alalaattapalkiston tyhjennys, kapselointimaalaus, uuden kannen rakentaminen liittole-vyrakenteena
- Ylälaattapalkistoissa yläkuoren purku, lastusementtilevyn poisto hiekkapuhallus, uu-den eristetyypin asennus ja kuoribetonin valu.

PKT- talotekniikka

- Lämmitys- ja käyttövesiputkien uusiminen niin, että järjestelmä kestää uuden elinkaa-ripidennyksen (30 vuotta) Edellyttää laitteistoon tehtävää erillistä kuntotukimusta.
- Ilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen luokkakohtaisista koneista keskusilmanvaihi-doksi. Ilmanvaihtokonehuoneen rakentaminen ullakolle.

Päiväys ja allekirjoitukset

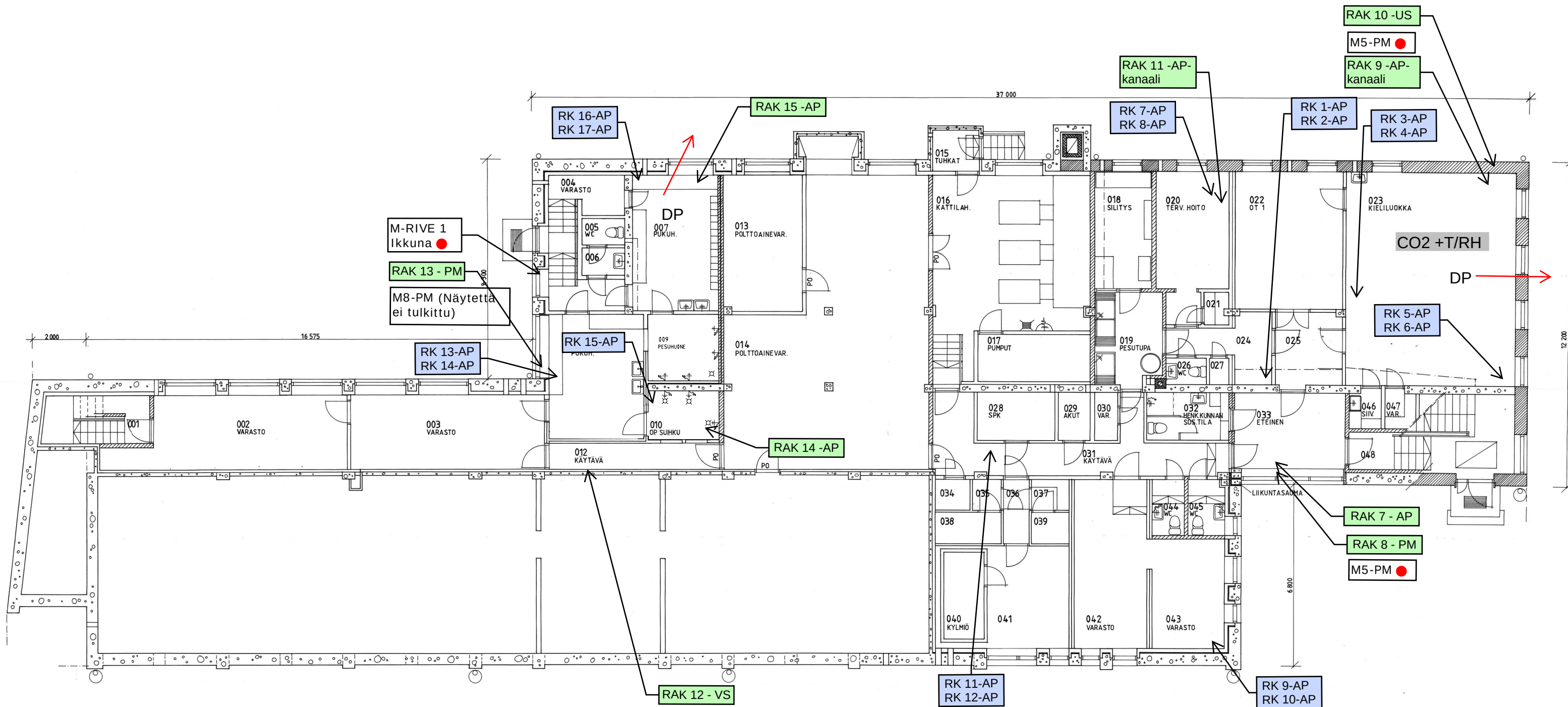
Tampere 6.9.2019

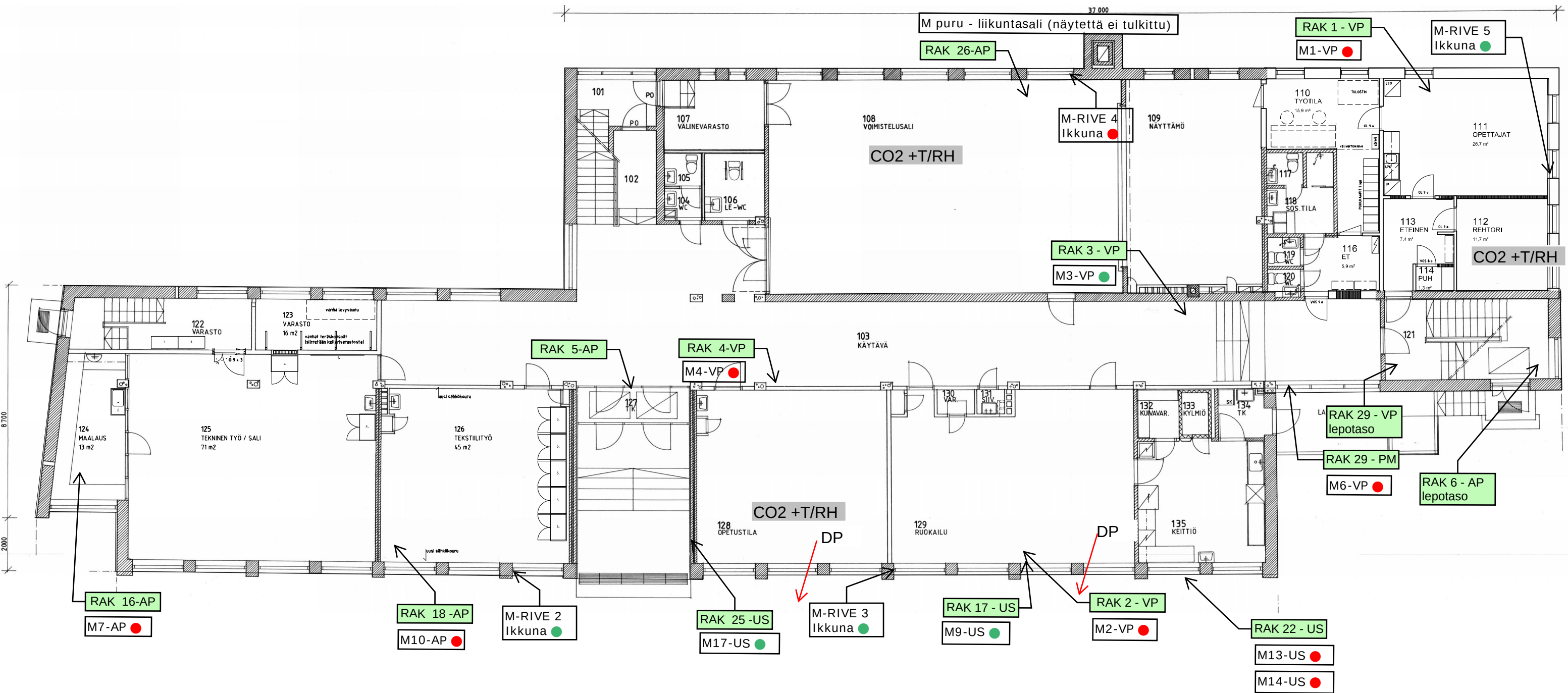


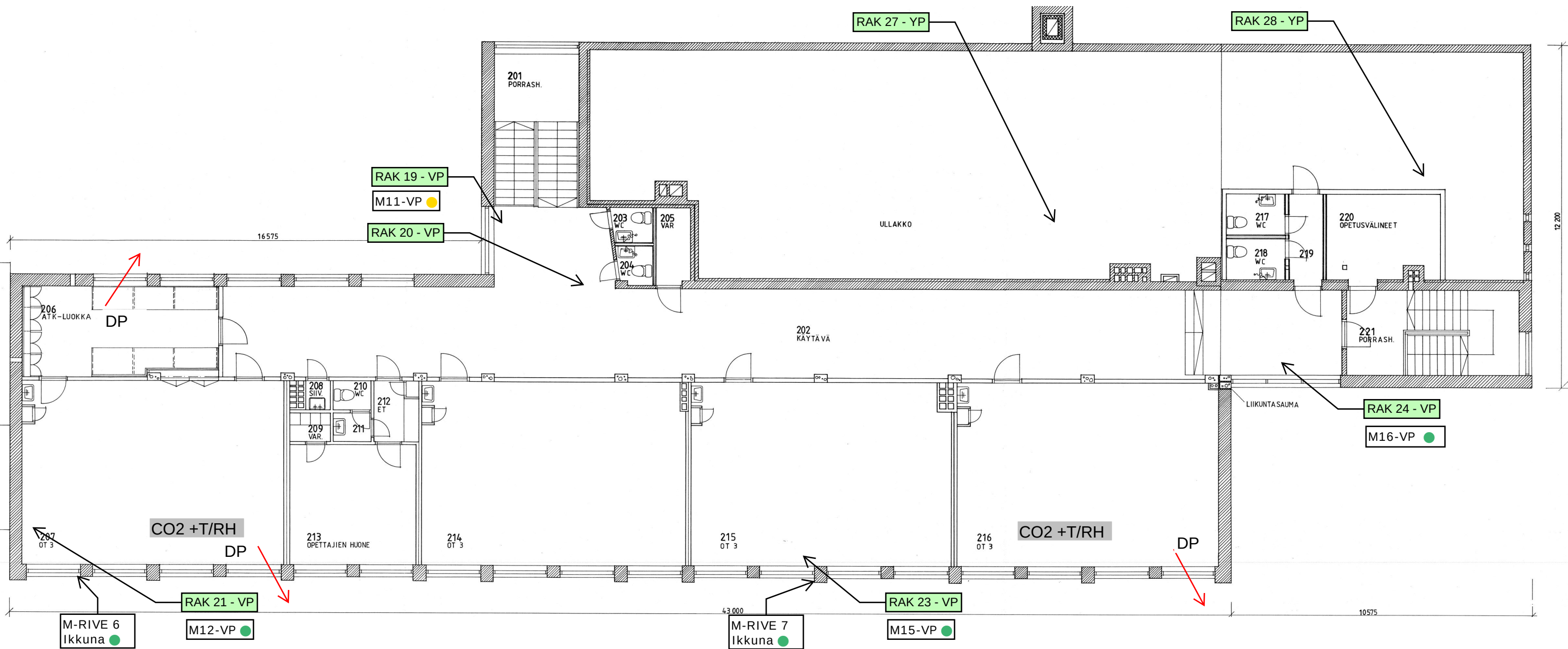
Heidi-Johanna Jokelainen
Yksikön päällikkö
Rakennusterveysasiantuntija, RI
Korjausrakentaminen ja tutkimukset



Markus Fränti
Asiantuntija
Rakennusterveysasiantuntija, DI







Ramboll Finland Oy
Markus Fränti
Pakkahuoneenaukio 2
33101 TAMPERE



Materiaalinäytteen mikrobianalyysi

Näytteenottaja: Markus Fränti
Näytteenottopaikka: Vuorentaan koulu, Hämeenlinna
Näytteenottopäivämäärä: 26.6.2019 - 27.6.2019
Vastaanottopäivämäärä: 28.6.2019
Näytemäärä: 23 kpl

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

Mikrobiryhmät

Mesofiiliset sienet
Mesofiiliset sienet
Mesofiiliset sienet
Mesofiiliset bakteerit ja
aktinomykeetit

Kasvatusalustat

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

Kasvatus- lämpötila

25 °C

25 °C

25 °C

25 °C

Kasvatus- aika

7 vrk

7 vrk

7 vrk

7-14 vrk

Tutkitut näytteet

1. M1-VP, rak 1, puupurueriste
2. M2-VP, rak 2, puupurueriste
3. M3-VP, rak 3, puupurueriste
4. M4-VP, rak 4, puupurueriste
5. M5-PM, rak 8, sementtilastulevy
6. M6-PM, sementtilastulevy
7. M7-AP, rak 16, puupurueriste
8. M9-US, sementtilastulevy
9. M10-VP, rak 18, puupurueriste
10. M11-VP, koksikuona
11. M12-VP, 207
12. M13-US, pellavarive
13. M14-US, pellavarive
14. M15-VP, sementtilastulevy
15. M16-VP, muottilauta, (puu)
16. M17-US, mineraalivilla
17. M-Rive 1, pellavarive
18. M-Rive 2, pellavarive
19. M-Rive 3, pellavarive
20. M-Rive 4, pellavarive
21. M-Rive 5, pellavarive
22. M-Rive 6, pellavarive
23. M-Rive 7, pellavarive

Tulosten tulkinta

heikko viite vauriosta
vahva viite vauriosta
ei viitettä vauriosta
heikko viite vauriosta
vahva viite vauriosta
heikko viite vauriosta
vahva viite vauriosta
ei viitettä vauriosta
vahva viite vauriosta
heikko viite vauriosta
ei viitettä vauriosta
vahva viite vauriosta
ei viitettä vauriosta
ei viitettä vauriosta
ei viitettä vauriosta
heikko viite vauriosta
ei viitettä vauriosta
ei viitettä vauriosta
vahva viite vauriosta
ei viitettä vauriosta
ei viitettä vauriosta
ei viitettä vauriosta

Analyysitulokset:

Näyte	Mesofiiliset sienet				Mesofiiliset bakteerit ja aktinomykeetit	
	Hagem-agar	DG18-agar	M2-agar	THG-agar		
1.	Yhteensä + hiivat, vaalea + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä ++ <i>Penicillium</i> ++	Yhteensä ++ <i>Arthrinium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
2.	Yhteensä +++ <i>Penicillium</i> +++	Yhteensä ++ <i>A. ustus</i> * + <i>Penicillium</i> ++	Yhteensä +++ <i>A. ustus</i> * + <i>Penicillium</i> +++	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
3.	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * +(1)		
4.	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * +(12)		
5.	Yhteensä + <i>A. ochraceus</i> * + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä +++ <i>A. penicilliioides</i> * +++	Yhteensä + <i>A. ochraceus</i> * + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * +		
6.	Yhteensä + <i>Fusarium</i> * +(1) <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>A. versicolor</i> * +(1) <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>A. ustus</i> * +(1) <i>Fusarium</i> * +(3) <i>Penicillium</i> + steriilit +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * +(1)		
7.	Yhteensä ++++ <i>Penicillium</i> ++++	Yhteensä ++++ <i>Penicillium</i> ++++	Yhteensä ++++ <i>Penicillium</i> ++++ <i>Sphaeropsidales</i> * +	Yhteensä ++++ Muut bakteerit ++++ <i>Streptomyces</i> * -		
8.	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Cladosporium</i> + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>A. versicolor</i> * +(1) <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
9.	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä +++ <i>A. penicilliioides</i> * +++ <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + Muut bakteerit + <i>Streptomyces</i> * -		
10.	Yhteensä ++ <i>Penicillium</i> ++	Yhteensä ++ <i>Penicillium</i> ++	Yhteensä ++ <i>Penicillium</i> ++ <i>Ulocladium</i> * +(1)	Yhteensä +++ Muut bakteerit +++ <i>Streptomyces</i> * -		
11.	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä -	Yhteensä - Muut bakteerit - <i>Streptomyces</i> * -		
12.	Yhteensä + <i>A. fumigatus</i> * + <i>A. versicolor</i> * + <i>Cunninghamella</i> + <i>Geotrichum</i> + <i>P. variotii</i> * + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä +++ <i>Cladosporium</i> ++ <i>Eurotium</i> * + <i>Penicillium</i> + steriilit +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä ++ Muut bakteerit ++ <i>Streptomyces</i> * -		

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

Työterveyslaitos

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

Näyte	Mesofiiliset sienet				Mesofiiliset bakteerit ja aktinomykeetit	
	Hagem-agar		DG18-agar		M2-agar	THG-agar
13.	Yhteensä +++++		Yhteensä +++++		Yhteensä +++++	Yhteensä +++
	<i>A. fumigatus</i> * +		<i>Cladosporium</i> +		<i>Alternaria</i> +	Muut bakteerit +++
	<i>Cladosporium</i> +		hiivat, vaalea +		hiivat, vaalea +	<i>Streptomyces</i> * -
	<i>Eurotium</i> * +		<i>Penicillium</i> +		<i>Sphaeropsidales</i> * +	
	<i>Penicillium</i> +		<i>Sphaeropsidales</i> * +		<i>Ulocladium</i> * +++++	
	<i>Sphaeropsidales</i> * +		<i>Ulocladium</i> * +++++			
	<i>Ulocladium</i> * +++++					
14.	Yhteensä -		Yhteensä -		Yhteensä +	Yhteensä +
					<i>Penicillium</i> +	Muut bakteerit +
						<i>Streptomyces</i> * -
15.	Yhteensä +		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä +
	<i>Penicillium</i> +		<i>Ulocladium</i> * +(1)		<i>Ulocladium</i> * +(1)	Muut bakteerit +
						<i>Streptomyces</i> * -
16.	Yhteensä -		Yhteensä -		Yhteensä +	Yhteensä -
					<i>Alternaria</i> +	Muut bakteerit -
					hiivat, vaalea +	<i>Streptomyces</i> * -
17.	Yhteensä -		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä ++
			<i>A. penicilliioides</i> * +(6)		<i>Eurotium</i> * +(1)	Muut bakteerit ++
			<i>A. versicolor</i> * +(1)			<i>Streptomyces</i> * +(1)
18.	Yhteensä +		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä +++
	hiivat, vaalea +		<i>A. penicilliioides</i> * +(1)		<i>Penicillium</i> +	Muut bakteerit +++
	<i>Penicillium</i> +					<i>Streptomyces</i> * -
19.	Yhteensä +		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä +++
	<i>Penicillium</i> +		<i>A. sydowii</i> * +(1)		<i>A. fumigatus</i> * +(1)	Muut bakteerit +++
			<i>Penicillium</i> +		<i>Penicillium</i> +	<i>Streptomyces</i> * -
20.	Yhteensä +++++		Yhteensä +++		Yhteensä +++	Yhteensä +++
	<i>Aureobasidium</i> ° +		<i>Penicillium</i> +++		<i>Penicillium</i> +++	Muut bakteerit +++
	<i>Penicillium</i> +++++				<i>Ulocladium</i> * +	<i>Streptomyces</i> * -
21.	Yhteensä +		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä ++
	<i>Penicillium</i> +		<i>Penicillium</i> +		<i>A. flavus</i> ° +(1)	Muut bakteerit ++
					<i>Penicillium</i> +	<i>Streptomyces</i> * -
22.	Yhteensä +		Yhteensä +		Yhteensä +	Yhteensä ++
	<i>Penicillium</i> +		<i>Penicillium</i> +		<i>Penicillium</i> +	Muut bakteerit ++
						<i>Streptomyces</i> * -
23.	Yhteensä -		Yhteensä -		Yhteensä -	Yhteensä -
						Muut bakteerit -
						<i>Streptomyces</i> * -

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

Tulkintaohje:

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

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella. ©Työterveyslaitos

Työterveyslaitos

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

Työympäristölaboratoriot



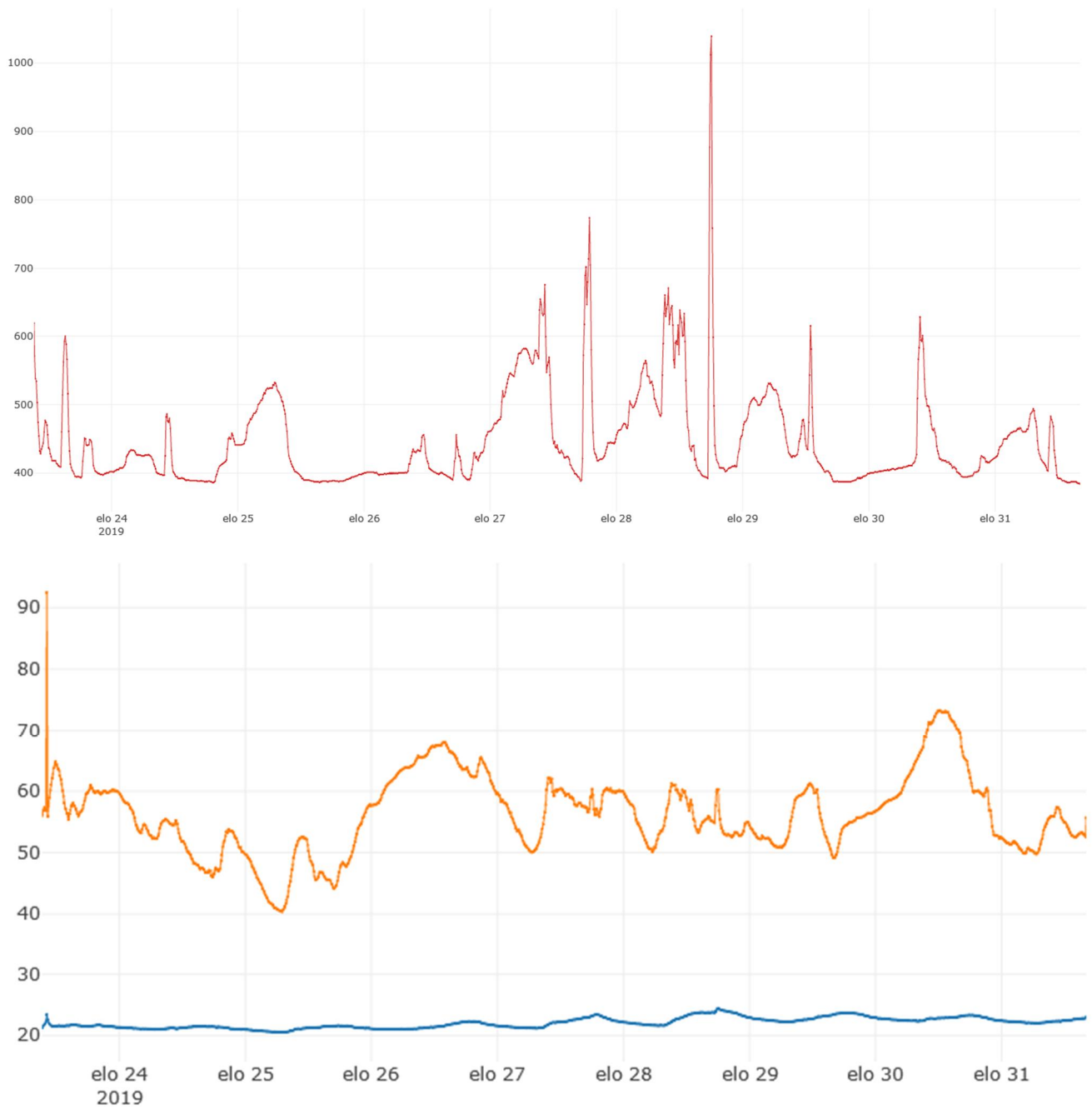
Maija Kirsi
tuotepäällikkö
Kuopio



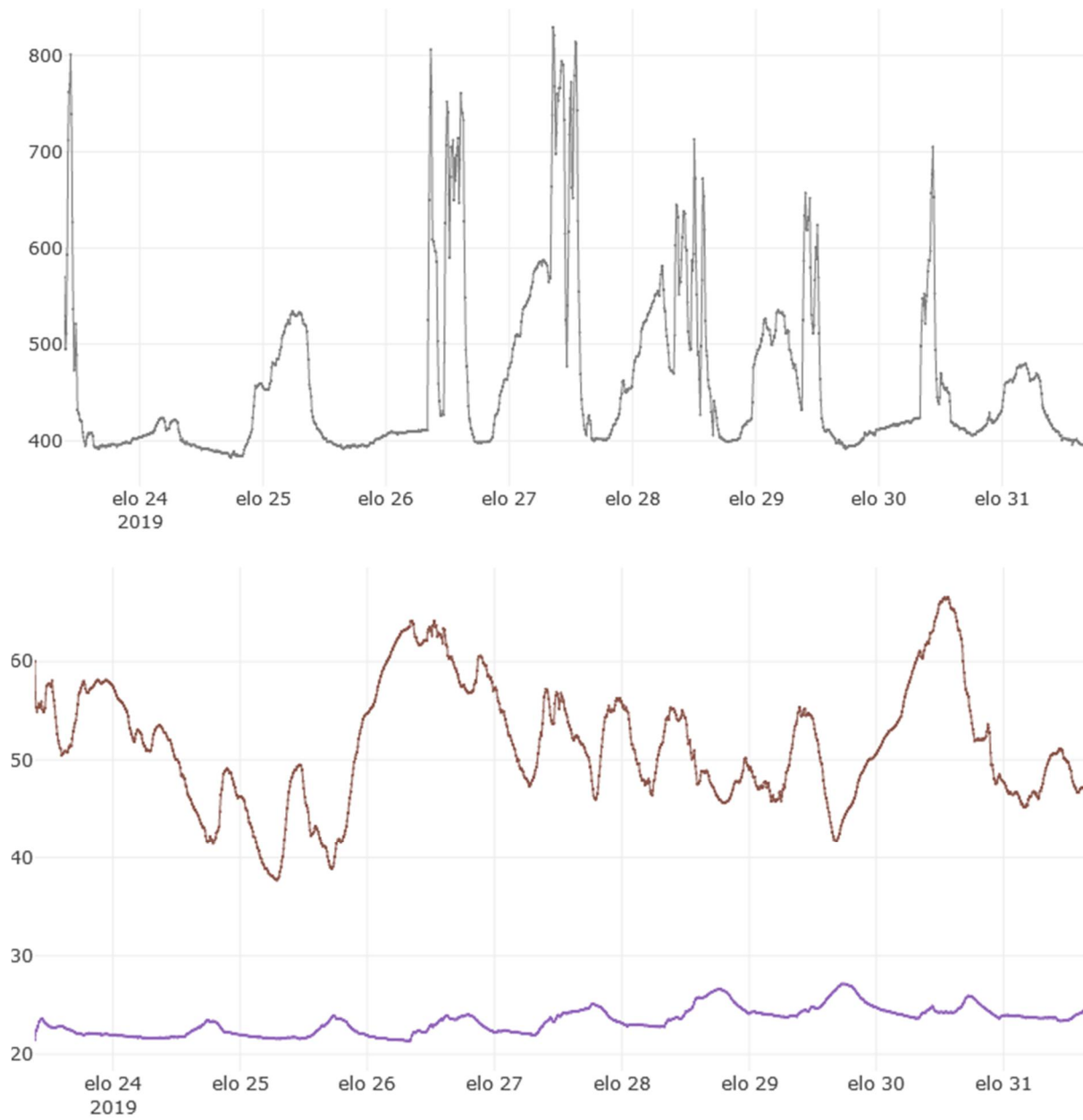
Maija-Liisa Lyytinen
laboratoriomestari
Kuopio

LIITE 3: Olosuhdemittaukset ja paine-erokäyrät

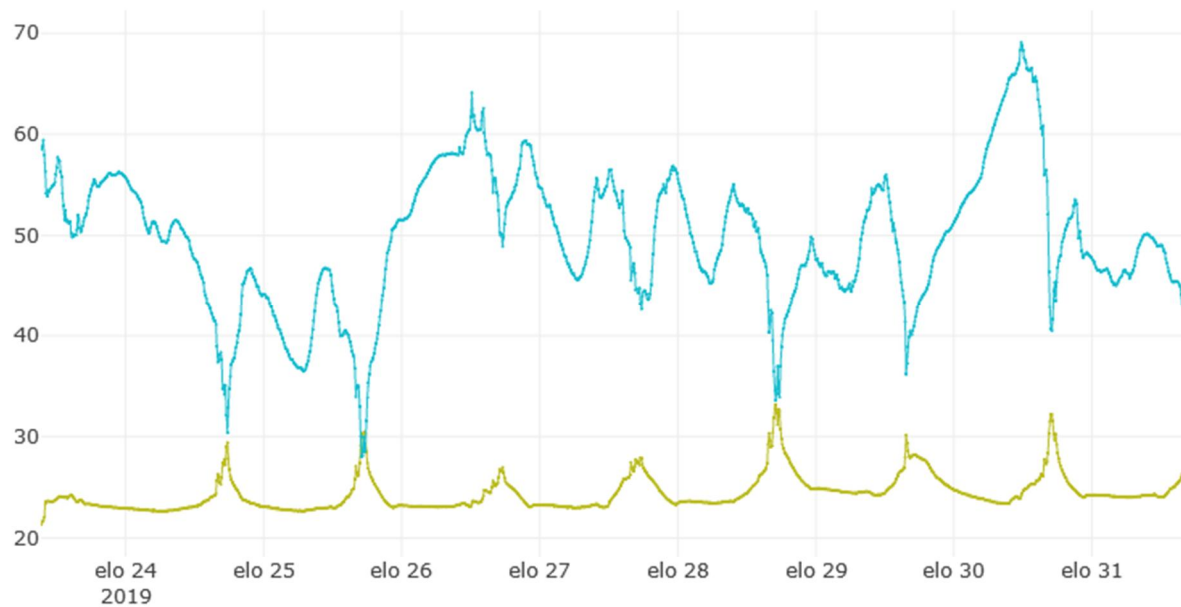
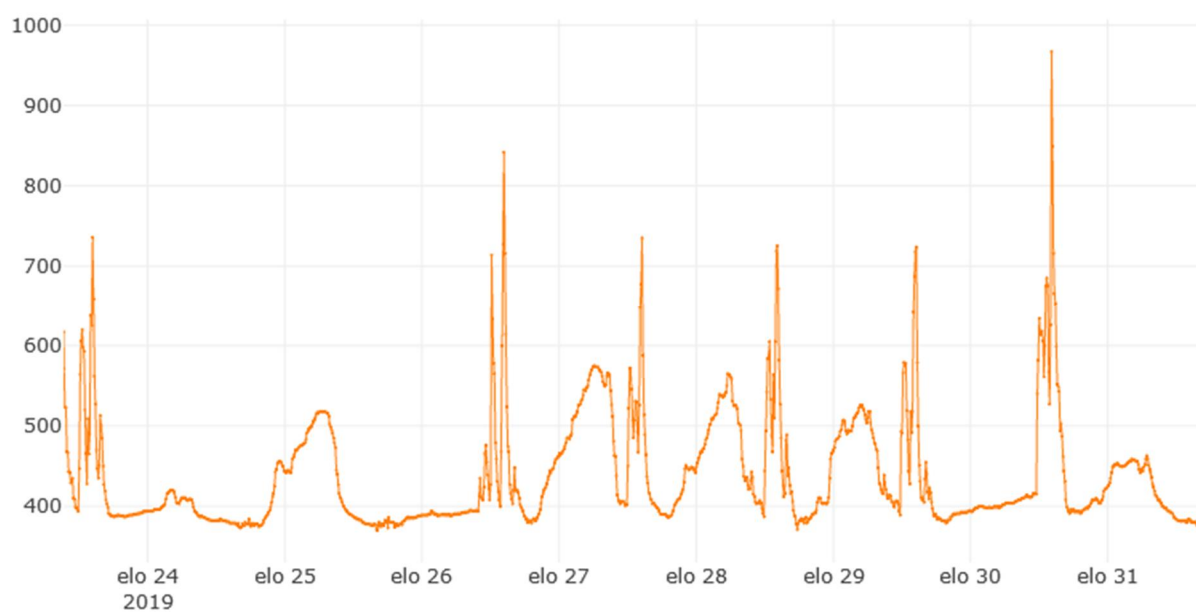
1. Huoneilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja CO₂ pitoisuus tilassa 002 (Liikuntasali)



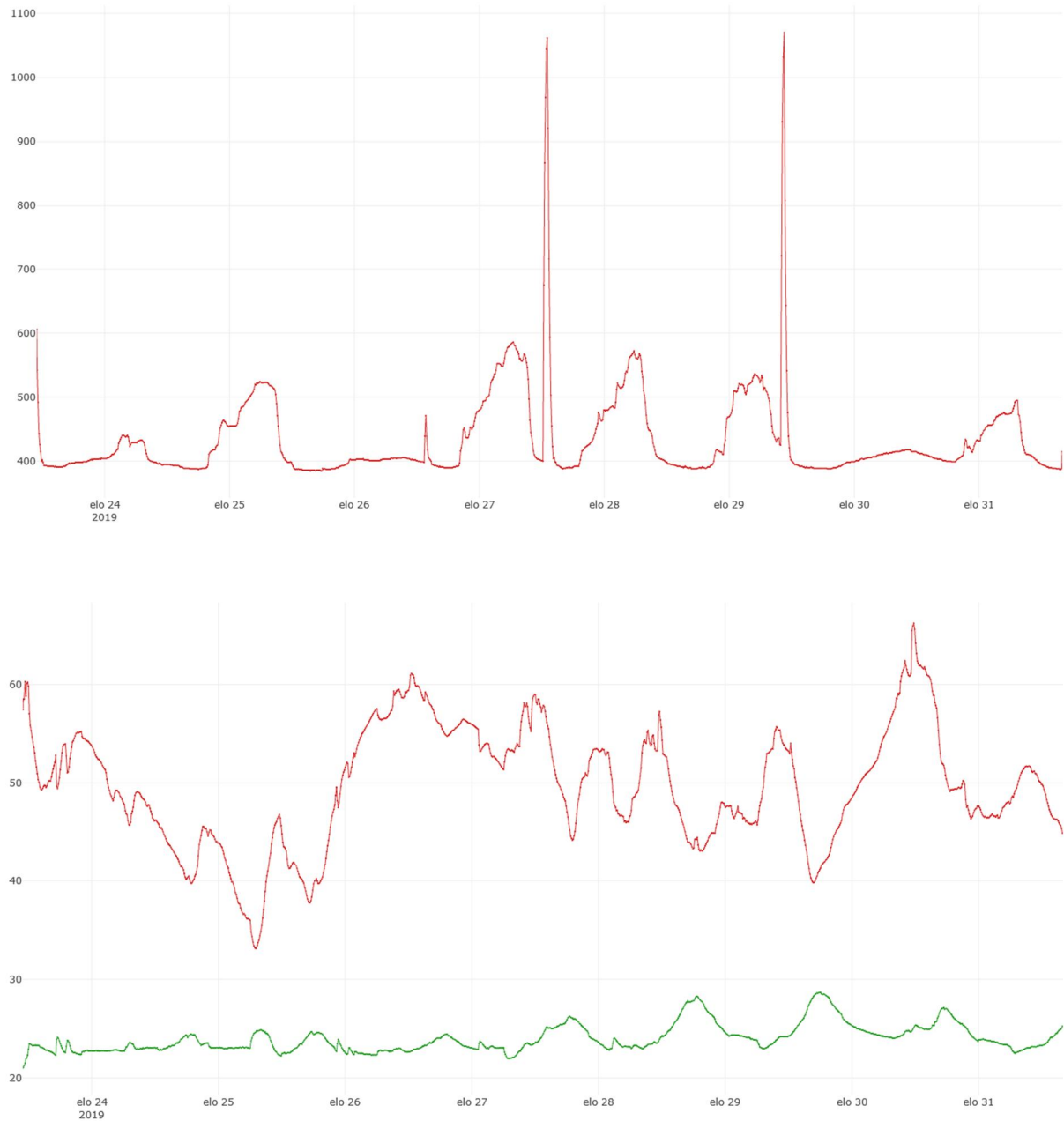
2. Huoneilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja CO₂ pitoisuus tilasta 207 (Luokkahuone)



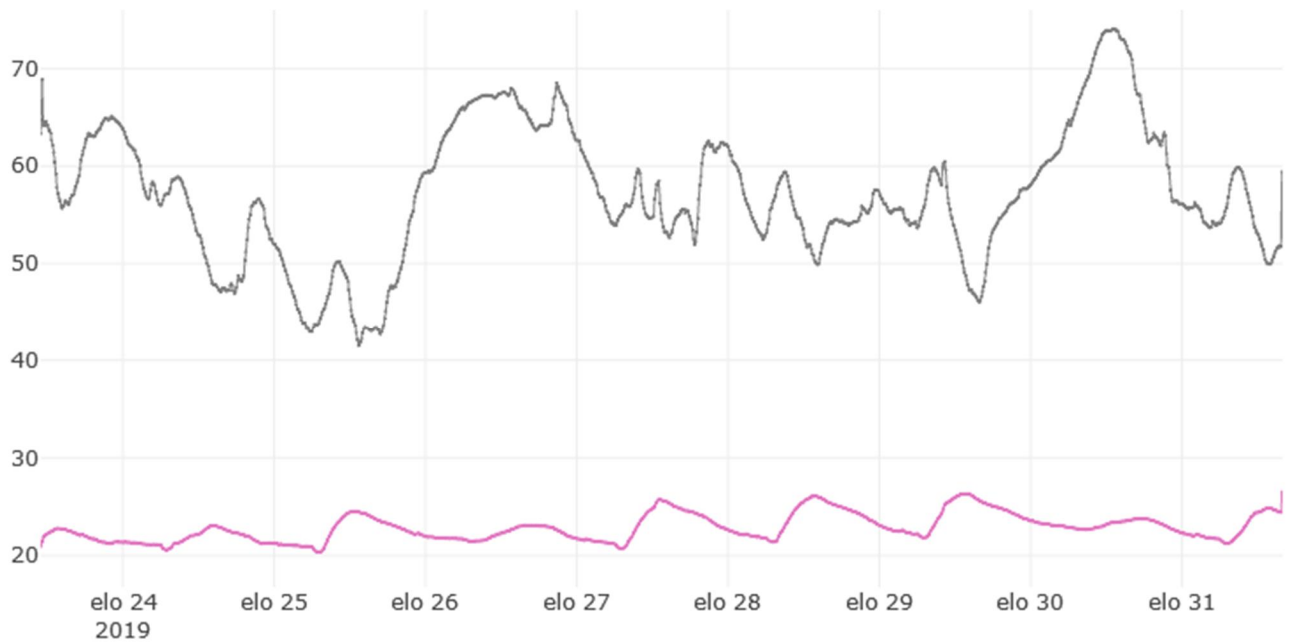
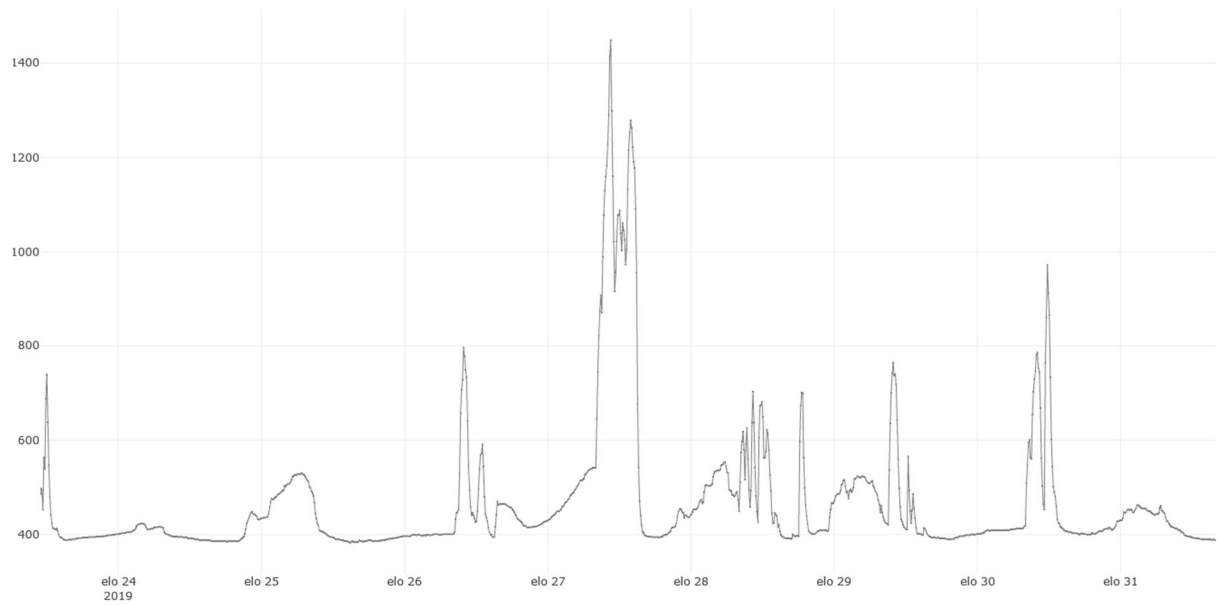
3. Huoneilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja CO₂ pitoisuus tilasta 128 (Luokkahuone)



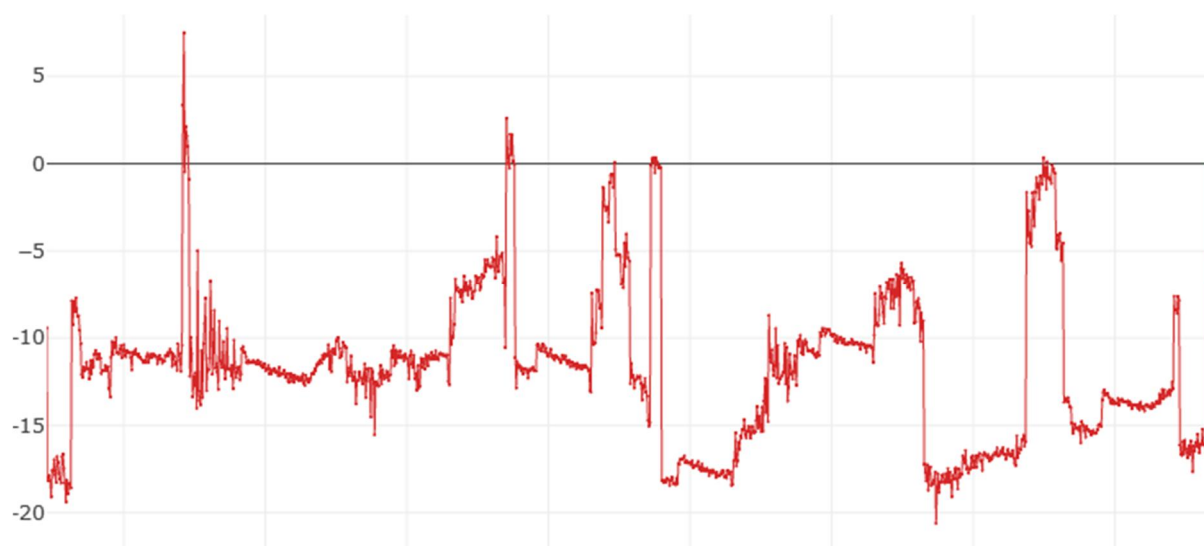
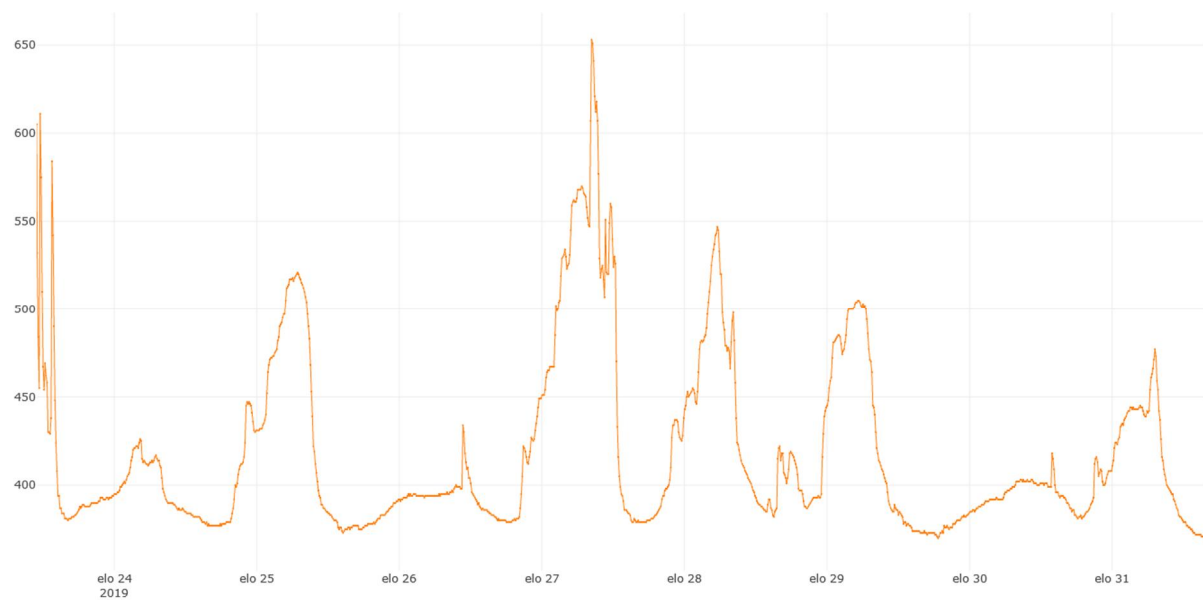
4. Huoneilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja CO₂ pitoisuus tilasta 023 (Luokkatila)



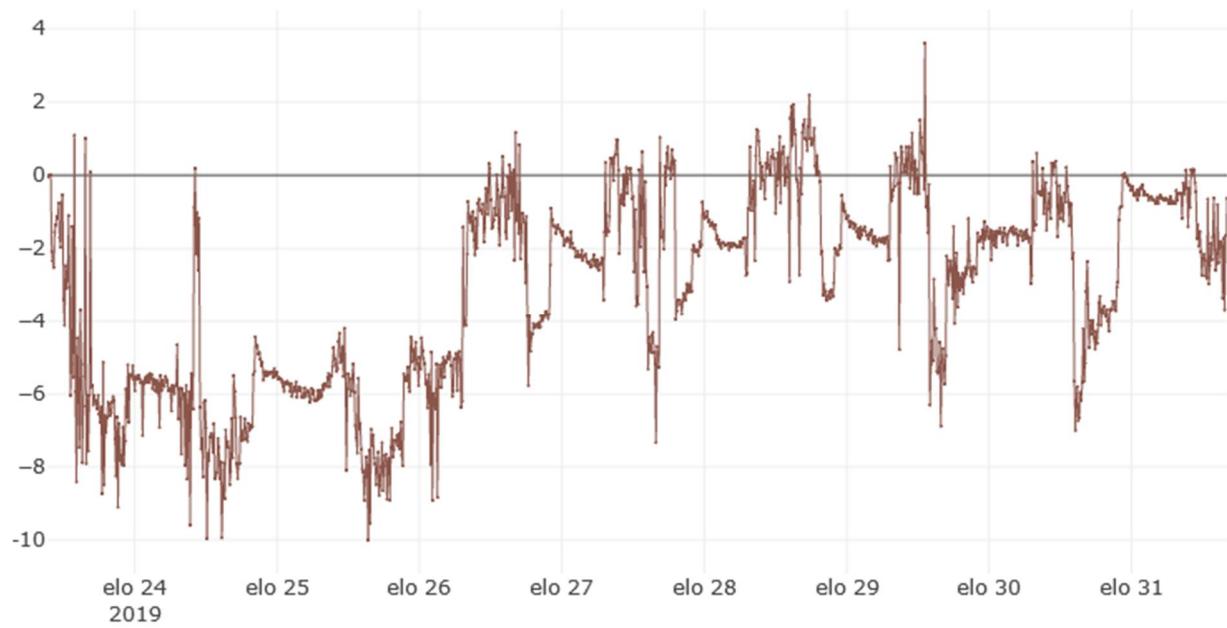
5. Huoneilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja CO₂ pitoisuus tilasta 216 (Luokkahuone)



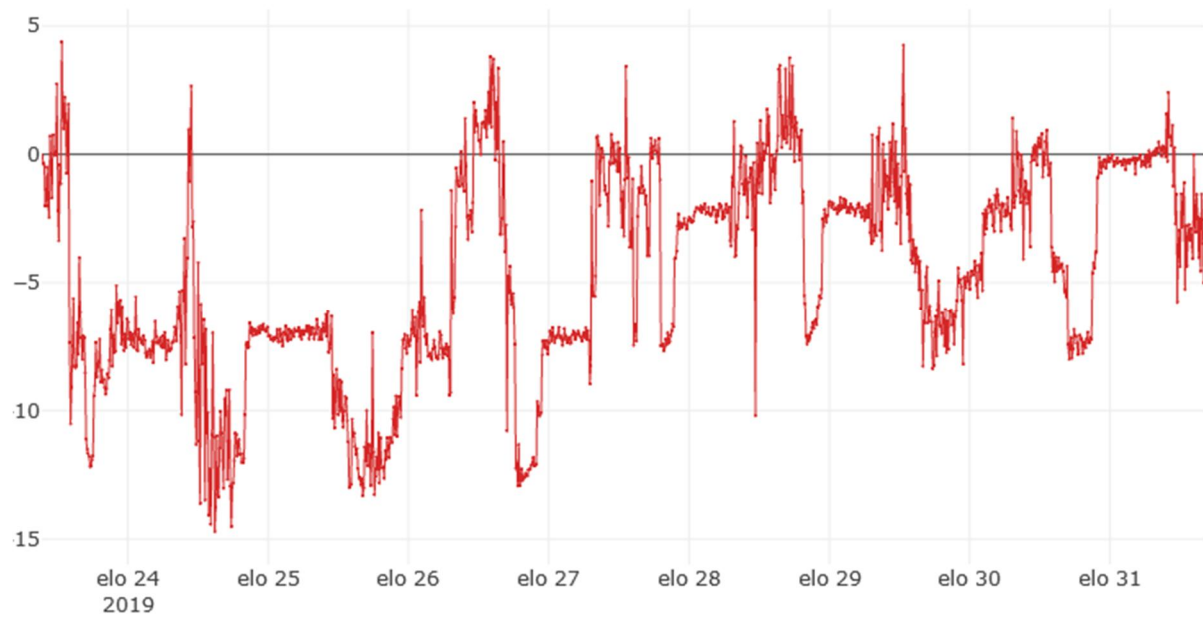
6. Huoneilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja CO₂ pitoisuus tilasta 112 (Rehtori)



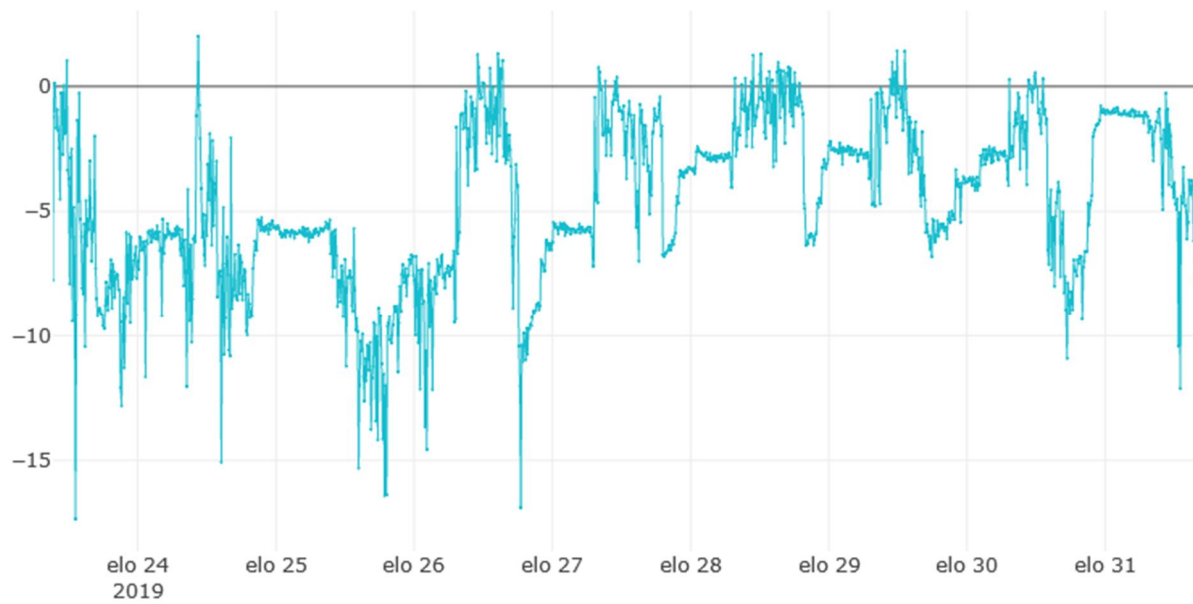
7. Paine-eromittaus ulkoilmaan nähden tilasta 128 (Luokkahuone)



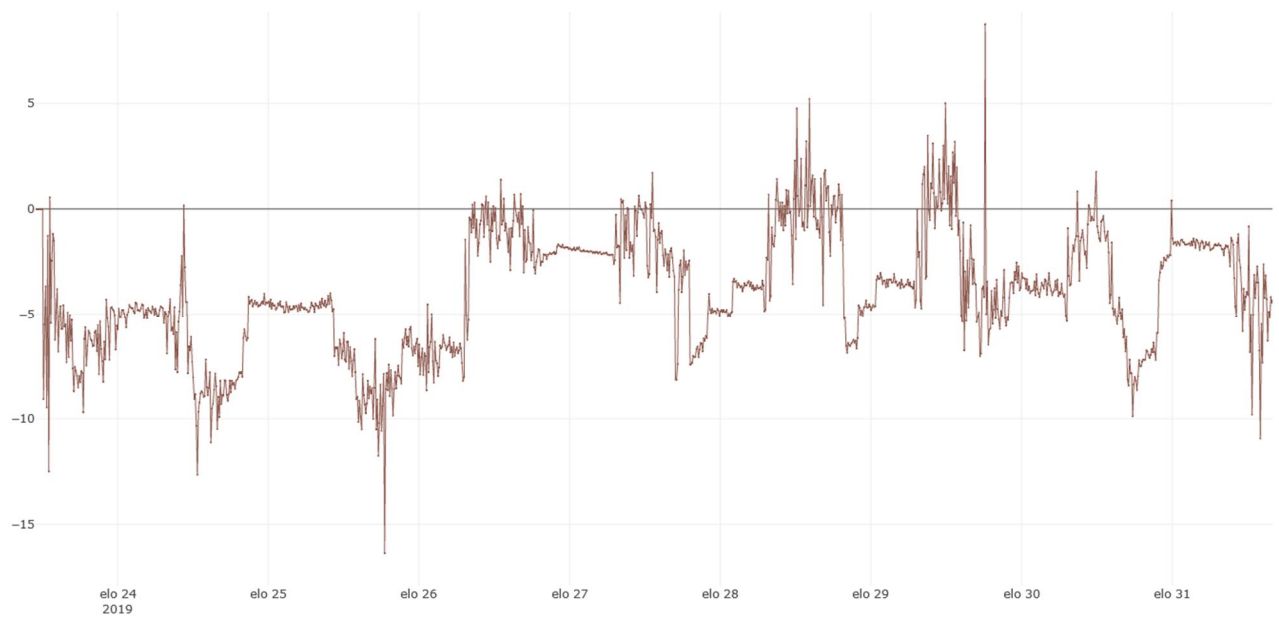
8. Paine-eromittaus ulkoilmaan nähden tilasta 206 (Luokkahuone)



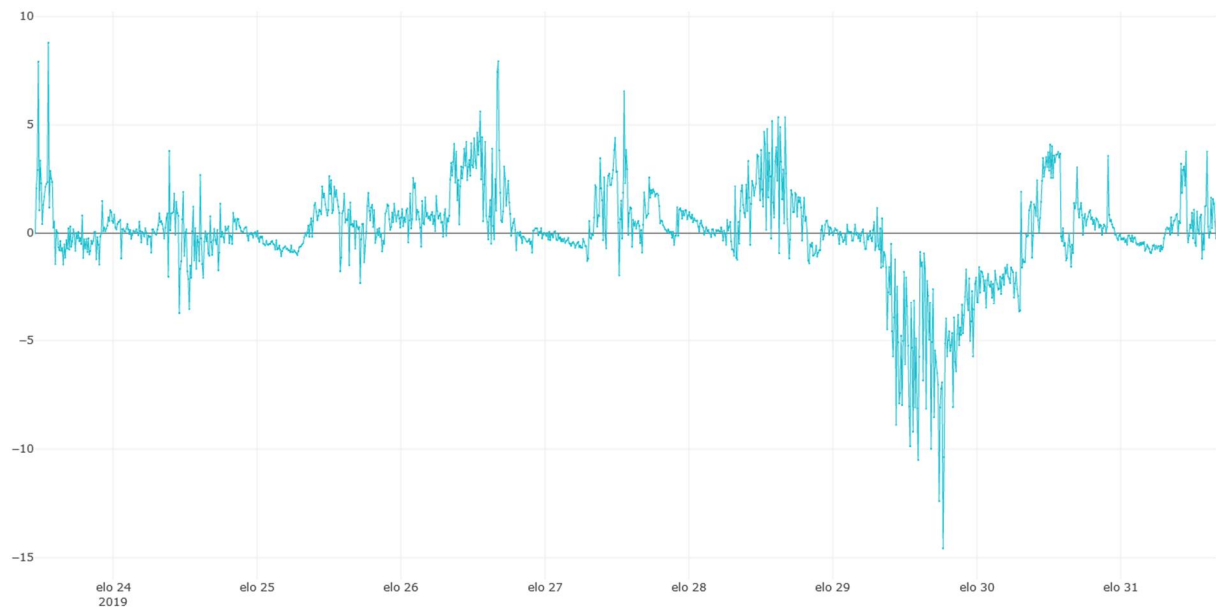
9. Paine-eromittaus ulkoilmaan nähden tilasta 207 (Luokkahuone)



10. Paine-eromittaus ulkoilmaan nähden tilasta 216 (Luokkahuone)



11. Paine-eromittaus ulkoilmaan nähden tilasta 023 (Luokkatila)



12. Paine-eromittaus ulkoilmaan nähden tilasta 007 (Pukuhuone)

