

SIRATE
Ilmasta Hyvää.



Tutkimusraportti

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Kupittaaan urheiluhalli

Tahkonkuja 5

20520 TURKU



3.10.2022

Päivitetty:

Projektinnumero: 7167

Pysyvä rakennustunnus: 103454404U

Suojeluluokka: sr-2

Sirate Group Oy

www.sirategroup.fi
etunimi.sukunimi@sirategroup.fi
Y-tunnus 2496984-4

Tampere

Tampereentie 495
33880 Lempäälä
Puh. 046 851 4392

Turku

Kutterintie 5
20900 Turku
Puh. 046 850 5088

Kuopio

Viestikatu 3
70600 Kuopio
Puh. 040 089 7727

Jyväskylä

Alasinkatu 1 - 3
40321 Jyväskylä
Puh. 040 089 7757

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	4
1 Lähtötiedot	5
1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite.....	6
1.2 Perustiedot	6
1.3 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset ja korjaukset.....	7
1.4 Käytössä olleet asiakirjatiedot.....	7
2 Tutkimusmenetelmät	9
2.1 Rakenne- ja kosteustekniset tutkimukset	9
2.1.1 Kosteusmittaukset.....	9
2.1.2 Rakenneavaukset	10
2.1.3 Mikrobinäytteet materiaaleista	10
2.1.4 Haitta-ainenäytteet materiaaleista	11
2.1.5 Ilmavuototutkimukset merkkiaineella	11
2.2 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset	12
2.2.1 Painesuhteet.....	12
2.2.2 Sisäilman olosuhdeseurannat	12
2.2.3 Teolliset mineraalikuidut.....	13
2.2.4 Bulk-näytteet materiaalista	14
2.3 LVI-järjestelmien tutkimukset	15
2.3.1 Ilmamäärämittaukset	15
2.3.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja teolliset mineraalikuidut	15
3 Rakennetekniset tutkimukset.....	17
3.1 Rakennuksen ulkopuoliset havainnot	17
3.2 Kosteusmittaukset.....	19
3.2.1 Pintakosteuskartoitus.....	19
3.2.2 Viilto- ja rakennekosteusmittaukset	21
3.3 Alapohjat	25
3.4 Alapohjan kanaalit.....	33
3.5 Ulkoseinät.....	37
3.5.1 Maanvastaiset seinät.....	37
3.5.2 Maanpinnan yläpuoliset seinät	39
3.6 Väliseinät ja pystykuilut.....	41
3.7 Välipohjat	42

3.8 Yläpohjat.....	43
3.9 Pihakannet.....	45
3.10 Yhteenvedo materiaalinäytteiden mikrobianalysituloksista.....	47
3.11 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) materiaalinäytteistä	49
4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset	50
4.1 Painesuhteet.....	50
4.2 Sisäilman olosuhteet	51
4.2.1 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.....	51
4.2.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	53
4.3 Teolliset mineraalikuidut	54
5 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset	57
5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän yleiskuvaus	57
5.2 Tuloilmajärjestelmän puhtaus.....	58
5.3 Teolliset mineraalikuidut tuloilmakanavista	70
6 Altistumisolosuhteiden arviointi	71
6.1 Altistumistodennäköisyyden arviointi mikrobiepäpuhtauksille.....	71
6.2 Altistumistodennäköisyyden arviointi teollisille mineraalikuuduille.....	73
7 Johtopäätökset	75
8 Toimenpidesuositukset	76
Allekirjoitukset.....	78
Liitteet	78
Kirjallisuus.....	78

Tiivistelmä

Vuonna 1971 valmistuneeseen Kupittaaan urheiluhalliin on suunnitteilla peruskorjaus. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ensisijaisesti korjaussuunnittelun lähtötiedoksi rakennuksen olemassa olevat rakenteet ja niiden kunto sekä arvioida niiden vaikutusta sisäilman laatuun.

Rakenteet ja niiden kunto selvitettiin rakenneavauksin, kosteusmittauksin ja materiaalinäyttein sekä ilmapuoto-tutkimuksin. Sisäilman olosuhteita ja paine-eroja selvitettiin seurantamittauksin sekä teollisten mineraalikuitu-jen esiintymistä kahden viikon pölylaskeumasta ja tuloilmajärjestelmästä sen visuaalisen tarkastuksen yhtey-dessä otetuin geeliteippinäyttein. Lisäksi rakennuksessa tehtiin kattava asbesti- ja haitta-ainekartoitus.

Urheiluhallissa tehtyjen osittaisten korjausten dokumentointi on puutteellista ja erityisesti maanvastaisissa ra-kenteissa jo alkuperäinen toteutus on poikennut merkittävästi suunnitelmista. Alkuperäisten rakenteiden, ma-teriaalien ja laitteiden tekniset käyttöiät ovat pääosin ylittyneet jo kauan sitten. Alapohjarakenteissa sekä eten-kin teknisissä tiloissa myös muissa maanvastaisissa rakenteissa todettiin laajoja kosteusvaurioita. Muilta osin rakenteissa on vain yksittäisiä paikallisia kosteusvaurioita.

Peruskorjauksen kannalta merkittävimmän kokonaisuuden muodostavat maanvastaiset rakenteet, niiden kos-teustekninen toiminta ja vauriot. Alapohjat ovat pääosin lämmöneristämättömiä ja alapohjan kosteusrasitusta lisäävät hienoaineinen täyttömaa sekä vain osittain kunnostettu salaojitus. Lattiat ovat laajoilta alueilta märät, mikä on johtanut lattiapäälysteiden kemialliseen vaurioitumiseen sekä vähintään paikallisiin muovimattojen mikrobivaurioihin. Alapohjan kanaaleissa kulkevan tekniikan sijainti, kunto ja käytössäolo on lähtötietojen pe-rusteella epäselvää. Maanvastaisissa seinissä on runsaasti PAH-yhdisteitä sisältävä bitumisively ulkokuoren sisä-pinnassa. Teknisen käyttöikänsä jo 1990-luvulla ylittänyt sively on toistaiseksi suojannut rakenteen sisäpuolista mineraalivillaeristystä laajoilta kosteus- ja mikrobivaurioilta lukuun ottamatta osin pihakannen alle jääviä tekni-siä tiloja, joiden alapohja-, ulkoseinä- ja yläpohjaranteissa todettiin laajoja kosteusvaurioita. Yläpohjarakenteissa havaittiin vuotojälkiä, jotka eivät materiaalinäytteiden perusteella ole johtaneet mikrobivaurioihin. Vesikatko on todennäköisesti uusittu vuosituhannen vaihteessa ja jäljet voivat olla peräisin jo tätä edeltäneeltä ajalta. Yksit-täisessä yläpohjan liimapuupalkissa todettiin paikallinen, merkittävä lahovaurio.

Ilmanvaihtokoneiden osalta vuonna 1996 uusittu ilmanvaihtojärjestelmä on teknisen käyttöikänsä päässä. Tulo- ja poistoilmakoneet sijaitsevat pääosin erillään eikä niissä ole lämmöntalteenottoa. Tuloilmakoneiden suodatti-met eivät asennu tiiviisti ja tuloilman joukossa käytetään kierrätysilmaa. Tuloilmakanavista otettujen geeliteip-pinäytteiden perusteella tuloilmajärjestelmässä on myös merkittäviä teollisten mineraalikuittujen lähteitä.

Sisäilman laadun kannalta em. lattiapäälystevaurioiden lisäksi merkittävämmäksi tekijäksi arvioitiin teolliset mi-neraalikuidut, joiden lähteitä on ilmanvaihtojärjestelmän lisäksi runsaasti rakennuksen sisäpinnoilla, erityisesti kattojen akustiikkalevyissä. Molemmissa kerroksissa todettiin Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittä-viä kuitupitoisuuksia kahden viikon pölylaskeumanäytteissä. Kosteus- ja mikrobivauriot ovat teknisiä tiloja lu-kuun ottamatta pääosin paikallisia, ja niistä sisäilman laadun kannalta merkittävimmät ovat juoksuradan kaar-rekorotusten alle jätetyt betonivalujen lahovaurioiset muottilauδοitukset. Korotusten alta kulkeutuu radan mo-lemmissa päissä olevien halkeaminen kautta voimakasta mikrobiperäistä hajua sisätiloihin. Lisäksi paikallisia kos-teus- ja mikrobivaurioita on lähinnä ulkoseinien sokkelirakenteissa.

Tutkimusten perusteella annetut toimenpidesuositukset on esitetty erillisessä kappaleessa raportin lopussa. Toi-menpiteet on jaettu nopealla aikataululla sisäilman epäpuhtauksien vähentämiseksi tehtäviin sekä peruskor-jauksen yhteydessä tehtäviin korjauksiin. Korjaukset edellyttävät erillistä korjaussuunnittelua.

1 Lähtötiedot

Tutkimuskohde

Kupittaaan urheiluhalli
Tahkonkuja 5, 20520 TURKU

Rakennusvuosi: 1971
Kerrosala: 11 836 m²
Suojeluluokka: sr-2

Tilaja

Pasi Hyvönen, sisäilma-asiantuntija
pasi.hyvonen@turku.fi, p. 040 614 9391
Turun kaupunki, Tilapalvelut
Linnankatu 90 E, 2. krs

Muut yhteyshenkilöt

Ismo Pyöli

Tutkimusten vastuhenkilö

Vesa Koskinen, projektijohtaja, FM
rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15
Sisäilma-asiantuntija C-23577-38-17
Rakenteiden kosteuden mittaaja C-20645-24-14

Sirate Group Oy, Kutterintie 5, 20900 TURKU
vesa.koskinen@sirategroup.fi, p. 040 648 2244

Tutkimushenkilöt

Vesa Koskinen, Mika Mantere, Suvi Kajanen, Ville Norri, Sirate Group Oy

Laboratoriot

Turun yliopisto, Aerobiologian yksikkö (mikrobit, kuidut)
Työterveyslaitos, Työympäristölaboratoriot (VOC, kuidut)
Labroc Oy (haitta-aineet)

Tutkimuksen ajankohta

Tutkimukset kohteessa tehtiin aikavälillä 1.4.2022 - 23.8.2022

- Arviointikäynti ja pintakosteuskartoitus 6.6.2022
- Olosuhde- ja paine-eroseurannat 04/2022 ja 6.6. - 30.6.2022
- Teolliset mineraalikuidut, 14 vrk laskeuma, *urheiluhalli 20.12.2021 - 3.1.2022*, muut tilat 6. - 20.6.2022
- Rakenneavaukset, materiaalinäytteet, ilmavuototutkimukset 20. - 30.6.2022
- Haitta-ainekartoitus 20. - 30.6. ja 23.8.2022 (raportti liitteenä)

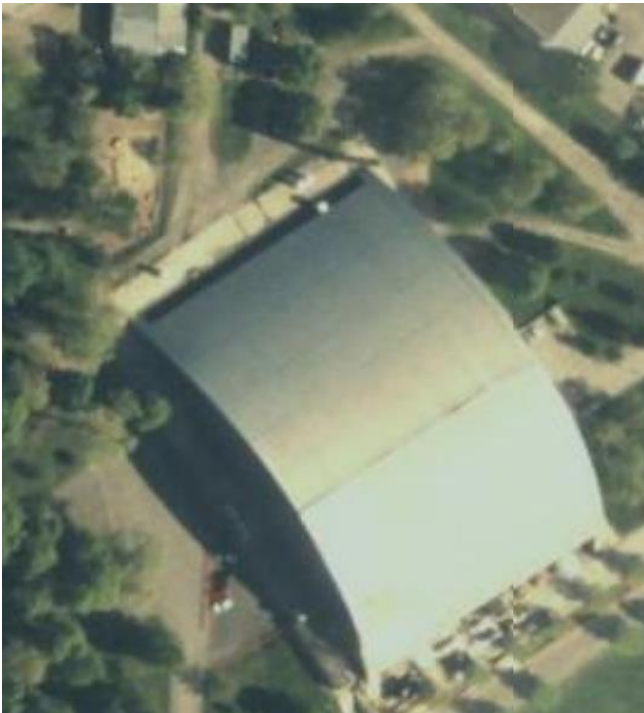
1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite

Vuonna 1971 valmistuneeseen Kupittaaan urheiluhalliin on suunnitteilla peruskorjaus. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää ensisijaisesti korjaussuunnittelun lähtötiedoksi rakennuksen olemassa olevat rakenteet ja niiden kunto sekä arvioida niiden vaikutusta sisäilman laatuun.

1.2 Perustiedot

Tutkimuskohteena on vuonna 1971 valmistunut urheiluhalli. Rakennuksen suojeluluokka on sr-2: rakennus on kaupunkikuvallisesti ja rakennustaiteellisesti arvokas rakennus. Rakennusta ei saa purkaa ilman pakottavaa syytä eikä siinä saa suorittaa vaipan ulkopuolella sellaisia lisärakentamis- tai muutostöitä, jotka tarvelevät julkisivujen ja vesikaton perusmuotoa.

Rakennuksen osin maanpinnan alapuolisessa ensimmäisessä kerroksessa on pukuhuone-, kuntosali- yms. tiloja sekä ampumarata ja keilahalli. Ylemmässä kerroksessa on katsomollinen yleisurheiluhalli, johon on vuosituhannen vaihteessa tehty laajennuksena juoksuputki (kuvat 1 ja 2).



Kuva 1. Ilmakuvasa vuodelta 1998 ei vielä ole laajennusosaa (Turun karttapalvelu).



Kuva 2. Vuoden 2002 ilmakuvasa laajennusosa on valmistunut.

Pilaripalkkirunkoinen rakennus on lähtötietojen mukaan perustettu pääosin paaluille ja länsinurkastaan maan varaan. Alapohjarakenteet ovat kantavia tai maanvaraisia betonilaattoja. Välipohjarakenteena on betoninen ylälaattapalkkisto. Hallin kaareva yläpohja on pääosin puurunkoinen, juoksuputkessa teräsrunkoinen. Vesikatteena on pelti. Pohjakerroksen maanvastaiset ulkoseinärakenteet ovat betonirakenteisia ja lämmöneristetyt sisäpuolelta. Maanpinnan yläpuoliset ulkoseinät ovat pääosin lämpölasia, muilta osin peltikasetteja (kuvat 3 - 6).

Rakennuksessa on usealla ilmanvaihtokoneella toimiva koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, jossa käytetään myös kierrätysilmaa. Alkuperäistä järjestelmää on saneerattu osittain useassa osassa.



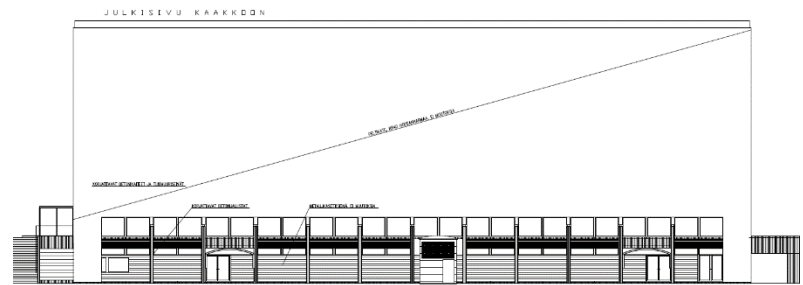
Kuva 3. Yleisurheiluhallin (kenttäkerros) lasijulkisivu lounaan suuntaan. Rakennuksen yläpohja on kaareva, ylimmällä kohdalla kulkee katon tuuletuskanava.



Kuva 4. Luoteen puolella urheiluhallin vesikatto ulottuu lähes maan pinnan tasalle. Vasemmassa reunassa olevan juoksuputken ulkoseinät ovat peltikasetteja.



Kuva 5. Kupittaaan urheiluhalli etelästä.



Kuva 6. Kaakon puolella ulkoseinät ovat peltikasetteja.

1.3 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset ja korjaukset

Rakennuksen yleisurheiluhallissa tehtiin teollisten mineraalikuitujen mittaukset 14 vrk laskeumanäytteillä vuodenvaihteessa 2021 - 2022 (Sirate 28.1.2022). Näytteiden kuitupitoisuudet ylittivät Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Kuitulähteinä toimivat hallin katon iäkkäät akustiikkalevyt sekä rakennuksen iän perusteella hyvin mahdollisesti myös ilmanvaihtojärjestelmän äänenvaimennusmateriaalit.

Rakennuksessa on tehty ilmanvaihtojärjestelmän saneeraus vuonna 1996 ja eteläpäädyn ilmanvaihtokonehuone on muutettu sosiaalityötiloiksi. Entinen talonmiehen asunto on muutettu palautuskeskukseksi 1999 ja samassa yhteydessä on alueella tehty ainakin lämpöverkon saneeraus. Pesuhuonetiloiissa 092 - 096 on tehty muutoksia vuonna 2009.

Joulukuussa 1991 myrsky irrotti rakennuksen peltikatetta noin 600 m² alueelta (Helsingin Sanomat 30.12.1991). Aistinvaraisen arvion, ilmakuviin ja käyttäjiltä saadun tiedon perusteella alkuperäinen peltikate on todennäköisesti uusittu kokonaan, mahdollisesti laajennusosan (juoksuputki) rakentamisen yhteydessä (asiakirjavahvistusta ei ollut käytettävissä).

Rakennuksen käyttäjiltä saadun tiedon mukaan keilahalliin on tulvinut runsaasti vettä salaojen tukkeutumisen vuoksi vuonna 1994, minkä seurauksena salaojat olisi kunnostettu. Käyttäjien mukaan myös lasijulkisivu olisi uusittu jossain vaiheessa, mutta tälle ei saatu vahvistusta käytettävissä olleista asiakirjoista.

Saunaosasto on saneerattu vuoden 2016 kuvien mukaisesti.

1.4 Käytössä olleet asiakirjatiedot

- Rakennuksen ajantasaiset pohjakuvat ja julkisivukuvat

- Alkuperäisiä rakenne- ja LVI-kuvia
 - Lämpöjohdot, N:o 68066-L-1 ja 68066-L-2, 23.10.1969
 - ilmanvaihto, kenttätaso, N:o 68066-A-3 ja 668066-A-4, 10.10.1969
 - ilmanvaihto, pohjataso, N:o 680666-A-1, 68066-A-2 (osin) 18.9.1969
 - Kanaalin poikkileikkaus, osat 0 ja 1, 10.1.1969
 - Kellarin katto, tason laudoitus, 1.10.1969
- Ilmanvaihto, saneeraus, kuvat, 96P39-LVI-301 - 309 , 29.10.1996
- Saunatilojen saneeraus 2016
 - lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät, L_G1201, 31.5.2016
 - vesi ja viemärijärjestelmät, L_G2201
 - ilmanvaihtojärjestelmät, L_3301
- Muutoskuvia vuosilta 1996, 1997 ja 1999

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Rakenne- ja kosteustekniset tutkimukset

2.1.1 Kosteusmittaukset

Rakennusten kivirakenteisille pinnoille suoritettiin kattava pintakosteuskartoitus, jossa selvitettiin pintakosteuden osittomilla poikkeavat kosteusalueet. Poikkeavilta kosteusalueilta tehtiin tarkentavia muovimaton alapuolisia kosteusmittauksia viiltomittauksin ja rakennekosteusmittauksin ns. porareikämenetelmällä. Kosteusmittaukset tehtiin RT 103333 -ohjekortin mukaisesti sertifioitujen rakenteiden kosteudenmittaajan (Eurofins) toimesta. Kosteusmittausten tulokset on esitetty viitteellisesti liitteen 1 pohjakuvissa ja tarkemmin liitteen 4 kosteusmittauspöytäkirjassa.

Pintakosteuskartoitus

Huoneiltojen kivirakenteiset lattia- ja seinäpinnat kartoitettiin pintakosteuden osittomilla mahdollisten kosteuspoikkeamien havaitsemiseksi. Pintarakenteiden kosteuden arviointiin käytettiin GANN Hydromette UNI1/UNI2 -laitetta LB71 -mittapöydällä. Mittaustulokset ovat suuntaa antavia ja saadut arvot mittalaittekohtaisia. Pintakosteuden ilmaisimen lukemiin vaikuttavat kosteuden lisäksi kosteuden rakenteen pintaa nostamat suola-kerrostumat, teräset ja eri materiaalien koostumukset sekä rakenteiden pintaosien vaihtelut. Kartoituksen yhteydessä tehtiin aistinvaraisia havaintoja mm. näkyvistä kosteusvauriojäljistä ja poikkeavista hajuista.

Viiltomittaukset

Suhteellisen kosteuden mittaukset lattiapäällysteen alta tehtiin asettamalla päällysteen alle viillon kautta kalibroitu kosteusmittausanturin mittapää (Vaisala HM42 Probe). Tehty viilto ja mittapään rajapinta tiivistettiin kitillä ja mittapään annettiin tasaantua päällysteen alla oleviin olosuhteisiin vähintään 15 min. Mittauksen aikana sisäilman, viillon alapuolisen tilan ja mitta-anturiin lämpötilan tulee olla lähellä toisiaan ($\pm 0,5$ °C). Mittaustulokset luettiin Vaisalan HM40 -näyttölaitteella.

Tavoite-, ohje- ja viitearvot

Useimpien liimojen kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 85 % mikä tarkoittaa, että suhteellinen kosteus päällysteen alla liimatilassa ei saa ylittää tätä arvoa (1).

Porareikämittaukset

Rakenteiden kosteusjakaumat selvitettiin tarkkoina suhteellisen kosteuden mittauksina porareikämenetelmällä. Porareikämittauksissa mitataan rakenteeseen porattuun, halkaisijaltaan 16 mm olevaan reikään tasaantuneen tilan suhteellinen kosteus (%RH) ja lämpötila (T). Mittausreiät puhdistettiin imuroimalla ja tiivistettiin reiän pohjaan ulottuvilla mittausputkilla/sähkösuojaputkilla. Putkien juuret tiivistettiin kitillä. Putkien yläpäät tiivistettiin Vaisalan tiivistetulpilla ja/tai kitillä. Mittausreikien olosuhteiden annettiin tasaantua vähintään 3 vuorokautta, jonka aikana lämpötilojen tuli olla vakaat. Mittaukset tehtiin niissä lämpötiloissa, joissa rakenne on normaalikäytössä. Mittauksissa käytettiin Vaisala HM40 -rakennekosteuden mittaria sekä kalibroituja HMP40S -antureita. Anturien tasaantumisaika mittauspisteissä oli vähintään 1 tunti.

Kosteusmittausten virhetarkastelu

Rakennekosteusmittaukset tehtiin tilojen normaalissa käyttölämpötilassa eikä rakenteen ja huoneilman välillä ollut merkittävää lämpötilaeroa. Mittaussyvyydet määritettiin 1 mm tarkkuudella. Käytettyjen anturien tarkkuus on $\pm 1,5$ %RH (välillä 0 - 90 %) ja $\pm 2,5$ %RH (välillä 90 - 100 %). Mittapäiden kalibrointiajankohta ja mittausten suoritusyksityiskohdat huomioiden kullakin syvyydellä saavutettiin riittävä mittaustarkkuus rakenteen kosteus-tilanteen tarkaksi arvioimiseksi. Mittauksen kokonaismittausepävarmuusluokka oli siten noin ± 2 RH-yksikköä (välillä 0 - 90 %) ja ± 4 RH-yksikköä (välillä 90 - 100 %). Käytetyt kosteusmittausanturit on kalibroitu 20.2.2022 (Scopetech Oy).

2.1.2 Rakenneavaukset

Rakennetutkimuksissa tutkittavaan rakennukseen tehtiin rakenneavauksia, joista aistinvaraisesti todettiin pää-rakennetyyppien toteutus ja kunto. Lisäksi otettiin tarvittaessa materiaalinäytteitä mikrobiutkimuksiin. Pölyn leviäminen rakenneavauksia tehtäessä estettiin kohdepoistoa käyttämällä (H-luokan imuri). Rakenneavauksiin tehtiin ainoastaan väliaikaiset, ilmativiitit paikkaukset. Rakenneavaukset ja materiaalinäytteet on merkitty liitteiden 2A ja 2B pohjakuviin. Tekstissä olevat tilanumeroinnit viittaavat näissä liitteissä esitettyihin numerointeihin. Materiaalinäytteiden tulokset on merkitty tekstin joukkoon ja kuviin kolmiportaisella värikoodilla: **vihreä** – ei poikkeavaa mikrobikasvua, **oranssi/keltainen** – ei aktiivista kasvua, näyte on lajistoltaan poikkeava ja **punainen** – aktiivista mikrobikasvua. Vastaavaa värikoodausta ongelman/vaurion asteesta on sovellettu myös muihin näytteisiin.

2.1.3 Mikrobinäytteet materiaaleista

Näytteenottopaikat perustuivat lähtötietoihin ja kohteessa tehtyihin havaintoihin. Näytteet pyrittiin ottamaan vaurioituneimmasta kohdasta tai sellaisesta kohdasta rakennetta, jossa vaurioitumisen todennäköisyys on suurin. Näytteenottopaikat on merkitty liitteiden 2A ja 2B pohjakuviin.

Suoraviljelymenetelmä

Materiaalinäytteet kerättiin puhtailla välineillä puhtaaseen muovipussiin ja toimitettiin viimeistään kolmen päivän sisällä analysoitavaksi laboratorioon. Näytteet analysoitiin suoraviljelymenetelmällä akkreditoidussa ja Ruokaviraston hyväksymässä Turun yliopiston Aerobiologian laboratoriossa.

Mikrobinäytteiden viitearvot – suoraviljelymenetelmä

Suoraviljelymenetelmän tulokset ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa seuraavasti:

Taulukko 1. Suoraviljelymenetelmän tulosasteikko (2).

Tulos	Merkitys
-	Ei mikrobeja
+	1 - 19 pesäkettä (niukasti mikrobeja)
++	20 - 49 pesäkettä (kohtalaisesti mikrobeja)
+++	50 - 199 pesäkettä (runsaasti mikrobeja)
++++	≥ 200 pesäkettä (erittäin runsaasti mikrobeja)

Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyseillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua (3). Lämmöneristeiden osalta rajataan pois lämmöneristeet, jotka ovat suoraan kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, ellei rakenteesta ole vahvistettua ilmayhteyttä sisätiloihin (2).

Rakennusmateriaalissa **voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa**, kun suoraviljelyllä materiaalinäytteessä havaitaan elinkykyisiä sieni-itiöitä ja/tai aktinomykettejä runsaasti (+++/++++). Suoraviljelyn tulokset **voivat viitata mikrobikasvustoon** silloin, kun mikrobeja on kohtalaisesti tai niukasti, mutta lajistossa on kosteusvaurioindikaattoreita. (2)

Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteusvauriota, vaikka mikrobikasvua ei välttämättä ole ehtinyt muodostua. Kosteusvaurio voidaan todeta näkyvänä kosteusvauriojälkenä tai pintakosteusosoittimen tai rakennekosteusmittausten avulla. Pintakosteusosoittimen antama positiivinen tulos (osoittimen näyttämä mittauslukema on kostealla/märällä alueella) tulee varmentaa rakennekosteusmittauksen avulla ennen kuin toimenpiderajan katsotaan ylittyneen. (2)

Toimenpiderajan ylittävä lahovaurio voidaan todeta puurakenteen näkyvänä muutoksena tai mekaanisena lujuuden menetyksenä. Aistinvaraisen arvion perusteella todettuna toimenpiderajan ylittymisenä pidetään kosteusvauriojäljen lisäksi sekä homeen hajua että näkyvää mikrobikasvusto. (2)

Kuivan näytteen viljely suositellaan tehtäväksi viimeistään viiden päivän sisällä näytteenotosta. Kosteaa näyte suositellaan viljeltävän näytteenottoa seuraavana päivänä, koska kosteuden voidaan ajatella vaikuttavan mikrobipitoisuuteen säilytyksen aikana. Näytteet säilytetään kylmässä (+4 - +8 °C) ennen viljelyä sekä mahdollisen suoramikroskopointitarpeen ja/tai uudelleenviljelytarpeen varalta. (2; 4)

2.1.4 Haitta-ainenäytteet materiaaleista

Materiaalinäytteet otettiin puhtailla välineillä alumiinifolioon ja uudelleensuljettaviin muovipusseihin. Näytteet analysoitiin akkreditoidussa laboratoriossa (Labroc Oy). Haitta-ainetutkimusten ja analyysien tarkemmat menetelmäkuvaukset ja tulokset on esitetty erillisessä AHA-raportissa (Liite 11). Asbestia sisältävät materiaalit mainitaan myös tämän raportin rakennevaustien yhteydessä.

Tulosten tulkinta

Asbestipitoiset materiaalit

Asbestinäytteillä todetaan tai pois suljetaan asbestin olemassaolo tutkittavassa materiaalissa. Mikäli asbestipitoisia materiaaleja työstetään tai puretaan, työ on suoritettava asbestityönä asbestinpurkuvaltuutuksen omaavan tahon toimesta. Asbestipurkutyössä on noudatettava Ratu-korttia 82-0347 Asbestia sisältävien rakenteiden purku (5). Asbestipitoisen jätteen käsittely jätelain 646 - 666, 1.5.2012 mukaan. Lisäksi on noudatettava paikallisen Ympäristökeskuksen sekä aluehallintoviranomaisen (AVI) päätöksiä ja viranomaisohjeita.

Ainostaan huonokuntoisiksi todetut asbestimateriaalit on säädösten perusteella joko kunnostettava, koteloitava tai poistettava. Lisäksi niissä tiloissa, joissa on huonokuntoisia asbestimateriaaleja, on tiloissa yleensä tehtävä myös asbestipölysiivousta.

Muut vaaralliset aineet

Erialaisten vaarallisten ja haitallisten aineiden purku- ja jatkokäsittelyssä on noudatettava valtioneuvoston päätöksiä, viranomaismääräyksiä ja jätelakia sekä Ratu-korttia (5).

Kivihilipiki, kreosootti, PAH-yhdisteet

Rakennusmateriaalin PAH-pitoisuuden ylittäessä raja-arvon 200 mg/kg materiaali on vaarallista jätettä ja sen purku on tehtävä suojattuna erikoistyönä. Tällaisia materiaaleja voi olla vesieristeinä/kosteussuojauksessa. PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien purku- ja jätteenkäsittelyohjeet on esitetty RATU-kortissa 82-0381 Kivihilipikeä sisältävien rakenteiden purku (6).

PCB-yhdisteet, raskasmetallit

PCB-yhdisteet ja lyijy ovat ympäristömyrkyjä. Materiaalin PCB-pitoisuuden ylittäessä 50 mg/kg ja lyijypitoisuuden 1500 mg/kg jäte on vaarallista jätettä. PCB-yhdisteitä on käytetty mm. liimoissa, pinnoitteissa, maaleissa, kondensaattoreissa, muuntajissa ja lämmönsiirtojärjestelmissä. PCB:tä sisältävien materiaalien purkutöissä on noudatettava Ratu-ohjetta 82-0382 PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumamassojen purku (7).

Muut haitta-aineet

Sähkö- ja elektroniikkaromu on käsiteltävä purkutöissä SER-järjestelmän mukaisena jätteenä. Paineekyllästetty puu on erotettava ja käsiteltävä vaarallisena jätteenä.

2.1.5 Ilmavuototutkimukset merkkiaineella

Merkkiainetutkimuksella selvitettiin RT 14-11197 -ohjekortin (8) mukaisesti rakenteiden tiiveyttä sekä ilmavuoja alueilta, jotka voivat heikentää sisäilman laatua. Merkkiainetta (viisiprosenttista vedyn ja typen seosta)

laskettiin tutkittavaan tilaan tai rakenteeseen ja sen kulkeutumista sisäilmaan havainnoitiin vetyilmaisimella (Adixen 9012 XRS Hydrogen Leak Detector). Merkkiainetutkimuksen edellyttämä paine-ero (n. 10 Pa) tutkittavan rakenteen yli saatiin aikaiseksi joko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän avulla tai säädettävällä puhaltimella (Retrotec DM32). Paine-eroa tutkittavan rakenteen yli seurattiin paine-eroantureilla (Series MS Magne-sense, Dwyer). Tutkimusten apuna käytettiin merkkisavua.

Tulosten tulkinta

Ilmavuotohavainnot luokiteltiin soveltaen RT 14-11197 -ohjekorttia: "Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein" pistemäisiksi, vähäisiksi tai merkittäviksi.

2.2 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

2.2.1 Painesuhteet

Ilman kulkusuuntien sekä ilmanvaihdon yleisen toiminnan selvittämiseksi rakennuksessa suoritettiin n. 3 viikon mittaisia paine-eroseurantamittauksia rakennuksen ulkovaipan yli sekä eri tilojen välillä. Mittauksissa käytettiin etäluettavia paine-eroantureita (lotsu L2 DP01, Sensirion SDP800, mittausalue ± 50 Pa, mittaustarkkuus ± 1 %) ja tulokset tallennettiin 2,5 minuutin välein LoraWAN yhteyden kautta pilvipalvelimelle (AWS, Amazon Web Services). Mittausten aikana ilmanvaihtojärjestelmä oli tavanomaisissa käyttöasetuksissaan. Mittauspaikat on esitetty liitteen 3 pohjakuivissa.

Painesuhteiden ohjearvot

Rakennus, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, suunnitellaan ulkoilmaan nähden alipaineiseksi. Rakennuksen ali- tai ylipaineisuus vaikuttaa mm. rakenteiden läpi kulkevan vuotoilmavirran suuntaan ja huoneilman kosteuden tiivistymisriskiin pinnoilla tai rakenteissa. Jos rakennus on ylipaineinen ulkoilmaan nähden ilmanvaihdon toiminnasta johtuen, tulee ylipaineen syy selvittää ja ilmanvaihtoa tasapainottaa. Rakennuksen alipaine ulkoilmaan nähden ei saa olla yli 30 Pa. Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta (9). Jos rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pa, tulee sen syy selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa. (2)

Rakennuksen käyttäjän ulkopuolisen ilmanvaihdon tulee olla sellainen, että rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan ei aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa. Tämän lisäksi käyttäjän ulkopuolella ilmanvaihto ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin esimerkiksi korvausilman puutteesta syntyneen liiallisen alipaineisuuden vuoksi. (2)

Rakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmavirrat on suunniteltava siten, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan (10).

2.2.2 Sisäilman olosuhdeseurannat

Sisäilman olosuhteita (lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, suhteellinen kosteus) mitattiin 2 - 3 viikon mittaisin seurantamittauksin sekä jatkuvatoimisilla loggereilla (Tinytag) että etäluettavilla ilmanlaatumittareilla (lotsu L2 AQ05, mittaustarkkuudet: LT $\pm 0,5$ °C, RH $\pm 2\%$, CO₂ ± 30 ppm + 3% lukemasta). Tulokset tallennettiin 2,5 minuutin välein LoraWAN yhteyden kautta pilvipalvelimelle (AWS, Amazon Web Services).

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyä, jos pitoisuus on $2\ 100\ \text{mg}/\text{m}^3$ (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (3). Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on n. 400 ppm.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta voidaan pitää ihmisistä peräisin olevien epäpuhtauksien esiintymisen indikaattorina ja sen perusteella voidaan arvioida ilmanvaihdon riittävyttä tilojen käyttöön nähden. Tilanteissa, joissa ilmanvaihto on todettu tämän asetuksen mukaiseksi, mutta ilmanvaihto on riittämätön suhteessa tilojen epätaivomaiseen käyttöön, on terveyshaitan ehkäisemiseksi ensisijaisesti tehtävä muutoksia tilojen käyttötapaan. Hiilidioksidi itsessään ei aiheuta kyseisissä pitoisuuksissa terveyshaittaa. (2)

Sisäilmastoluokitus 2018 (11) mukaiset tavoitearvot sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle (suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus) ovat:

- < 350 ppm; luokka S1, yksilöllinen sisäilmasto
- < 550 ppm; luokka S2, hyvä sisäilmasto
- < 800 ppm; luokka S3, tyydyttävä sisäilmasto.

Sisäilmastoluokitus 2018 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna, kun tavoitteena on rakentaa entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi soveltuvien osien myös korjausrakentamisessa

Huoneilman lämpötilan toimenpideraja

Toimenpideraja huoneilman lämpötilalle palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja muissa vastaavissa oleskelutiloissa mukaan lukien urheiluhallit on lämmityskaudella 20 - 26 °C (2) ja lämmityskauden ulkopuolella 20 - 32 °C.

Sisäilmastoluokitus 2018 (11) mukaiset tavoitearvot sisäilman lämpötiloille lämmityskaudella on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Sisäilmastoluokitus 2018 mukaiset tavoitearvot sisäilman lämpötiloille.

Luokka	Kuvaus	Lämmityskaudella	Lämmityskauden ulkop.
S1	yksilöllinen sisäilmasto	21 - 22 °C	23 - 24 °C
S2	hyvä sisäilmasto	20 - 22 °C	23 - 26 °C
S3	tydyttävä sisäilmasto	20 - 23 °C	22 - 27 °C

Huoneilman suhteellinen kosteus

Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä (3). Asetuksessa ei säädetä tarkkoja suhteellisen kosteuden rajoja, joiden välillä ilman suhteellinen kosteus (RH %) voi vaihdella. Huoneilman suhteellisen kosteuden suosituksena on aiemmin ollut 20 - 60 %. Tämän lisäksi on todettu, että sen saavuttaminen ei ole aina mahdollista muun muassa ilmastolisistä syistä, eikä näistä arvoista poikkeamista voida pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät. Toisaalta kylminä pakkasjaksoina huoneilman 60 % suhteellinen kosteus aiheuttaa jo suuren mikrobikasvun riskin rakenteiden sisäpintojen kylmimmissä kohdissa. (2)

2.2.3 Teolliset mineraalikuidut

Teollisten mineraalikuitujen määrää sisäilmassa arvioitiin geeliteippinäytteiden avulla vuonna 2021 päivitetyn Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2) osan III mukaisesti. Tutkittavasta tilasta otettiin vähintään kolme näytettä. Näytteet kerättiin geeliteipeillä kahden viikon aikana laskeutuneesta pölystä suoraan huonepinnoilta, jotka mittausjakson alkaessa oli puhdistettu. Kuitujen lukumäärä laskettiin valomikroskoopin avulla akkreditoitussa laboratorioissa (TY Aerobiologia).

Teollisten mineraalikuitujen viitearvot

Teollisten mineraalikuitujen toimenpiderajana on kahden viikon pölylaskeumasta määritettyä 0,2 kuitua/cm² (3).

Tuloksena ilmoitetaan tutkittavasta tilasta otettujen näytetulosten keskiarvo, jota verrataan toimenpiderajaan mittausepävarmuus huomioon ottaen. (2)

Teollisia mineraalikuituja ovat mm. keraamiset kuidut, eristevilla- ja lasikuidut. Keraamisia kuituja tavataan pääasiassa teollisuudessa (metalliteollisuus, energiantuotanto), joten niiden esiintyminen toimistoympäristössä on epätodennäköistä. Eristevillojen pääkäyttötarkoitus on lämmön tai äänen eristys. Kuidut ovat epäsäännöllisen muotoisia ja kokoisia. Niitä valmistetaan keräyslasista (lasivilla), kiviaineksesta (vuorivilla eli kivivilla) ja kuonasta (kuonavilla). Villatuotteet myydään levyinä, mattoina tai kouruina. Eristevillakuitujen poistumisaika elimistöstä on muutamia viikkoja tai kuukausia; ne eivät todennäköisesti aiheuta pitkäaikaisia terveysvaikutuksia. Eristevillakuidut aiheuttavat ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä, ja ne saattavat altistaa ylähengitysteiden tulehduksille. Eristevillakuiduissa sideaineena käytetty fenoliformaldehydihartsin voi herkistää ihoa ja limakalvoja. (12)

Teollisten mineraalikuitujen lähteitä sisäympäristössä ovat esimerkiksi ilmanvaihtolaitteistojen rikkoutuneet äänenvaimentimet, vanhentuneet tai rikkoutuneet mineraalikuituiset akustiikkalevyt huonetiloissa sekä avonaiset mineraalivillaeristeet tai lämmöneristekerroksen kautta kulkevat ilmavuodot. (2)

2.2.4 Bulk-näytteet materiaalista

Materiaalinäytteet otettiin puhtain välinein lattiapäällysteistä sekä pintalaatasta kahdelta eri syvyydeltä. Näiden perusteella arvioitiin VOC-yhdisteiden imeytymistä betonilaataan. Näytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen akkreditoidussa työympäristölaboratoriossa.

Yleisesti hyväksytyt ja käytössä olevat haihtuvien orgaanisten eli VOC-yhdisteiden pitoisuusmäärittäytävät ovat ilmanäytteet, pintaemissionäytteet (FLEC) sekä materiaalinäytteet betonista tai lattiapäällysteestä (bulk) (13). Koulurakennuksia koskevassa Asumisterveysasetuksessa (3) annetaan toimenpiderajat sisäilman VOC-pitoisuuksille. Ilmanäytteiden perusteella ei kuitenkaan voida selvittää VOC-yhdisteiden imeytymistä betonirakenteeseen eikä betonipinnan emissionopeutta. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2) mukaan: "Alan kotimaiset toimijat ja tutkimuslaitokset ovat ohjeistaneet näytteenottokäytäntöjä betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteen korjaustarpeen arvioinnissa."

Tulosten tulkinta

Näytetulosten tulkinnassa käytettiin Työterveyslaitoksen bulk-emissioille määrittämiä viitearvoja (Taulukko 3, Sisäympäristön viitearvoja, TTL 2019).

Taulukko 3. Työterveyslaitoksen viitearvoja eri materiaalien bulk-emissioille

Materiaali/yhdiste	Viitearvo
PVC, jossa pehmittimenä DEHP (di-etyyliheksyyliftalaatti)	
TVOC	200 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	70 µg/m ³ g
PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP	
TVOC	500 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	50 µg/m ³ g
C9-alkoholit	320 µg/m ³ g
Betoni ja tasoite	
TVOC	50 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	40 µg/m ³ g

2.3 LVI-järjestelmien tutkimukset

2.3.1 Ilmamäärämittaukset

Tulo- ja poistoilmamääriä mitattiin pistokoemaisesti pääte-elimistä SwemaFlow 126 -huppumittarilla, säätöpel-leistä paine-eromenetelmällä (Swema 3000md) ja/tai kanavista pitot-putkella. Tuloksia verrattiin suunnittelu-arvoihin, Asumisterveysasetukseen ja sen soveltamisohjeeseen sekä tarvittaessa rakennusajankohtana voimassa olleisiin rakennusmääräyksiin.

Ilmanvaihdon ohjearvot

Ulkoilmavirran tulee olla kouluissa, päiväkodeissa ja muissa vastaavissa oleskelutiloissa käytön aikana vähintään 6 dm³/s henkilöä kohden. Ulkoilmavirta saa kuitenkin olla 4 dm³/s henkilöä kohden, jos varmistutaan siitä, että sisäilman epäpuhtauspitoisuudet tai lämpötila eivät nouse niin suuriksi, että ne aiheuttavat terveyshaittaa taikka kosteus nouse niin suureksi, että se voisi aiheuttaa 5 §:ssä tarkoitettua mikrobikasvun riskiä. (2)

Lähtökohtaisesti ilmanvaihdon tulee täyttää ilmanvaihdolle asetetut rakennusluvan aikana voimassa olleet Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 annetut määräykset. Vanhoissa rakennuksissa, joissa on esim. painovoimainen ilmanvaihto tai muu ilmanvaihtojärjestelmä, jota ei ole suunniteltu 6 dm³/s/hlö vaatimuksen mukaisesti, voidaan kuitenkin sallia ilmanvaihto, joka on vähintään 4 dm³/s/hlö. Tällöin on kuitenkin erikseen huolehdittava siitä, että terveyshaittoja ei synny kosteuslisän, lämpökuorman tai epäpuhtauksien näkökulmasta. (2)

2.3.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja teolliset mineraalikulidut

Ilmanvaihtojärjestelmää, sen puhtautta ja mahdollisia teollisten mineraalikulidujen lähteiden olemassaoloa järjestelmässä selvitettiin pistokoemaisesti tuloilmakoneisiin ja -kanaviin tehdyin visuaalisin tarkastuksin LVI 39-10409 -ohjekorttia (14) soveltaen. Käytössä olevien ilmanvaihtojärjestelmien puhtauteen sovellettavat puhtauskriteerit ja niiden tarkastusmenetelmät on esitetty kootusti taulukossa 4. Visuaalisen tarkistuksen tueksi kerättiin geeliteippinäytteitä tuloilmakanavista. Kulidujen lukumäärät laskettiin valomikroskoopin avulla akkreditoitussa laboratorioissa (TY Aerobiologia, TTL).

Taulukko 4. Käytössä olevien ilmanvaihtojärjestelmien puhtauteen sovellettavat puhtauskriteerit ja niiden tarkastusmenetelmät (14).

Tarkastettava tekijä	Puhtausluokka P1/P1v	Puhtausluokka P2/P2v	Tarkastusmenetelmä
Tuloilmakanaviston ja tuloilmakoneen keskimääräinen pölykertymä	alle 2,0 g/m ²	alle 5,0 g/m ²	Visuaalinen puhtausasteikko ja rajata-pauksessa suodatinkeräys.
Yksittäisen tarkastuspisteen pölykertymä	alle 4 g/m ²	alle 10 g/m ²	Visuaalinen puhtausasteikko ja rajata-pauksessa suodatinkeräys.
Karkea lika (metallijäysteet, rakennusmateriaalit yms.)	Saa esiintyä pieniä määriä siellä täällä paikallisesti.	Saa esiintyä pieniä yksittäisiä kasoja, mutta ei yhtenäistä vanaa.	Visuaalinen asteikko (karkea lika).
Ilmanvaihtokoneesta peräisin olevat voiteluainejäämät	Ilmanvaihtokoneesta peräisin olevat voiteluainejäämät on puhdistettava.		Visuaalinen puhtausasteikko (ilmanvaihtokoneesta peräisin olevat voiteluainejäämät).
Ilmanvaihtotuotteiden valmistuksessa tuotteisiin jääneet voiteluainejäämät	Jos järjestelmässä ei ole käytetty M1-luokiteltuja ilmanvaihtotuotteita, järjestelmä ei voi olla öljyjäämien osalta P1- tai P2-järjestelmä. Järjestelmän puhtausluokka on P1v tai P2v.		Järjestelmän asennusdokumentit (P1, P2 vai luokittelematon järjestelmä) ja visuaalinen puhtausasteikko (ilmanvaihtokoneen voiteluainejäämät).
Päätelaitteiden pinnoilla oleva pölykertymä	Pölyyn ei saa jäädä selkeää jälkeä sormella vedettäessä.	Pöly ei saa kasaantua sormella pyyhkäistessä.	Silmämääräinen arvio, jonka tukena sormipyyhkäisy.
Kuitulähteet	Järjestelmässä ei saa olla merkittäviä kuitulähteitä.		Mahdolliset kuitulähteet kartoitetaan visuaalisesti arvioimalla äänenvaimentimien kuntoa (MIV-konsepti: äänenvaimentimien kunnostus). Tarvittaessa tehdään/teetetään tarkempia tutkimuksia.
Mikrobilähteet	Järjestelmässä ei saa olla merkittäviä mikrobilähteitä.		Mahdolliset mikrobilähteet kartoitetaan visuaalisesti arvioimalla järjestelmässä olevaa kosteutta tai kosteusjälkiä. Tarvittaessa tehdään tarkempia tutkimuksia.

Teollisten mineraalikuitujen viitearvot

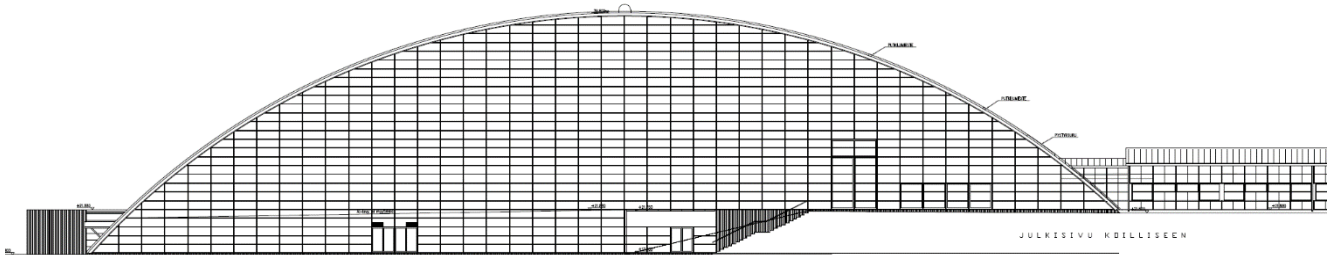
Tuloilmakanavien pinnoilta otettujen geeliteippinäytteiden teollisten mineraalikuitujen pitoisuuksille ei ole olemassa viitearvoja asunnoille, kouluille tai päiväkodeille. Työterveyslaitoksen havaintoaineistossa lähinnä toimistorakennusten tuloilmakanavien sisäpinnoilta otettujen teippinäytteiden pitoisuudet ovat olleet keskimäärin 10 - 30 kuitua/cm². (15) Aineisto perustuu pääosin vanhemmista ja mahdollisesta kuituongelmasta kohteista otettuihin näytteisiin, jotka on useimmiten otettu puhdistamattomista kanavista. Kymmenien kuitujen esiintyminen neliösenttimetriä kohden tuloilmakanavien pinnoilla on aina merkki mahdollisesta kuitulähteestä. (16)

3 Rakennetekniset tutkimukset

3.1 Rakennuksen ulkopuoliset havainnot

Rakennuksen kattovedet ohjataan pääosin asfaltoiduille piha-alueille. Maan pinnan kallistukset ovat vähäisiä ja paikoin kohti rakennusta, lattiapinnat ovat molemmissa kerroksissa lähes maanpinnan tasossa. Salaojien tarkastuskaivoja havaittiin ainoastaan koillisseinustalla, jossa rakennuksen perusmuurin ulkopuolella kulkevat putket on uusittu. Rakennuksen alta tulevat salaojaputket ovat alkuperäisiä ja ylittäneet teknisen käyttöikänsä. Salaojat tulee uusida ja samassa yhteydessä maanpinnan muotoilu, maanvastaisten seinien lämmön- ja kosteuseristys sekä hulevesien ohjaus tulee toteuttaa nykyisten määräysten ja ohjeistusten mukaisesti. Yläpohjan puupalkkien ulkoseinälinjan ulkopuolelle jatkuvissa osissa on säärasituksen aiheuttamia tummentumia ja ainakin paikallisia lahovaurioita. Niiden kunto tulee tarkastaa lisätutkimuksin ja kunnan seuranta lisätä huolto-ohjelmaan.

Rakennus on perustettu pääosin paalujen ja osin maan varaan loivasti kaakkoon laskevaan rinteeseen (Kuva 7). Piha-alueet ovat pääosin asfaltoituja (Kuvat 8 - 10). Luoteen ja lounaan puoleisilla seinustoilla pihakansien päällä on betonilaatoitus (Kuva 11). Maanpinta on käytännössä samassa korossa lattioiden kanssa ja sen kallistukset rakennuksen seinustoilla ovat vähäiset, paikoin kohti rakennusta. Kattovedet johdetaan joko suoraan tai rännien ja syöksyjen kautta piha-alueille.



Kuva 7. Kupittaaan urheiluhalli sijaitsee loivasti kaakkoon laskevassa rinteessä (julkisivukuva koilliseen).



Kuva 8. Luoteen puolella piha-alue on asfaltoitu, räystään alla pihakannen päällä on betonilaatoitus.



Kuva 9. Koillisen ja kaakon puolella pihan asfaltointi ulottuu ulkoseinälinjalle.



Kuva 10. Koillisen puolella pohjoispäädyssä piha on asfaltoitu, maanpinta on lähes kenttäkerroksen lattian tasossa.

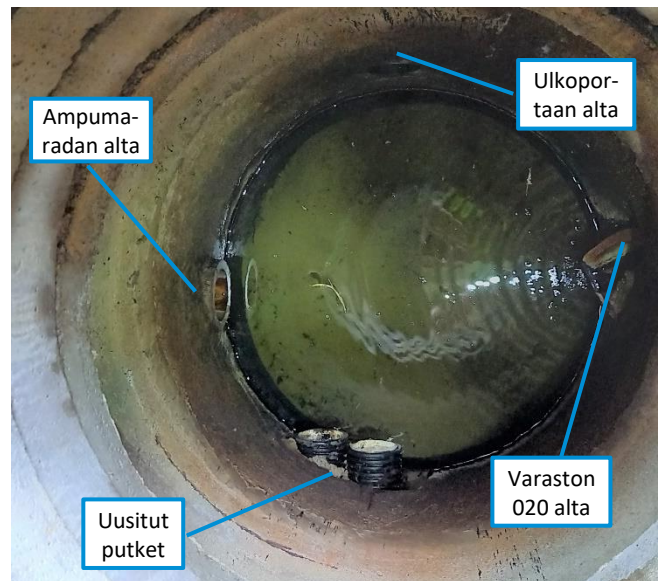


Kuva 11. Ilmanvaihtokonehuoneiden päällä oleva pihakansi on päällystetty betonilaatoituksella pääovien edustalla.

Ampumaradan sisäänkäynniltä nousevat huonokuntoiset ulkoportaat on otettu pois käytöstä (Kuva 12). Portaiden juuressa tuulikaapin 022 edustalla on salaojan tarkastuskaivo. Rakennuksen, ulkoportaiden ja "ulkovaraston" 020 alta tulevat salaojaputket ovat alkuperäisiä. Portailta ulkoseinälinjan suuntaisena kaakkoon kulkeva putki on uusittu (Kuva 13). Putkien alareuna on n. 1550 mm maanpinnan (ja samalla pohjakerroksen lattiapinnan) alla. Kaivon pohjalle valui vettä varaston 020 alta tulevasta rikkoutuneesta putkesta tai sen ja kaivon liittoksesta. Keilahallin kokoustilan 040/1 edustalla olevasta kaivosta todettiin ulkoseinälinjan suuntaiset uusitut putket sekä keilahallin alta tuleva alkuperäinen putki (Kuvat 14 ja 15). Rakennuksen muilta seinustoilta tarkastuskaivoja ei havaittu - niitä ei ole tai ne ovat asfaltin alla.



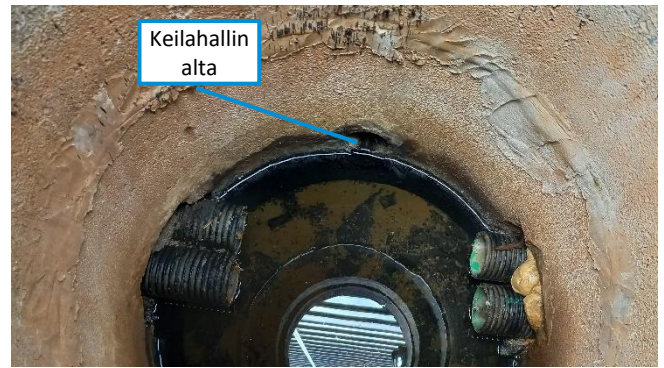
Kuva 12. Ampumaradan sisäänkäynniltä lähtevät huonokuntoiset portaat on otettu pois käytössä (aidattu yläpäästään). Portaiden juuressa on salaojien tarkastuskaivo.



Kuva 13. Portailta ulkoseinälinjan suuntaisena kohti parkki-paikkoja (kaakkoon) vievä putki on uusittu. Rakennuksen, ulkoportaiden ja varaston 020 alta tulevat putket ovat alkuperäisiä.

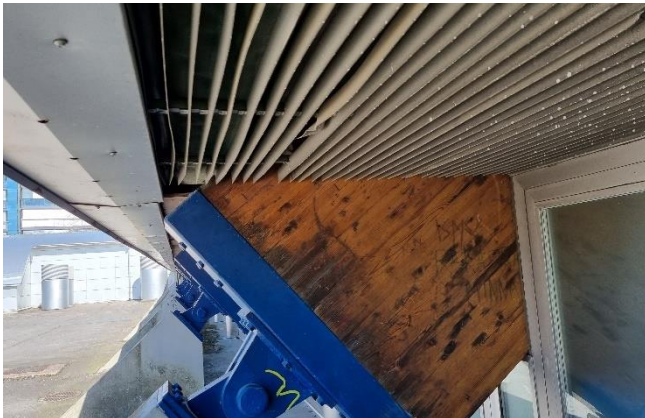


Kuva 14. Salaojan tarkastuskaivojen sijainnit koillisella seinustalla (keilahallin edusta).

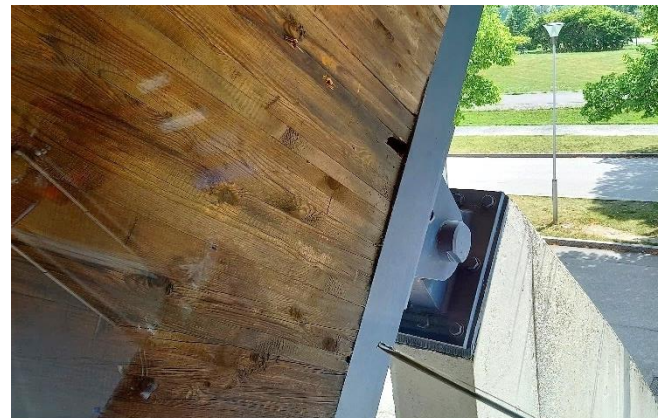


Kuva 15. Kokoustilan edustalla oleva tarkastuskaivo.

Rakennuksen yläpohjan puupalkit ulottuvat ulkoseinälinjan ulkopuolelle (kuvat 8, 16 ja 17). Palkkien pinnat ovat monin paikoin tummuneet, yhden palkin kaakon puoleisessa päässä oli selvä lahovaurio (ks. kappale 3.8).



Kuva 16. Katon liimapuupalkit ulottuvat ulkoseinälinjan ulkopuolelle. Luoteen puoleisen seinustan palkkien pinnat ovat paikoin tummuneet säärasituksen vaikutuksesta.



Kuva 17. Kaakon puolella palkissa havaittiin lahovaurio.

3.2 Kosteusmittaukset

3.2.1 Pintakosteuskartoitus

Pohjakerroksen muovimattopäällysteisissä tiloissa havaittiin pintakosteuskartoituksessa laajoilla alueilla kosteuspoikkeamia ja väliseinien alaosissa monin paikoin kosteusvauriojälkiä. Pihakansien alle jäävissä teknisissä tiloissa 001 - 003 ja 038 havaittiin katossa, maanvastaisissa seinissä ja lattiassa runsaasti kosteusvauriojälkiä, jotka pintakartoituksen perusteella olivat märkiä.

Rakennuksen kivipinnoille tehdyssä pintakosteuskartoituksessa havaittiin pohjakerroksen lattioissa laajoilla alueilla poikkeavaan kosteuteen viittavia lukemia. Havainnot on kirjattu liitteen 1 pohjakuviin ja esitetty tässä esimerkinomaisesti. Kartoituksen havaintojen perusteella valittiin tarkemmat viilto- ja rakennekosteusmittauspisteet.

Eryteisesti muovimattopäällysteisissä kuntosalien pukuhuone- ja käytävätiloissa sekä kuntosaleissa 051 ja 052 lukemat olivat systemaattisesti koholla (kuvat 18 ja 19). Paikoin myös tiiliväliseinien alaosissa oli jälkiä poikkeavasta kosteusrasituksesta (esim. kuvat 20 ja 21).



Kuva 18. Muovimattopintaisten pukuhuoneiden lattioissa havaittiin pintakosteuskartoituksessa laajoilla alueella poikkeavaa kosteuteen viittaavia lukemia.



Kuva 19. Myös pukukoppikäytävän 090 ja kuntosaleille vievän käytävän 050 lattiassa havaittiin kosteuspoikkeamia.



Kuva 20. Kosteusjälkiä käytävän 050 väliseinän alaosassa.



Kuva 21. Kosteusjälkiä WC-tilassa 073.

Keilahallin kahviossa havaittiin kartoituksessa selkeitä kosteuseroja (Kuva 22). Ampumaradan maalattujen betonilattioiden pintakosteuslukemat olivat pienempiä kuin muovimatollisissa tiloissa, perustusten kohdalla kuitenkin selvästi koholla (Kuva 23).

Ampumaradan viereisissä teknisissä tiloissa havaittiin maanvastaisissa seinissä sekä pihakannessa (katossa) monin paikoin kosteusvaurioita, jotka pintakosteusosoittimen havaintojen perusteella olivat edelleen märkiä (esimerkkeinä Kuvat 24 ja 25).



Kuva 22. Keilahallin kahvioissa sekä katsomon ylimmän tasanteen kohdalla (pallotelineen takana) lattianssa havaittiin kartoituksessa selviä kosteuseroja.



Kuva 23. Ampumaradalla pintakosteudet olivat koholla lähinnä perustusten (pilarien) läheisyydessä.



Kuva 24. IV-konehuoneen 001 lattian ja maanvastaisen seinän kosteusvaurioita, jotka pintakosteudenosoittimen perusteella olivat mittaushetkellä märkiä.



Kuva 25. Ampumaradan tauluvarastossa 005 pihakannen alle jäävän katonosan kosteusvaurioalue oli tutkimushetkellä märkä.

3.2.2 Viilto- ja rakennekosteusmittaukset

Pintakosteuskartoituksen havainnot varmennettiin viiltomittauksin, joissa poikkeavilla kosteusalueilla liimatilojen kosteudet olivat selvästi poikkeavat. Poikkeava kosteus on johtanut päällysteiden ja niiden liimojen kemialliseen vaurioitumiseen sekä paikoin liiman mikrobivaurioihin. Rakennekosteusmittauksissa todettiin maaperästä siirtyvän kosteutta alapohjarakenteisiin, joka poikkeavilla kosteusalueilla pääsee siirtymään rakenteen pintaosiin rakenteiden muovikerroksista huolimatta. Rakenteissa kosteuseristyksenä käytetyn bitumisivelyn tekninen käyttöikä on ylittynyt jo kauan sitten. Vaurioituneet lattiapäällysteet tulee poistaa ja rakenteet korjata kosteusteknisesti toimiviksi ennen uusien päällysteiden asennusta.

Pintakosteuskartoituksen havainnot kosteuspoikkeamista varmennettiin lattiapäällysteisissä tiloissa viiltomittauksin **V1 - V12**. Lisäksi selvitettiin koko rakenteen kosteusjakamaa eri syvyyksille tehdyin porareikämittauksin. Kosteusmittausten tulokset on esitetty taulukoissa 5 ja 6. Viiltomittausten tulosten yhteydessä on annettu myös pintakosteudenosoittimen lukemat (pko: asteikko 0 - 199), joiden todettiin vastaavan erittäin hyvin toisiansa: kartoituksessa kosteaksi todetuilla alueilla myös lattiapäällysteiden liimatiloissa suhteelliset kosteudet olivat erittäin korkeita (yli 90 %). Vertailualueilla liimatilan suhteellisen kosteudet jäivät selvästi pienemmiksi (50 - 73 %). Poikkeava kosteus oli johtanut myös aistinvaraisesti selvästi todettavaan (haju, liiman väri ja koostumus

sekä päällysteen kiinnittyneisyys alustaan) maton ja sen liiman kemialliseen vaurioitumiseen (**Kuva 26.** ja **Kuva 27.**). Kahdessa viiltomittauksessa (**V5** - pukuhuone 066 ja **V11** - kuntosali 051) liimatilasta havaittiin lisäksi voimakasta mikrobiperäistä hajua. Viiltomittauskohdan **V5** mattoliimasta otetussa materiaalinäytteessä **M11** todettiin aktiivista mikrobikasvua (taulukko 7).

Taulukko 5. Yhteenveto viilto- ja rakennekosteusmittausten tuloksista (pko = pintakosteusosoittimen lukema 0 - 199). Viiltomittaukset 20.6. ja porareikämittaukset 20. - 23.6.2022.

Porareikien teko: 20.6.2022		Anturien asennus: 23.6.2022			Tulosten luenta: 23.6.2022			
Huone	Rakenneosa (laatan paksuus d)	mittapiste	mittaus- syvyys [mm]	RH [%]	t [°C]	a [g/m ³]	anturi nro	Tulkinta
042	Katsomo, pko 71, matto kiinni	V1	viilto	73,2	21,4	13,7	KA26	Normaali
	Katsomo, pko 99, matto irti	V2	viilto	93,9	21,2	17,4	KA25	Poikkeava
041	Aula, pko 64, matto kiinni	V4	viilto	70,7	21,5	13,3	KA26	Normaali
			<i>ilma</i>	44,9	21,7	8,6	KA06	
040	Kahvio, pko 99, matto kiinni	V3	viilto	94,5	21,9	18,2	KA25	Poikkeava
		PR3.1	18	91,0	25,5	21,6	KA02	Poikkeava
		PR3.2	33	94,7	25,4	22,3	KA05	
		PR3.3	68	94,9	25,2	22,1	KA01	
		PR3.4	220	97,3	24,2	21,4	KA20	
		<i>ilma</i>	63,3	26,0	15,4	KA01		
	Kahvio, AP1, vertailumittaus	PR4.1	19	61,4	25,5	14,5	KA03	Normaali
		PR4.2	34	64,4	25,3	15,1	KA06	
PR4.3		63	70,7	25,1	16,4	KA17		
066	Pkh, pko 112, irti, mikrobihaju	V5	viilto	97,5	20,4	17,3	KA25	Poikkeava
		PR5.1	18	94,9	23,1	19,6	KA19	Poikkeava
		PR5.2	36	96,2	23,0	19,8	KA06	
		PR5.3	48	96,5	23,0	19,8	KA22	
		<i>ilma</i>	78,1	23,4	16,4	KA04		
	pkh, oven edusta, pko 58, kiinni, vertailumittaus V5:lle	V6	viilto	50,6	20,6	9,1	KA26	Normaali
			<i>ilma</i>	44,8	21,1	8,3	KA06	
pkh, oven edusta, vertailumittaus PR5:lle	PR6.1	19	56,6	23,3	11,8	KA19	Normaali	
	PR6.2	37	62,2	23,2	12,9	KA22		
	PR6.3	57	61,2	23,1	12,7	KA04		
097	pkh 3, keskilattia, pko 107, irti	V7	viilto	93,7	20,3	16,5	KA26	Poikkeava
		V8	viilto	52,8	19,9	9,1	KA25	Normaali
	pkh 3, keskilattia AP1: muovimatto - tasoite - betoni - hiekka - bitumi - betoni		<i>ilma</i>	58,4	20,2	10,2	KA06	
		PR7.1	17	89,0	24,2	19,6	KA04	Poikkeava
		PR7.2	34	93,2	23,9	20,2	KA05	
		PR7.3	55	95,0	23,8	20,5	KA01	
	<i>ilma</i>	70,2	25,0	16,2	KA02			

Taulukko 6. Yhteenveto viilto- ja rakennekosteusmittausten tuloksista (pko = pintakosteusosoittimen lukema 0 - 199). Viiltomittaukset 20.6. ja porareikämittaukset 20. - 23.6.2022.

Huone	Rakenneosa (laatan paksuus d)	mittapiste	mittaus- syvyys [mm]	RH [%]	t [°C]	a [g/m ³]	anturi nro	Tulkinta
050	Käytävä, pko 110, AP1: betoni 80 - hiekka - betoni	PR8.1	18	94,1	25,0	21,7	KA06	Poikkeava
		PR8.2	36	93,9	24,6	21,2	KA19	
		PR8.3	65	96,0	24,4	21,4	KA22	
		<i>ilma</i>		70,2	25,0	16,2	KA02	
052	kuntosali, IVKH vast. väliseinän edestä, pko 74, heikosti kiinni	V9	viilto	52,8	21,8	10,1	KA25	Normaali
		<i>ilma</i>		54,5	21,8	10,5	KA06	
	keskilattia, pko 108, irti kuntosali, salin 051 vastaisen väliseinen vierestä: AP5: muovimatto - tasoite -betoni 80 - EPS 100 - betoni	V10	viilto	75,1	22,0	14,6	KA26	Koholla
		PR9.1	19	75,7	26,3	18,8	KA22	
		PR9.2	32	79,7	26,1	19,5	KA06	
		PR9.3	63	83,0	26,0	20,2	KA02	
		PR9.4	197	94,8	22,6	19,1	KA01	
<i>ilma</i>		70,0	26,8	17,8	KA19			
051	Kuntos. Pko 68, kiinni pko 98, irti, mikrobihaju	V11	viilto	68,7	21,6	13,0	KA25	Normaali
		V12	viilto	90,1	21,1	16,6	KA26	Poikkeava
		<i>ilma</i>		55,9	21,5	10,5	KA06	
001	IVKH, pko 125, AP3: betoni 100 - bitumisively - betoni 180	PR1.1	14	96,1	19,1	15,8	KA06	Poikkeava
		PR1.2	42	97,4	18,6	15,5	KA01	
		PR1.3	75	96,3	18,2	15,0	KA21	
		<i>ilma</i>		73,2	19,3	12,1	KA19	
015	Ilma-aserata: pko 90, AP1: maali - betoni 80 - muovi - hiekka 120 - muovi - betoni - täyttö	PR2.1	16	74,3	20,5	13,2	KA17	Poikkeava
		PR2.2	39	85,3	20,5	15,2	KA05	
		PR2.3	80	87,3	20,4	15,5	KA20	
		<i>ilma</i>		73,2	19,3	12,1	KA03	



Kuva 26. Viiltomittauksessa V5 liima oli tummunut ja liimatilasta havaittiin mikrobiperäistä hajua.



Kuva 27. Myös viillossa V12 liimassa oli selvä värimuutos ja liimatilasta havaittiin mikrobiperäistä hajua.

Alapohjarakenteen AP1 (kappale 3.3) kosteusjakauman selvittämiseksi tehtiin porareikämittaukset **PR2, PR3, PR5, PR7** ja **PR8** pintakartoituksessa ja viiltomittauksissa todetuille poikkeavan kosteuden alueille sekä vertailumittauksina **PR4** ja **PR6** kuiville alueille. Ampumaradan pilarin juureen tehty mitta **PR2** poikkesi muista siten, että pintalaatan päällä oli muovimaton sijaan vain maalikerros (Kuvat 28 ja 29). Rakennekosteudet olivatkin tässä kaikilla mittaussyvyyksillä pienemmät kuin muissa mittapisteissä, mutta rakenteen ikä huomioon ottaen poikkeavan korkeita. Rakenteen oli hieman kuivempi yläpinnastaan. Tulosten perusteella alapohjarakenteeseen siirtyä rakenteesta olevista muovikerroksista huolimatta maaperästä kosteutta erityisesti perustusten kohdalta. Kosteus pääsee kuitenkin haihtumaan pintalaatasta maalikerroksen läpi sisäilmaan. Pohja- ja pintalaatan välissä kosteusolosuhteet (RH 87 %) mahdollistavat kuitenkin mikrobikasvun.



Kuva 28. Porareikämittauksissa reiät porattiin, putkitettiin, puhdistettiin imuroimalla ja tulpattiin 20.6.2022.



Kuva 29. Ampumaradan porareikämittauksen **PR2** tulokset luettiin 23.6.2022

Muovimattopäällysteisissä tiloissa märillä alueilla alapohjan kosteudet olivat yli 90 % koko rakenteen paksuudella. Mittaustarkkuudella kosteussisällöt (absoluuttinen kosteus a [g/m^3]) ovat yksittäisissä mittauksissa samoja koko rakenteen paksuudelta. Tulosten perusteella maaperästä kulkeutuu alapohjarakenteisiin kosteutta, joka ei pääse merkittävästi haihtumaan sisäilmaan tiiviin lattiapäällysteen kautta. Poikkeava kosteus on johtanut lattiapäällysteen ja sen liiman kemialliseen vaurioitumiseen ja paikallisesti myös mikrobivaurioihin. Vertailumittauksissa kartoituksissa kuiviksi todetuilla alueilla rakenteen kosteudet olivat selvästi pienemmät (RH 56 - 71 %). Rakenneavauksin (kpl 3.3.) sekä porareikien teon yhteydessä todetut erot rakenteissa eivät täysin selitä havaittuja kosteuseroja etenkin keilahallin kahvion alueella. Maaperästä alapohjarakenteisiin aiheutuva kosteuseritys vaihtelee todennäköisesti täyttöaineksen ominaisuuksien sekä täytön ja betonilaatan välissä paikoin olevan ilmvälän vuoksi. Rakenteessa hiekkakerroksen molemmiin puolin vaihtelevasti käytetyt muovikerrokset eivät ilmeisesti ainakaan enää ole yhtenäiset eivätkä estä kosteuden nousua rakenteen läpi.

Teknisten tilojen alapohjarakenteeseen AP3 tehdyllä porareikämittauksella **PR1** (Kuva 30) todettiin kosteusjälkien kohdalta rakenteen olevan koko vahvuudeltaan märkä (RH yli 95 %). Rakenteessa kosteuseristeenä olevan bitumisivelyn tekninen käyttöikä – 20 vuotta (viite 17) – on ylittynyt jo 1990-luvulla.

Kuntosalissa 052 alapohjarakenteessa AP5 on betonilaattojen välissä EPS-eriste (kappale 3.3). Viiltomittausten **V9** ja **V10** tulokset vastasivat pintakartoituksessa havaittuja kosteuseroja, joskin tuloksiin vaikutti jonkin verran tilan vanha ja erittäin hauras matto (Kuva 31). Porareikämittauksessa **PR9** kosteuksien todettiin olevan rakenteen arvioituun ikään nähden lievästi koholla.



Kuva 30. Porareikämittauksessa **PR1** todettiin IV-konehuoneen 001 alapohjarakenteen kosteuden olevan koko vahvuudeltaan poikkeava.

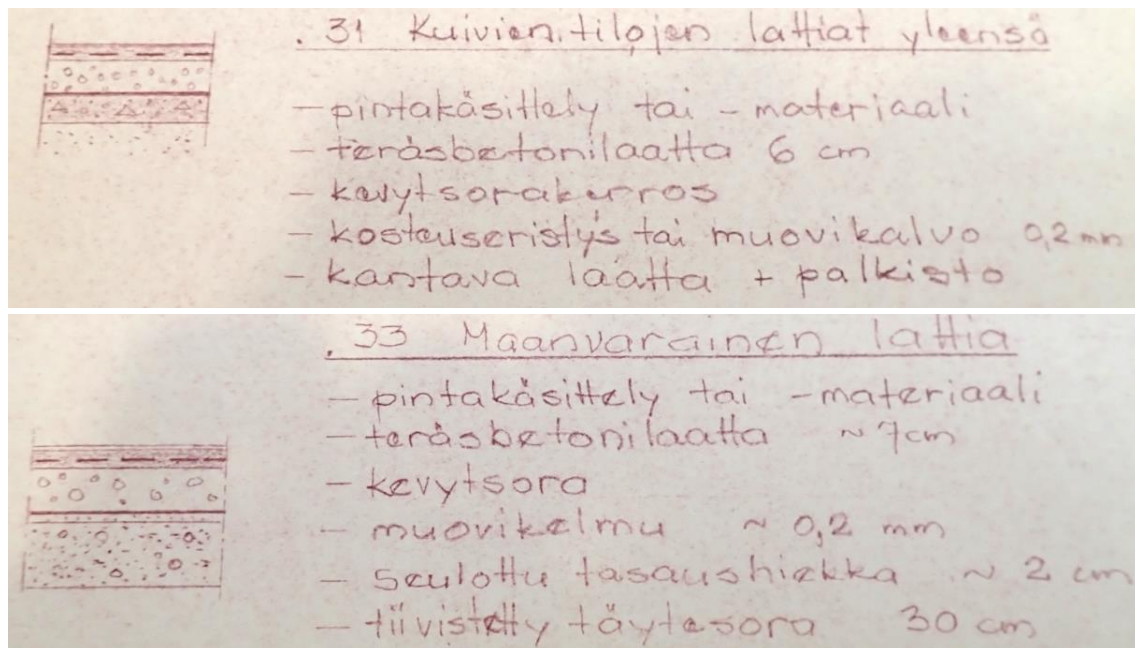


Kuva 31. Kuntosalin 052 iäkäs matto oli erittäin hauras, mikä saattoi vaikuttaa jonkin verran pintakosteushavaintoihin ja viiltomittausten tuloksiin.

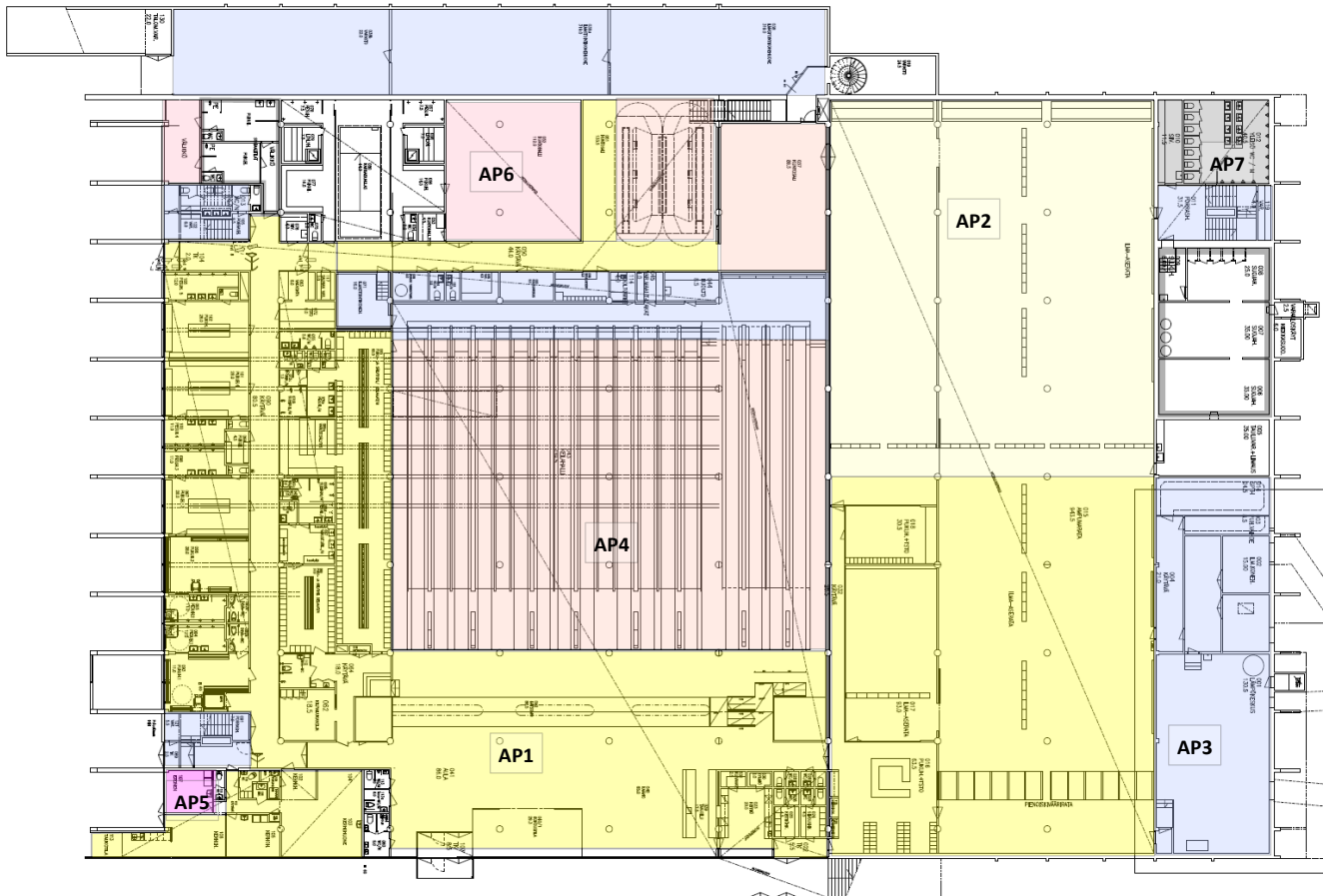
3.3 Alapohjat

Rakennuksen alkuperäisen osan alapohjarakenteet on jo alkuaan toteutettu suunnitelmista poikkeavasti, yksittäisissä tiloissa rakenteita on myös muutettu tilan käyttötarkoituksen muuttuessa. Pääosin rakenteet ovat lämmöneristämättömiä eikä kosteuden nousua hienoaineisesta ja aistinvaraisesti märästä maaperästä rakenteeseen ole estetty. Rakenteissa on vaihtelevasti eri kerroksissa muovikalvoja sekä runsaasti PAH-yhdisteitä sisältäviä bitumisivelyjä, joiden tekninen käyttöikä on ylittynyt reilusti. Nämä eivät ainakaan enää estä kosteuden nousua rakenteiden pintaosiin, mikä on johtanut tiiviiden lattiapäällysteiden ja niiden liimojen vaurioitumiseen laajoilla alueilla. Lisäksi suuressa osassa rakenteita suunnitellun kevytsorakerroksen tilalla olevassa hiekkatäytössä kosteusolosuhteet mahdollistavat mikrobikasvun.

Rakennuksen alapohjarakenteina on lähtötietojen mukaisesti eri koroissa olevia sekä maanvaraisia (länsinurkka) että kantavia betonirakenteita. Rakenneavauksin todetut alapohjarakenteet poikkesivat kuitenkin selvästi lähtötiedoista (Kuva 32). Lähtötiedoissa alkuperäiseen osaan esitettyä kolmea alapohjarakennetta ei havaittu sellaisenaan yhdessäkään pohjakerroksen alapohjaan tehdystä 40 rakenneavauksesta. Näissä todettiin seitsemää kosteusteknisesti erilaista alapohjarakennetyyppiä. Yksittäisten rakennetyyppien sisälläkin oli eroja rakennevahvuuksissa, kosteuseristyksen toteutuksissa sekä päällysteissä. Eri rakennetyyppien esiintymistä on arvioitu karkeasti kuvassa 33 sekä liitteen 2A pohjakuvassa, johon on merkitty myös rakenneavauskohdat.



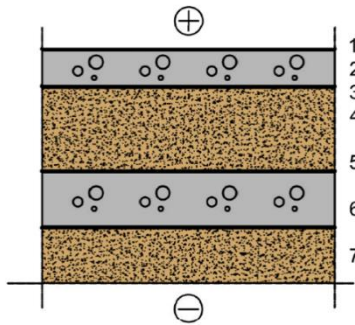
Kuva 32. Lähtötietojen (1971) mukaiset alapohjatyyppit. Kosteissa tiloissa suunnitelmien mukainen rakenne poikkesi rakenteesta 31 siten, että kosteuseristeeksi merkitty kermi oli sijoitettu pintalaatan yläpintaan.



Kuva 33. Arvio eri alapohjarakennetyyppien esiintymisestä rakennuksen pohjakerroksessa. Vuoden 2016 jälkeen uusitun saunoaston ja VSS-tilojen alapohjarakenteita ei selvitetty rakenneavauksin. Alapohjarakennetta AP8 on kenttäkerroksen juoksuputkessa.

Alapohjarakenne AP1

Rakenneavausten perusteella yleisin alapohjarakenne avausten R3, R12, R13, R30, R32, R34 ja R35 sekä pora-
reikämittausten PR2 - PR8 perusteella on esitetty kuvassa 34. Kantavan teräsbetoni-
laatan päällä on kosteuseristyksenä muovia, bitumia tai näitä molempia, muutamassa avauskohdassa ei kumpaakaan (Kuvat 35 ja 36). Mahdollinen kosteuseristys on ylittänyt teknisen käyttöikänsä (bitumisivellylle 20 vuotta) eikä pääosin enää toimi vaan sen päällä oleva hiekkakerros on laajoilta alueilta märkää. Myöskään hiekan päällä oleva muovi ei estä kosteuden nousua pintalaattaan. Kosteusmittausten perusteella (kpl 3.2) rakenne on koko paksuudeltaan märkä laajoilta alueilta tiloissa, joissa rakenteen pintamateriaali on tiivis muovimatto. Poikkeava kosteus on johtanut lattiapäällysteiden ja niiden liimojen kemialliseen hajoamiseen ja paikoin myös liimakerroksen mikrobivaurioon (**M11, PR5, PR8**). Pintalaatasta otettujen bulk-näytteiden (**B1 - B3**, kpl 3.10) perusteella vaurioituneista pintamateriaaleista ei kuitenkaan ole imeytynyt merkittävästi VOC-yhdisteitä rakenteeseen.



AP1. Pohjakerroksen alapohja (kantava laatta)

- 1 Pintamateriaali (maali, muovimatto, vinyyli-/ker.laatta)
- 2 Teräsbetonilaatta 75 - 100 mm
- 3 muovi
- 4 hiekka (pääosin märkä) 75 - 125 mm
- 5 muovi/bitumi/muovi+bitumi/ei kosteuseristystä
- 6 kantava laatta + palkisto 170 - 200 mm
- 7 täyttömaa (hienojakoinen)/ilmaväli 50 - 430 mm + täyttö

Kuva 34. Pohjakerroksen yleisimpänä alapohjarakenteena AP1 on avausten perusteella kantava laatta, jonka päällä on joko molemmin puolin tai yläpuolelta muovitettu hiekkakerros ja pintalaatta. Kantavan laatan alla on vaihtelevasti ilmatilaa hienojakoisen täyttömateriaalin päällä.



Kuva 35. Rakenneavauksesta R3 ampumaradan alapohjaan havaitaan pintalaatan ja kantavan laatan välissä kahden muovin välissä paksuhko (120 mm) hiekkakerros.

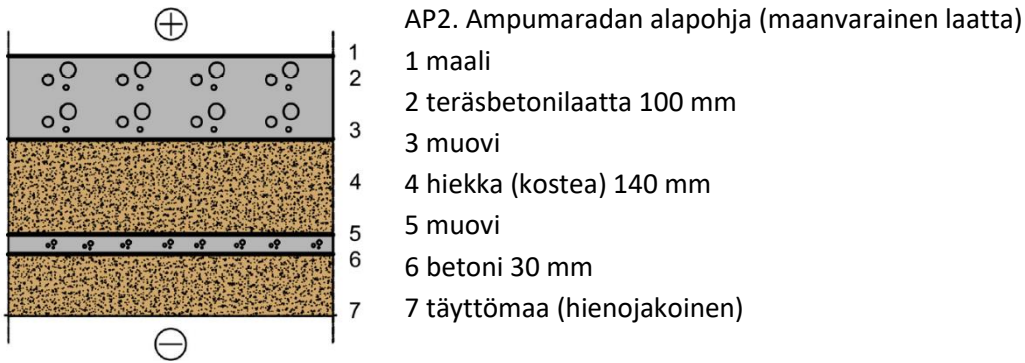


Kuva 36. Avauksen R3 pintalaatta ja sen alla ollut muovi.

Kantava laatta on paikoin kiinni hienojakoisessa täyttömaassa, pääosin laatan alla on kuitenkin ilmatilaa. Rakenneavausten kautta tehdyissä merkkiainetutkimuksissa alapohjan ilmatilasta ei kuitenkaan havaittu ilmavuotoja sisälle. Pintalaatan alapuolisesta hiekkakerroksesta havaittiin merkkiainetutkimuksin ilmavuotoa alapohjan ja ulkoseinän liittymästä sekä pilarien juuresta.

Alapohjarakenne AP2 - Ampumahallin takaosa

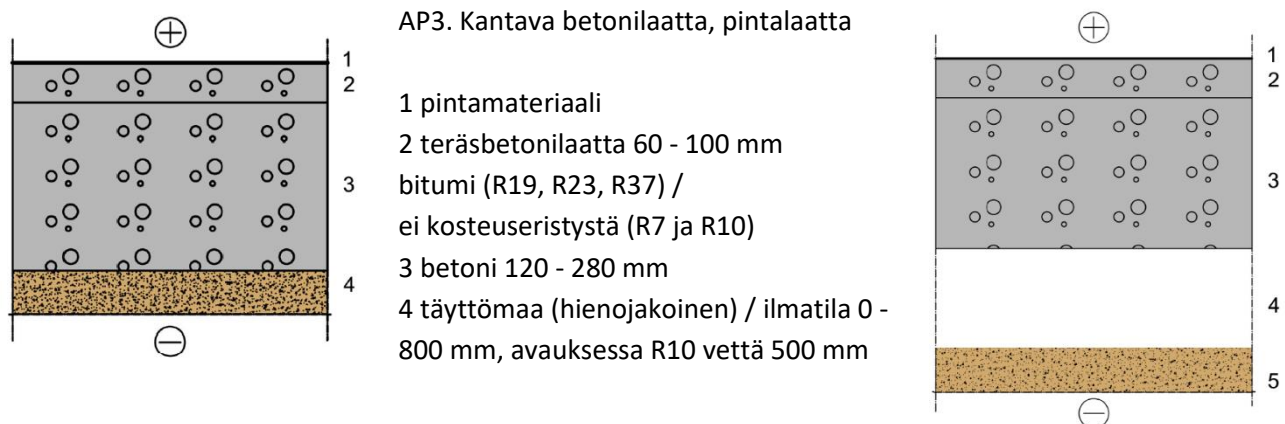
Ampumaradan "takaosassa" alapohja on lähtötietojen mukaisesti maanvarainen (kuva 37), mutta poikkeaa rakenteeltaan lähtötiedoissa esitetystä (AP33, Kuva 32). Rakenteessa kevytsorakerros on korvattu hienojakoisella hiekalla, jonka molemmin puolin on muovia. Hiekan alla on lisäksi ns. roskavalu (30 mm) hienojakoisen maatäytön päällä. Avauksesta R5 todettiin hiekka kosteaksi.



Kuva 37. Maanvarainen alapohjarakenne ampumaradan takaosassa.

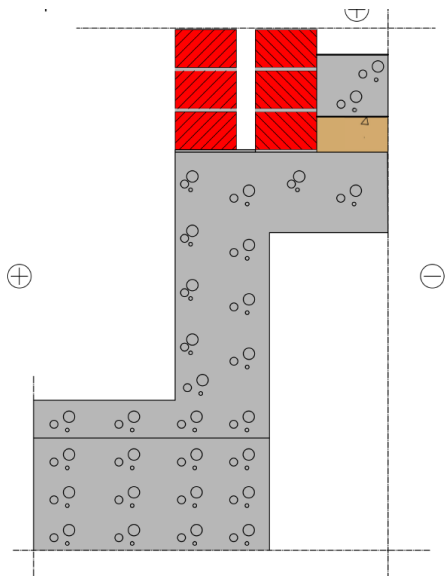
Alapohjarakenne AP3 - tekniset tilat

Teknisissä tiloissa alapohjarakenteena AP3 (Kuva 38) oli avauksen R23, R7, R10, R19 ja R37 perusteella kantava teräsbetoni-laatta (120 - 280 mm) ja pintalaatta (60 - 100 mm). Näiden välissä oli avauksissa R19, R23 ja R37 bitumisively, mutta avauksissa R7 ja R10 ei ollut mitään kosteuseristystä. Pohjalaatta oli osin kiinni hienojakoisessa täyttömaassa, mutta pääosin laatan ja täytön välissä oli ilmarakoa 20 - 820 mm. Avauksessa R10 keilahallin teknisessä tilassa 114 todettiin laatan ja täytön väliksi n. 800 mm ja täytön päällä oli n. 500 mm vettä.

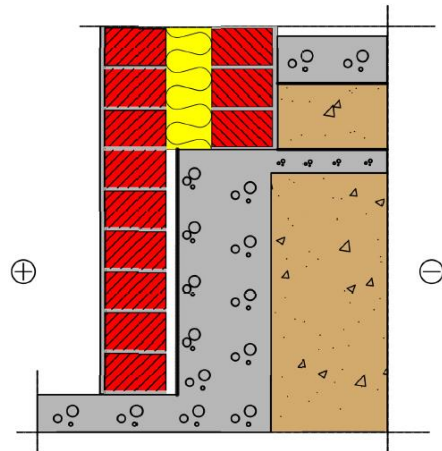


Kuva 38. Teknisten tilojen alapohjarakenne AP3, jossa maatayttö oli osin kiinni laatasta (vasen) mutta pääosin välissä oli ilmatilaa.

Alapohjarakenteen AP3 liittymät keilahallin huoltokäytävältä ylemmässä korossa oleviin kuntosalin käytävän 050 alapohjarakenteeseen AP1 ja ampumaradan 015 alapohjarakenteeseen AP2 on esitetty kuvissa (Kuvat 39 ja 40).



Kuva 39. Keilahallin teknisen tilojen alapohjarakenteen AP3 liittymä ylemmässä korossa olevaan käytävän O50 alapohjarakenteeseen AP1. Pohjalaatan ja maatyön välissä on ilmatilaa, jossa on paikoin vettä pohjalla (ei näy kuvassa).



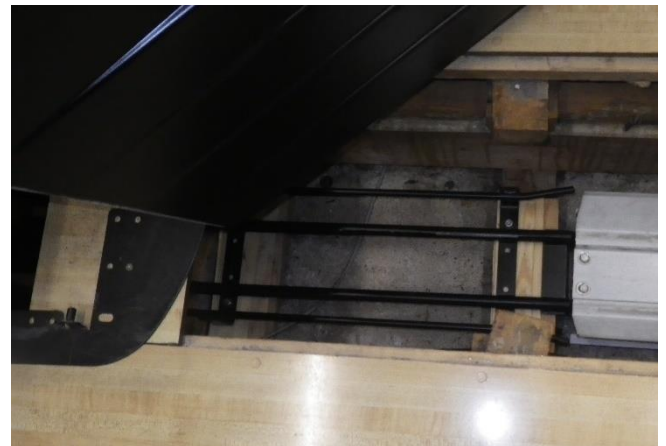
Kuva 40. Keilahallin huoltokäytävän alapohjarakenteen AP3 liittymä ampumaradan alapohjarakenteeseen AP2 (AP2 katkaistu kuvassa pintalaataan).

Alapohjarakenne AP4

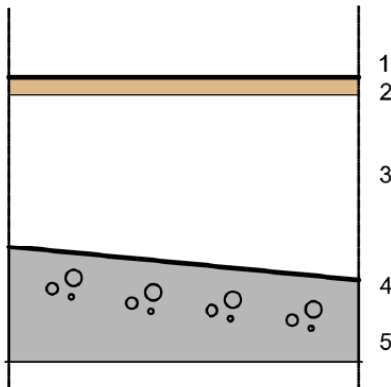
Keilaratojen O43 kohdalla sekä kuntosalissa O37 alapohjarakenteen AP3 päälle on tehty puurunkoiset asennuslattiat, jotka toteutus selvitettiin avauksin R11 ja R27 (Kuvat 41 ja 42). Kuntosalissa O51 alkuperäiset soutuallat on peitetty puurungon varaan asennetulla lastulevylattialla (Kuvat 43 ja 44). Levytyksen alle jää enimmillään noin 400 mm tuulettumaton ilmatila, jonka pohjalla todettiin purua. Ilmatilasta havaittiin lievää kemiallista ja voimakasta mikrobiperäistä hajua. Alapohjan betonirakennetta ei päästy asennuslattiaa purkamatta tarkastamaan.



Kuva 41. Kuntosalin O37 alapohjarakenne tarkastettiin asennuslattian vaneriin tehdyn avauksen R27 kautta.



Kuva 42. Keilahallin alapohjan betonirakenteisiin tehtiin avaus R11 asennuslattian huoltoluukun kautta.



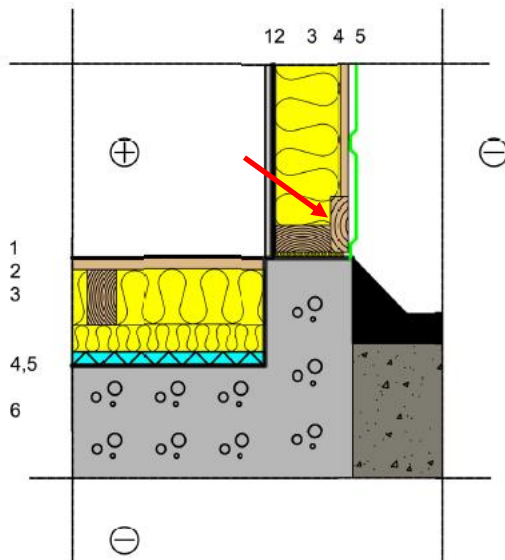
Kuva 43. Alapohjarakenne alkuperäisten soutuaitaiden kohdalla (1 muovimatto, 2 lastulevy, 3 ilmatila, 4 maali/epoksi, 5 betoni).



Kuva 44. Soutualtaan maali-/epoksinnoite on jätetty betonin pintaan. Tuulettumattomassa tilassa oli purua sekä vahva kemiallinen ja mikrobiperäinen haju.

Alapohjarakenne AP5

Rakennuksen etelänurkassa, fysioterapian eteistilassa alapohjassa on avauksen R1 perusteella myös asennuslattia. Huone on ollut alkujaan talonmiehen asunnon makuuhuone. Rakenne poikkeaa rakenteesta AP4 kuitenkin siten, että pohjalaatan pinnassa on bitumisivelyn päällä lämmöneristeenä ohut EPS-levy sekä mineraalivillaa (Kuvat 45 ja 46). Materiaalinäytteen **M1** perusteella mineraalivillassa esiintyi pieniä määriä useaa eri kosteusvaurioon viittaavaa lajistoa, mikä voi viitata mikrobikasvustoon. Bitumisivelyssä esiintyi vaarallisen jätteen raja-arvon ylittävä pitoisuus PAH-yhdisteitä (**HA.01**, haitta-ainekartoitus). Lattian eristetila ei ole kuvassa näkyvän ulkoseinäliittymän toteutuksen perusteella tiivis sisäilmaan. Ulkoseinän alaohjauspuun ulkopinnassa olevan laudan sisäpinnassa havaittiin näkyvää mikrobikasvustoa (Kuva 47) ja materiaalinäytteen **M2** perusteella seinän mineraalivillaeristeessä on aktiivista mikrobikasvua.



AP5. Tilan 107 lämmöneristetty alapohja

- 1 muovimatto
- 2 vaneri 20 mm
- 3 mineraalivilla (**M1**) & puurunko 150 mm
- 4 EPS 20 mm
- 5 bitumisively (**PAH, HA.01**)
- 6 betoni > 300 mm

Seinä rakenne:

1. kipsilevy 13 mm
2. tervapaperi
3. mineraalivilla 70 mm (**M2**)
4. kovalevy, alhaalla lauta (**sisäpinnassa mikrobikasvusto**, punainen nuoli kuvassa)
5. US-paneeli (metalli)

Kuva 45. Lämmöneristetty alapohjarakenne AP5 eteisessä 107 ja sen liittymä ulkoseinään.



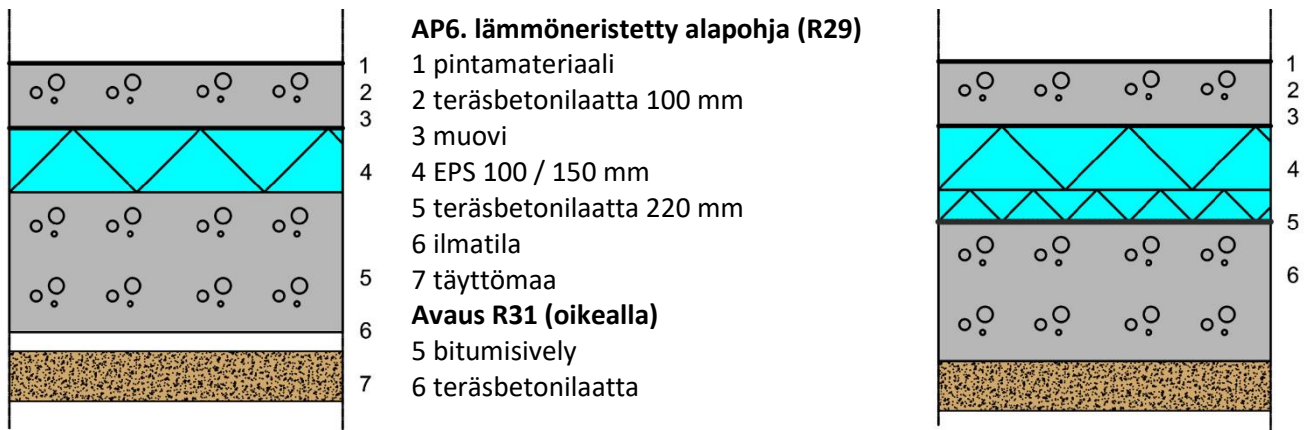
Kuva 46. Eteisen 107 asennuslattian alla oli lämmöneristeenä mineraalivillaa (M1) ja ohut EPS-levy, jonka alla betoni- laatan pinnassa runsaasti PAH-yhdistettä sisältävä bitumisely.



Kuva 47. Viereisen ulkoseinän alaohjauspuun ulkopinnassa olevan laudan sisäpinnassa on näkyvää, tummaa mikrobi- kasvustoa.

Alapohjarakenne AP6

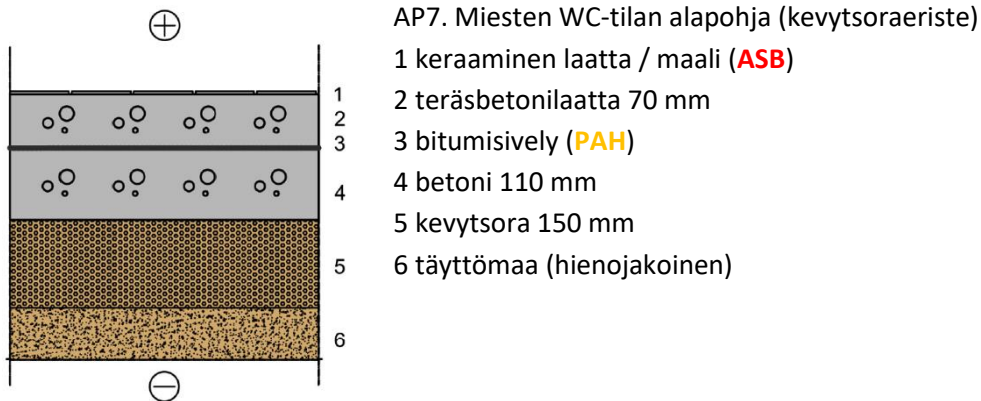
Kuntosalin 052 ja välikön 083 alapohjarakenteessa (Kuva 48) on lämmöneristeenä EPS-levy ("styrox") ja eristeen yläpinnassa muovikalvo. Välikön 083 avauksessa kantavan laatan alapinnassa oli bitumisely. Kantavan laatan alapuolella on vaihtelevasti ilmatilaa, kuten rakennuksen muissakin osissa. Rakenteessa ei ole lattiapäällysteitä lukuun ottamatta kosteudesta vaurioituvia materiaaleja



Kuva 48. Kuntosalin 052 (avaus R29, vasemmanpuoleinen kuva) ja välikön 083 (avaus R31, oikeanpuoleinen kuva) alapohjarakenteet.

Alapohjarakenne AP7

Länsinurkan miesten WC-tiloissa 012 ja siivouskomerossa 010 alapohjarakenteessa on avausten R15, R18 ja R21 perusteella täyttömaan päällä 100 - 150 mm kevytsoraeriste (Kuva 49). Eristeen päällä on WC-tilassa kantava betonilaatta, runsaasti PAH-yhdistettä sisältävä (HA.12) bitumisely, pintalaattaa ja keraaminen laatta, jonka kiinnitys- ja saumaustaeristien todettiin näytteellä HA.11 (ASB) sisältävän asbestia. Siivouskomerossa kevytsoraeristeen päällä oli vain 180 mm teräsbetonilaatta (avaus R15) lukuun ottamatta ulkoseinän vierustaa, jossa alapohjarakenteessa kulkee putkikanaali. Avauksesta R17 todettiin patteriputkien kulkevan pinta- ja pohjalaattojen välissä, putkieriste ei sisällä asbestia (HA.13). Siivousvarastosta alapohjan kevytsoraeristeestä otetussa näytteessä M17 ei havaittu poikkeavaa mikrobistoa.



Kuva 49. Alapohjarakenne AP7 miesten wc-tilassa 012 avauksen R21 perusteella.



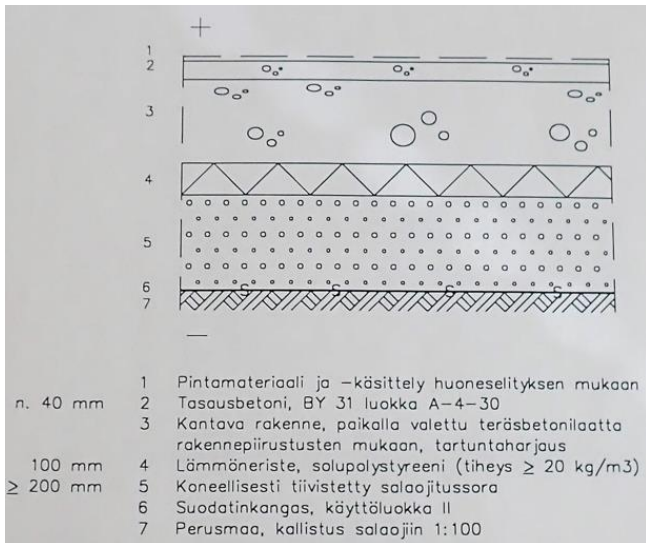
Kuva 50. Siivouskomeron 010 alapohjassa kulkee vanha patteriputkisto pohja- ja pintalaatan välissä (paperi kuvassa). Putken eristeessä ei havaittu asbestia (**HA.13**), bitumisively sisälsi runsaasti PAH-yhdisteitä (**HA.12**).



Kuva 51. WC-tilan ja siivouskomeron alapohjassa oli täyttömaan päällä kevytsoraeristys.

Alapohjarakenne AP8

Laajenuksena valmistuneen juoksuputken EPS-eristeiset betonialapohjarakenteet (Kuva 52) ovat nykysuositusten mukaisia, eikä niihin liity merkittäviä kosteusteknisiä riskejä, mikäli rakennusaikaisen kosteuden on annettu kuivua ennen tiiviin pintamateriaalin asennusta. Rakenteessa ei havaittu poikkeavaa kosteutta eikä poikkeavaan kosteusrasitukseen viittaavia jälkiä, minkä vuoksi rakenteeseen ei tehty avauksia (Kuva 53).



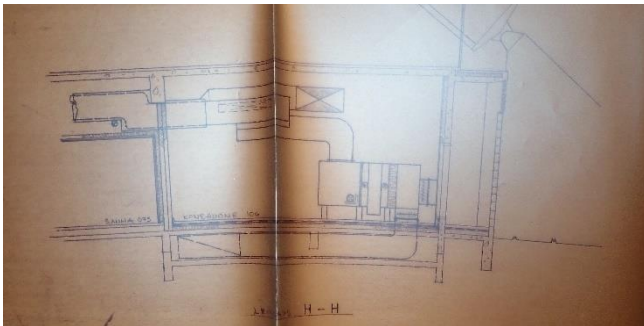
Kuva 52. Juoksuputken suunniteltu alapohjarakenne.



Kuva 53. Juoksuputken lattiassa ei havaittu poikkeavaa kosteutta eikä poikkeavaan kosteusrasitukseen viittavia jälkiä.

Muut alapohjarakenteet

Entisen IV-konehuoneen 106 alueella, nykyisissä sosiaaliloissa 081 ja 082 alapohjarakenteessa todettiin avauksissa R33 ja R38 pohjalaatan päällä 200 mm ilmatila, jonka päällä oli kaksi muovilla ja bitumisivelyllä toisistaan erotettua 100 mm teräsbetoni-laattaa. Ilmatilassa ei havaittu muottilaudivuotusta. Alkuperäisten IV-kuvien perusteella ontelotilassa on kulkenut ainakin alkuperäisen ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmakanava (Kuva 54).



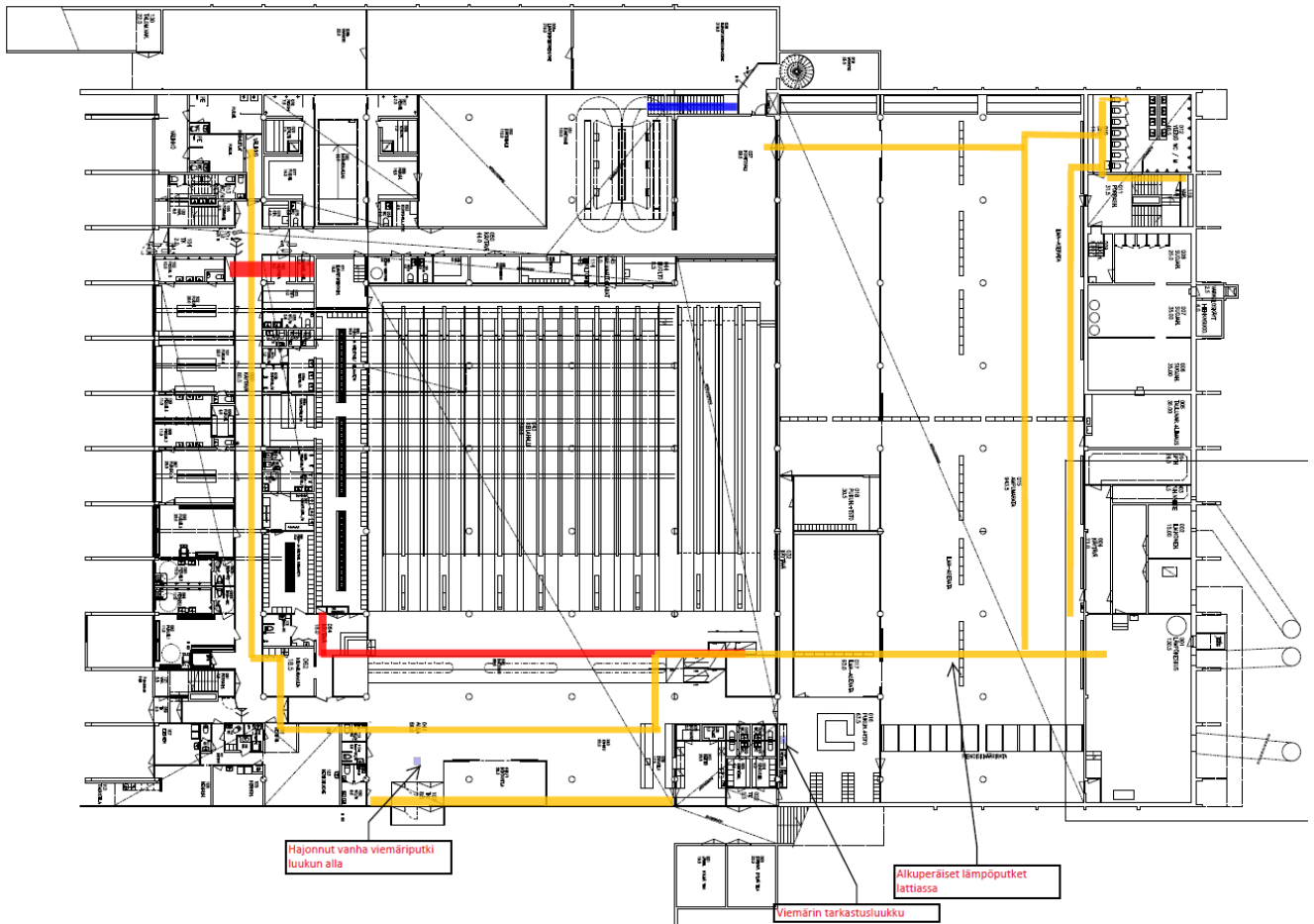
Kuva 54. Leikkauskuvassa alkuperäisen IV-konehuoneen (nykyiset sosiaalilat) kohdalta näkyy avauksissa havaittu ontelotila alapohjassa.

Hiljattain uusittujen saunatilojen 053 - 058 ja 075 - 080 alapohjiin ei tehty avauksia eikä tiloissa havaittu poikkeavaa kosteutta. Myöskään VSS-tilojen rakenteisiin ei tehty avauksia.

3.4 Alapohjan kanaalit

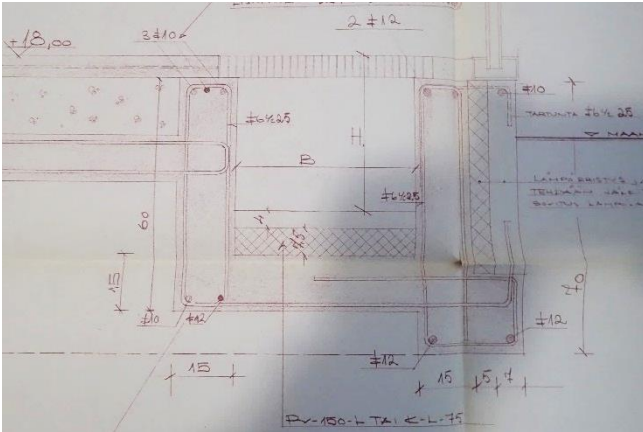
Rakennuksen alapohjassa kulkee tekniikkakanaaleja, joiden epätiivien tarkastusluukkujen kautta voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan. Keilahallin ulkoseinustalla kulkeva patterisyvennys kerää likaa ja roskaa. Syvennyksen pohjassa ja ulkoseinän puoleisessa seinässä on maanpinnan tason alapuolella herkästi kosteusvaurioituvaa mineraalivillaa, joka ei toistaiseksi ole ainakaan laaja-alaisesti vaurioitunut. Alapohjassa on myös vanhoja, osin puhkisyöpyneitä viemäriputkia, joiden sijainti ei selvinnyt käytettävissä olleista lähtötiedoista. Epäpuhtauksien kulkeutuminen kanaaleista sisäilmaan tulee estää, putkistojen sijainti ja kunto on suositeltavaa selvittää ja käytöstä poistettujen putkien tulppaukset tarkastaa/putket poistaa rakenteista.

Rakennuksen alapohjarakenteissa kulkee useita tekniikkakanaaleja, joista pääosa on alkuperäisiä. Lähtötietojen sekä tutkimusten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella arvioituja kanaalien sijainteja on esitetty kuvassa 55, joka ei ole kattava.



Kuva 55. Lähtötietojen ja havaintojen perusteella arvioituja alapohjassa kulkevien kanaalien sijainteja, kuva ei ole kattava. Poistoilmakanavat merkattu punaisella, tuloilmakanavat sinisellä ja lämpöpötket oranssilla.

Keilahallin kahvion ulkoseinustalla kulkee patterisyvennys, joka avausten R39 - R41 (pohja) ja R42 - R44 (sokkelihalkaisu) mukaan rakenteiltaan vastaa melko hyvin alkuperäisiä suunnitelmia (Kuva 56). Maanpinta ulottuu nykyään käytännössä lattiapinnan tasoon. Syvennyksen pohjassa on 80 mm pintalaatan alla, kahden muovin välissä, 50 - 75 mm mineraalivillaeriste (Kuvat 57 - 59). Villasta otetuista kolmesta näytteestä kahdessa (**M22** ja **M27**) ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Näyte **M25** oli märkä ja lajistoltaan poikkeava. Sokkelihalkaisu ulottuu selvästi maanpinnan tason alapuolelle eikä betoniulkokuoren sisäpinnassa havaittu kosteuseristystä. Halkaisun lämmöneristeenä olevasta mineraalivillasta otetuissa materiaalinäytteissä (**M23**, **M24** ja **M25**) ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Suuntaa antavissa eristetilan suhteellisen kosteuden mittauksissa pohjan eristetilan suhteellinen kosteus oli n. 69 % (21 °C) ja halkaisun 77 % (21,7 °C). Syvennys on jatkunut alun perin entiseen talonmiehen asuntoon, mutta valettu umpeen, kun tämä saneerattiin palautuskeskukseksi 1999.



Kuva 56. Keilahallin kahvion ulkoseinustan patterisyvennyksen toteutus vastasi pääosin suunniteltua rakennetta.



Kuva 57. Keilahallin ulkoseinustalla alapohjarakenteessa kulkeva patterisyvennys kerää helposti likaa ja roskaa.



Kuva 58. Patterisyvennyksen pohjan ja sokkelihalkaisun rakenne ja eristemateriaalit tarkastettiin rakenneavauksin.

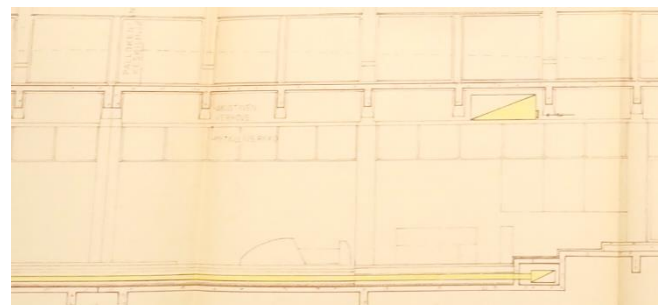


Kuva 59. Patterisyvennyksen pohjassa mineraalivillaeriste oli kahden muovin välissä.

Keilahallin lattiassa kahvion alla kulkevat lähtötietojen perusteella vanhat lämpöputket (ei tarkastettu, ei tarkistusluukkuja) sekä katsomon kohdalla keilaradan asennuslattian alta tulevien poistokanavien runkokanava (Kuvat 60 - 62). Betonikanaalin muottilaudoitusta on poistettu, kanaalissa on jonkin verran roskaa ja puuainesta. Kanaaliin on tarkastusluukku myös tilassa 064, josta kanava jatkaa alapohjarakenteissa mittarikomeron 116 tasalle ja liittyy todennäköisesti alakatossa olevaan, keilahallista tulevaan poistoilmakanavaan. Ilmanvaihtokonehuoneesta 071 kulkee alapohjarakenteissa poistoilmakanava käytävän 090 ali pesuhuoneen 103 päädyssä olevaan pystykuiluun.



Kuva 60. Keilahallin katsomon alla kulkee betonikanaalissa peltinen poistoilmakanava, joka imee ilmaa keilaradan alta.



Kuva 61. Keilaradan alle kulkeva poistoilmakanava ja suora-kulmainen poistoilman runkokanava katsomon alla vuoden 1969 leikkauskuvassa.

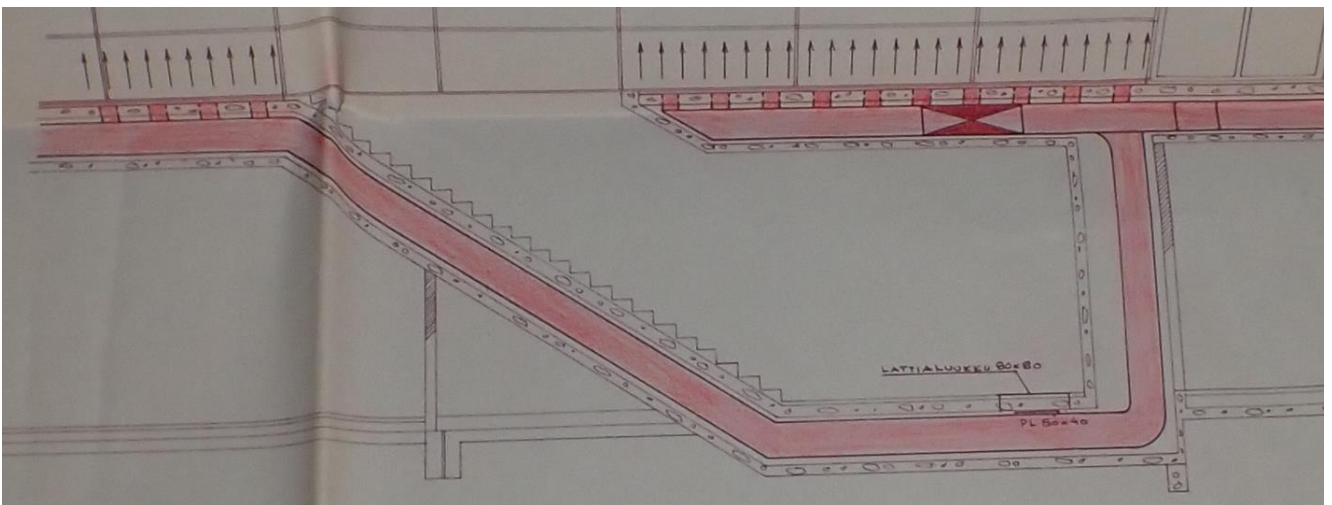


Kuva 62. Peltinen, suorakulmainen poistoilmakanava, josta haarautuu kanava keilaradan alle. Betonikanaalin muottilaudoitus on poistettu.



Kuva 63. Ikkunapuhalluksen tuloilmakanava kulkee kuntosalin 037 kohdalla rakennuksen alapohjassa, josta se nousee portaikon alareunassa ylös kenttätason lattiarakenteisiin.

Kenttäkerroksen lasijulkisivuun puhalletaan kierrätysilmaa kenttäkerroksen lattioissa kulkevista kanavista. Kuntosalin 037 kohdalla kanavisto kulkee pienen matkaa pohjakerroksen alapohjarakenteessa (Kuvat 63 ja 64).



Kuva 64. Urheiluhallin pääovien puoleisella seinustalla ikkunapuhalluksen tuloilmakanava kulkee pienen matkan alapohjarakenteissa.

Viemärien tarkastusluukut avattiin ampumaradan eteistilasta (Kuva 65) ja keilahallin tuulikaapin edustalta (Kuva 66). Molempien kaivojen pohjalla on vettä tai liejua ja alkuperäiset putket ovat huonokuntoiset ja osin syöpyneet puhki. Vaikka putkistot eivät olisi käytössä, epätiivien luukkujen alta voi kulkeutua epäpuhtauksia ja hajuja sisätiloihin.



Kuva 65. Ampumaradan eteisen viemärin tarkastusluukku ei ole tiivis. Putki on alkuperäinen.



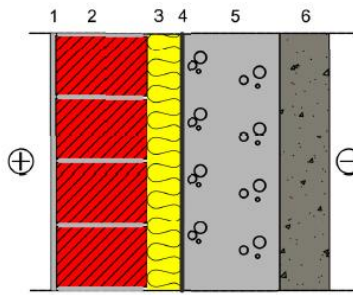
Kuva 66. Keilahallin tuulikaapin edustalla viemäriputki on syöpynyt puhki ja tarkastusluukun alta havaittiin voimakasta hajua.

3.5 Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinärakenteet vastaavat hyvin lähtötietoja. Maanvastaisten seinien lämmöneristeenä on herkästi kosteusvaurioituvaa mineraalivillaa ja ulkokuoren sisäpinnassa on kosteuseristyksenä bitumisively, jonka tekninen käyttöikä on reilusti ylittynyt. Etenkin luoteisseinustalla kosteuseristys on pettänyt, mikä on johtanut paikallisiin kosteus- ja mikrobivaurioihin. Sokkelihalkaisut ulottuvat molemmissa kerroksissa selvästi maanpinnan alapuolelle, ja niiden mineraalivillaeristeissä todettiin ainakin paikallisia kosteus- ja mikrobivauriota. Kaakkoispäädyn kevytrakenteisissa maanpäällisissä seinissä todettiin paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Kosteus- ja mikrobivaurioituneet seinärakenteet tulee uusida ja vaurioituneet materiaalit poistaa. Maanvastaiset seinärakenteet suositellaan kunnostettavan nykyohjeistusten mukaisiksi salaojien uusimisen yhteydessä.

3.5.1 Maanvastaiset seinät

Rakennuksen pohjakerroksen ulkoseinät ovat keilahallin ja kaakon puoleista sivustaa lukuun ottamatta maanvastaisia. Yleisin rakenne US1 on tiili-villa-betoni (Kuva 67), jossa rakenneavausten R4, R47 - R55 perusteella on betoniulkokuoren sisäpinnassa runsaasti PAH-yhdisteitä sisältävä bitumisively, jota ei alkuperäisissä suunnitelmissa ollut esitetty (Kuva 68). Sively on ylittänyt teknisen käyttöikänsä, mutta on toistaiseksi ilmeisesti estänyt laajemmat kosteus- ja mikrobivauriot käyttötilojen maanvastaisissa seinissä. Seinän lämmöneristeistä otetuista 11 materiaalinäytteestä (M3 - M7, M12, M13, M14 - M16 ja M19) vain kahdessa esiintyi poikkeavaa lajistoa. Aktiivista mikrobikasvua näytteissä ei havaittu. Näyte M13 otettiin IV-konehuoneesta 001 alueelta, jossa seinässä oli aistinvaraisesti ja pintakosteudenosoittimella havaittuna laajoja kosteusvaurioita (Kuva 69). Sisäkuori ei ole tiivis, joten epäpuhtauksien kulkeutuminen seinärakenteesta sisäilmaan on mahdollista.



Yleisin maanvastainen
ulkoseinärakenne US1
1 maali + tasoite 10 mm
2 tiili 130 mm
3 mineraalivilla 70 mm
4 bitumisively (PAH)
5 betoni 200 mm
6 Maaperä



Kuva 67. Yleisin maanvastainen ulkoseinärakenne US1 poikkeaa lähtötiedoista betoniulkokuoren sisäpinnassa olevan, runsaasti PAH-yhdisteitä sisältävän bitumisivelyn osalta.



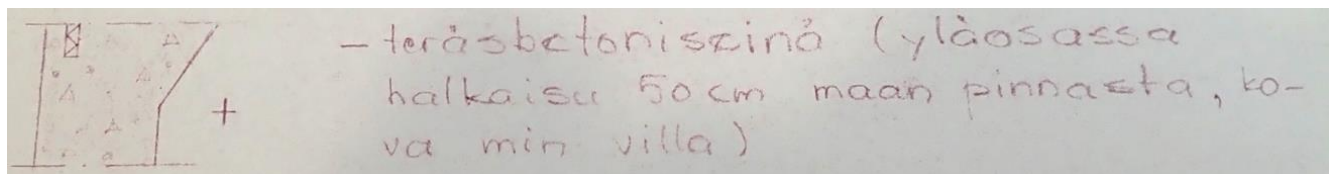
Kuva 68. Seinän lämmöneristeenä on mineraalivillaa ja betoniulkokuoren sisäpinnassa on ohut bitumisively.



Kuva 69. Kosteusvauriojälkien kohdalta lämmöneristeistä otettu näyte M13 oli lajistoltaan poikkeava.

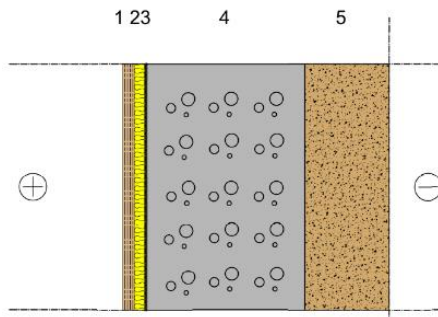
Porrashuoneessa 011, varastossa 019 ja ilmeisesti pihakannen alla olevissa teknisissä tiloissa 038 sekä VSS-tiloissa maanvastaisena seinärakenteena US2 on paksu teräsbetoniseinä, jonka yläosassa on lähtötietojen mukaan n. 50 cm maan pinnan alapuolelle ulottuva mineraalivillaeristeinen halkaisu (Kuva 70). Rakenne todettiin avauksista R20, R22, R56, R73 ja R74. Avausta R56, jossa betoni oli selvästi märkää, lukuun ottamatta rakenteita ei porattu läpi asti, joten mahdollista rakenteen ulkopinnassa olevaa kosteuseristystä ei voitu todeta. Joka tapauksessa mahdollisen eristyksen tekninen käyttöikä on jo ylittynyt. Avauksessa R56 ei havaittu mitään kosteuseristettä. IV-konehuoneissa 038 ilmanvaihtokoneiden sijoitus ulkoseinustalle esti rakenneavausten teon.

Seinärakenteen yläosassa selvästi maan pinnan alle ulottuvan sokkelihalkaisun mineraalivillaeristeistä porrashuoneesta 011 otettu materiaalinäyte M20 oli lajistoltaan poikkeava. Porrashuoneen 019 kohdalta kenttäkerroksen tuulikaapin alla halkaisun mineraalivillaeriste oli vesimärkää, minkä vuoksi näytettä ei katsottu tarpeelliseksi lähettää mikrobianalyyysiin.



Kuva 70. Väestönsuojien maanvastaisen ulkoseinien yläosassa on n. 50 cm maan pinnan alapuolelle ulottuva halkaisu, jossa eristeenä on herkästi kosteusvaurioituvaa mineraalivillaa.

Porrashuoneessa 011 ulkoseinustan varaston 119 seinään on tehty sisäpuolinen lämmöneriste (Kuva 71). Vane-risisäpinnassa esiintyy näkyvää mikrobikasvustoa ja lämmöneristeenä toimivasta mineraalivillasta otetun näytteen (M20) lajisto oli poikkeava.



Varaston 119 maanvastainen
ulkoseinärakenne

- 1 vaneri
- 2 mineraalivilla 20 mm (M20)
- 3 bitumisively
- 4 betoni 270 mm
- 5 hiekkatäyttö



Kuva 71. Varaston 119 maanvastainen ulkoseinärakenne. Sisäpuolisesta lämmöneristeestä otetun näytteen lajisto oli poikkeava ja vanerin sisäpinnassa havaittiin näkyvää mikrobikasvustoa.

Rakennuksen muilla osilla sokkelihalkaisut ulottuvat selvästi maanpinnan alle (Kuvat 72 ja 73). Halkaisuissa läm-möneristeenä on mineraalivillaa, josta otetuissa 7 materiaalinäytteestä kahdessa (M38 ja M39) esiintyi aktiivista mikrobikasvua ja yksi näyte (M36) oli lajistoltaan poikkeava. Näytteistä, joissa ei esiintynyt poikkeavaa mikro-bistoa (M23, M24, M26 ja M37) kolme oli otettu keilahallin patterisyvennyksen kohdalta, jossa sisäpuolinen rakenne poikkeaa muista (ks. kappale 3.4).



Kuva 72. Urheiluhallin lämpölaselementtien alla sokkelihal-kaisu ulottuu maanpinnan alle, halkaisun lämmöneristeenä on herkästi kosteusvaurioituvaa mineraalivillaa.



Kuva 73. Ampumaradan tuulikaapin kohdalta sokkelihalkai-susta otettu mineraalivillanäyte M36 oli lajistoltaan poik-keava.

Juoksuputken sokkelihalkaisun eristeenä on avauksen R70 perusteella XPS/uretaani-levy, joka ei ole herkästi kosteusvaurioituva.

3.5.2 Maanpinnan yläpuoliset seinät

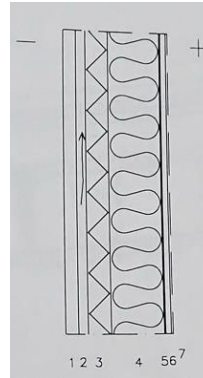
Rakennuksen julkisivut ovat pääosin lämpölasia (US5). Kaakon puolella pohjakerroksen pukuhuoneiden ulko-seinä US3 on kevytrakenteinen. Avausten R58 - R60 perusteella sisäpintana on vaihtelevasti eri rakennuslevyjä, joiden takana on höyrynsulkumuovi ja lämmöneristeenä mineraalivillaa. Ulkopinnassa on kovalevy ja

peltipanelointi (Kuva 74). Rakenne vastaa jo kuvassa 45 esitettyä seinärakennetta (avaus R2), jossa höyrinsulku-
kumuovin tilalla on tervapaperi. Seinärakenteen mineraalivillaeristeestä otetuista neljästä näytteestä (**M2**, **M31**,
M33 ja **M34**) yhdessä esiintyi aktiivista mikrobikasvua ja yksi oli lajistoltaan poikkeava. Lisäksi pukuhuoneen 101
avauksesta R59 havaittiin voimakasta mikrobiperäistä hajua. Avauksen R2 perusteella seinärakenteen alaoh-
jauspuu sijaitsee käytännössä maanpinnan tasossa ja puun pinnassa havaittiin näkyvää kasvustoa (Kuva 47).

Juoksuputken ulkoseinärakenne US4 vastasi avauksen R71 perusteella suunnitelmia (Kuvat 75 - 77).



Kuva 74. Kaakon puoleisessa päädyssä pohjakerroksen ulkoseinät ovat kevytrakenteisia, julkisivumateriaalina on pelti.



Juoksuputken ulkoseinä US4

- 1 alumiinikasetti
- 2 ilmarako, peltikoolaus
- 3 tuulensuoja, min.villa 50 mm
- 4 mineraalivilla 125 mm
- 5 höyrinsulku
- 6 sisäverhouslevy
- 7 pintaverhous

Kuva 75. Juoksuputken ulkoseinärakenne US4.



Kuva 76. Juoksuputken ulkoseinärakenne tarkastettiin ulkokautta.



Kuva 77. Rakenne vastasi täysin suunnitelmissa esitettyä.

Rakennuksen lämpölasijulkisivut on käyttäjiltä saadun tiedon mukaan ainakin osittain uusittu. Tiedolle ei saatu vahvistusta lähtötietomateriaalista. Rakenteessa ei ole herkästi kosteusvaurioituvia materiaaleja, eikä siihen kohdistettu tutkimuksia. Urheiluhallin kaakkoispäädyssä pukuhuoneiden päällä on ulkoseinänä avattavat ikkunat, joiden väliset molemmilta puolilta pellitetyt umpiosat on lämmöneristetty mineraalivillalla (Kuvat 78 ja 79). Umpiosien eristeistä otetuista kahdesta näytteestä (**M40** ja **M41**) toinen oli lajistoltaan poikkeava. Lisäksi keilahallin keittiön edustalla olevan katoksen kohdalla lasiseinä/ikkuna on tilkitty muuhun rakenteeseen pellavari-
veellä, josta otetussa materiaalinäytteessä **M21** ei havaittu poikkeavaa mikrobistoa.



Kuva 78. Urheiluhallin kaakkoispäädyn ulkoseinänä on avattavat ikkunat, joiden välissä on molemmin puolin pellitetyt umpiosat.

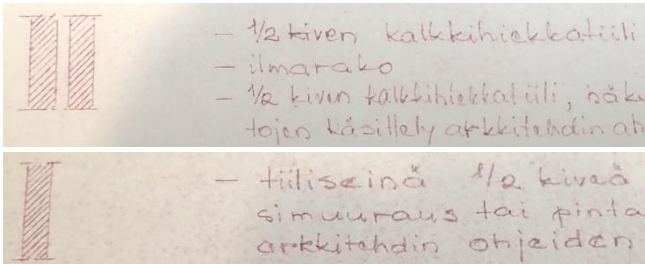


Kuva 79. Umpiosat ovat lämmöneristetty mineraalivillalla, joista otetuista näytteistä toisessa esiintyi poikkeavaa lajis-toa. Umpiosissa kulkee myös talotekniikan putkia.

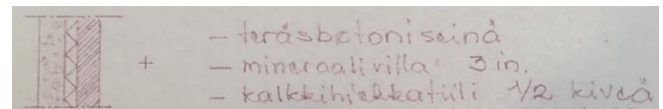
3.6 Väliseinät ja pystykuilut

Rakennuksen väliseinärakenteet vastaavat pääosin suunnitelmia. Väliseinissä todettiin yksittäinen paikallinen kosteus- ja mikrobivaurio ainoastaan IV-konehuoneen vastaisessa seinässä. Alueilla, joissa alapohjan kosteus on selvästi koholla, on myös väliseinien alaosissa kosteusjälkiä. Porrashuoneiden keskellä kulkevissa pystykuiluissa on lahovaurioisia muottilautoja, jotka on suositeltavaa poistaa peruskorjauksen yhteydessä.

Lähtötietojen perusteella pohjakerroksen väliseinät ovat pääosin betoni- tai tiiliseiniä, jotka lähtevä pohjalaatan yläpinnasta. Tiiliseinät ovat joko 2 x 1/2 kiven kalkkihiekkatiiliseiniä ilmaraolla tai 1/2 kiven seiiniä (Kuva 80). Entisten kylmien varastojen (nykyiset IV-konehuoneet 038, 038a ja 038b) ja muiden kellaritilojen välinen seinärakenne on esitetty kuvassa 81.



Kuva 80. Suunnitelmien mukaiset väliseinärakenteet pohjakerroksessa.



Kuva 81. Muun pohjakerroksen ja IV-konehuoneiden 038 välinen lämpöeristetty seinä.

Tehtyjen rakenneavausten (R6, R7, R8, R9, ja R61 - R66) perusteella väliseinärakenteet vastasivat hyvin suunnitelmia. Ainoastaan ampumaradan ja keilahallin välinen seinä poikkesi suunnitelmista siten, että siinä tiilikuorien välissä oli mineraalivillaeriste. Eristeestä seinän alaosasta otetuissa näytteissä **M8**, **M9** ja **M10** ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa.

Ilmanvaihtokonehuoneiden 038 ja muun pohjakerroksen välinen seinä vastasi suunnitelmia. Rakenteen mineraalivillaeristeestä otetuista neljästä näytteestä yksi (**M30**) oli lajistoltaan poikkeava. Muissa näytteissä (**M28**, **M29** ja **M32**) ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Alueilla, joissa alapohjassa todettiin poikkeavaa kosteutta, havaittiin myös väliseinien alaosissa poikkeavasta kosteusrasituksesta aiheutuneita jälkiä (ks. kappale 3.2)

Porrashuoneiden keskellä on suunnitelmien mukaiset pystykuilut, joiden merkitys ei tutkimusten aikana selvinnyt. Kuilujen rakenne tarkastettiin porrashuoneesta 011 avauksella R14. Kuilun betoniseinän paksuus on 150 mm ja rakenteeseen on jätetty paikoilleen muottilaudat, jotka ovat osin lahonneet ja pudonneet kuilun pohjalle (Kuvat 82 ja 83). Porrashuoneessa 105 kuilu on osin purettu naisten wc:n 013 lavuaarisyvennyksen kohdalta.



Kuva 82. Porrashuoneiden keskellä on betonirakenteiset pystykuilut.



Kuva 83. Kuilujen lahovaurioista muottilaudoitusta on pudonnut kuilun pohjalle.

3.7 Välipohjat

Betonirakenteisessa välipohjassa ei ole vaurioituvia materiaaleja. Välipohjan päälle on juoksuradan kaarteita varten tehty betonirakenteiset korotukset. Betonivalun muottilaudat on jätetty rakenteen sisälle, jossa ne ovat laho- ja mikrobivaurioituneet. Rakenteessa on hallin kummassakin päädyssä isot halkeamat, joiden kautta sisäilmaan kulkeutuu voimakasta mikrobiperäistä hajua. Halkeamat tulee nopealla aikataululla korjata ilmatiiviiksi ja rakenteen sisällä olevat vaurioituneet muottilaudat poistaa viimeistään peruskorjauksen yhteydessä.

Rakennuksen välipohjana on betonirakenteinen ylälaattapalkisto, johon ei liity merkittäviä kosteusteknisiä riskejä. Betonirakenteen päälle on tehty puurunkoinen joustolattia, jonka alla kulkee oletettavasti runsaasti tilojen käytön edellyttämää tekniikka. Välipohjarakenteen päälle on tehty betonirakenteiset korotukset juoksuradan kaarteiden kallistuksia varten (Kuvat 84 ja 85). Näiden muottilaudoitukset on jätetty rakenteen sisään, jossa ne ovat kosteus- ja mikrobivaurioituneet. Radan kummassakin päässä korotusvalussa on isot halkeamat, joiden kautta sisätiloihin kulkeutuu voimakasta mikrobiperäistä hajua.



Kuva 84. Juoksuradan kaarteiden kallistuksia varten tehdyssä betonirakenteessa on molempien kaarteiden keskellä koko rakenteen läpi ulottuva halkeama.



Kuva 85. Betonirakenteeseen jätetyt muottilaudat ovat laho- ja mikrobivaurioituneet. Halkeamasta kulkeutui sisätiloihin voimakasta mikrobiperäistä hajua.

Välipohjarakenteissa kulkee myös molemmilla pitkillä seinustoilla betonikanaaleissa peltiset tuloilmakanavat (Kuvat 86 ja 87). Betonikanaalissa on mm. betoni- ja huonepölyä, joita voi kulkeutua sisäilmaan tarkastusluukujen reunoilta tai lattiassa kulkevan metallisen suutinlistan ja lattiarakenteen liitoksesta.



Kuva 86. Ikkunapuhalluksen tuloilmakanavat kulkevat välipohjarakenteen betonirakenteisessa kanaalissa.



Kuva 87. Kanaalista voi kulkua pölyä ja muita epäpuhtauksia sisäilmaan tarkastusluukujen reunoilta ja "suutinlistan" liitoksesta.

3.8 Yläpohjat

Rakennuksen yläpohjan toteutus vastaa suunnitelmia. Peltivesikate on aistivaraisesti arvioituna hyväkuntoinen, mutta katon sisäpinnoilla on useita vesivuotojälkiä. Materiaalinäytteiden perusteella näissä ei kuitenkaan esiinny mikrobivaurioita. Katto suositellaan lämpökuvattavan seuraavalla pakkaskaudella. Katon akustointilevytys kerää runsaasti pölyä ja siitä irtoaa herkästi teollisia mineraalikuituja sisäilmaan. Vanhat akustiikkalevyt on suositeltavaa poistaa ja uusi akustointi suunnitella siten, ettei sen päälle pääse kertymään pölyä. Yksi katon liimapuupalkeista on kaakon puoleisesta päästään osin lahovaurioitunut. Palkin kunnostus- ja palkkien kunnan tarkastus lisätä huolto-ohjelmaan.

Urheiluhallin yläpohja on puurunkoinen (Kuvat 88 ja 89). Rakenne katon keskiosassa (n. 1/3 alasta) ja päädyissä on esitetty kuvissa 90 ja 91. Rakenteessa oleva Luja-levy sisältää rakennusajankohdan perusteella todennäköisesti asbestia. Peltivesikate on uusittu jossain vaiheessa ja on arviointikäynnin perusteella hyväkuntoinen (Kuva 92). Käyttäjiltä saadun tiedon mukaan kattovuotoja on kuitenkin ollut säännöllisesti ja katossa on monin paikoin jälkiä vesivuodoista. Yläpohjan lämmöneristeistä, vuotojälkien kohdilta otetuissa neljässä materiaalinäytteessä (M42 - M45) ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Kummassakin päädyssä tila on akustoitu alas lasketuin

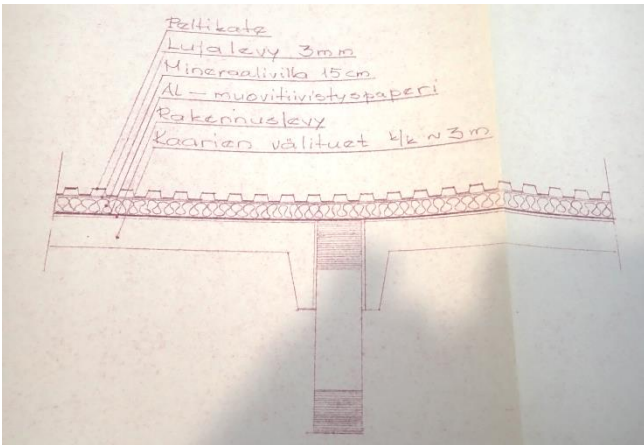
mineraalivillalevyin (Kuva 88), joista todennäköisesti irtoaa teollisia mineraalikuituja sisäilmaan. Sekä ylä- että alareunastaan avoimen levytyksen päälle on kertynyt myös erittäin runsaasti pölyä (Kuva 89).



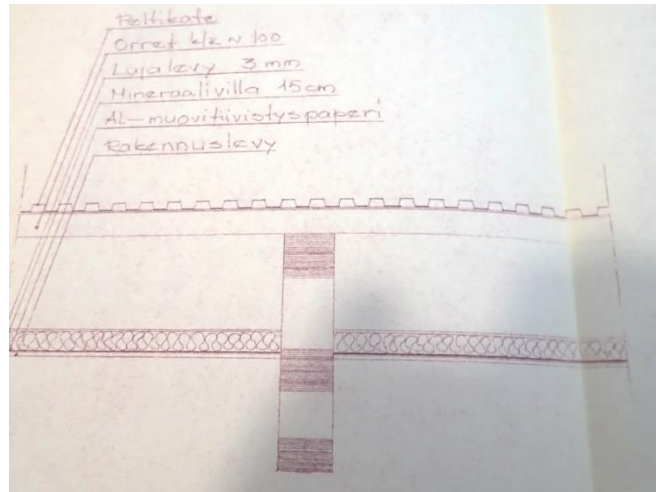
Kuva 88. Rakennuksen yläpohja on puurunkoinen. Kummassakin päädyssä on alas laskettu akustointilevytyks.



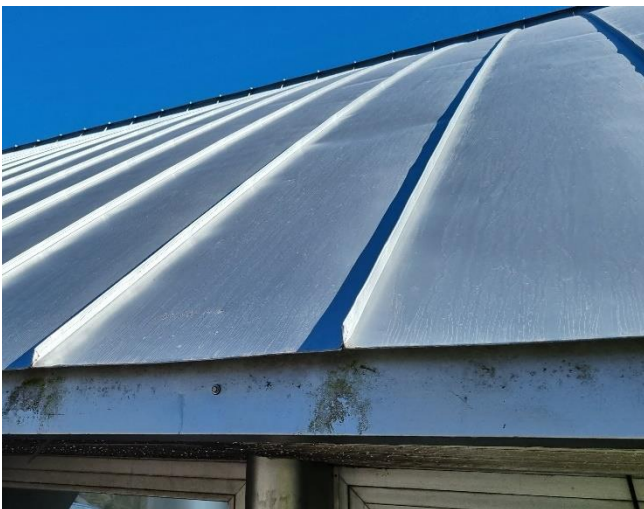
Kuva 89. Iäkkäiden akustiikkalevyjen päällä on runsaasti pölyä ja hapertuneista levyistä irtoaa helposti mineraalikuituja sisäilmaan.



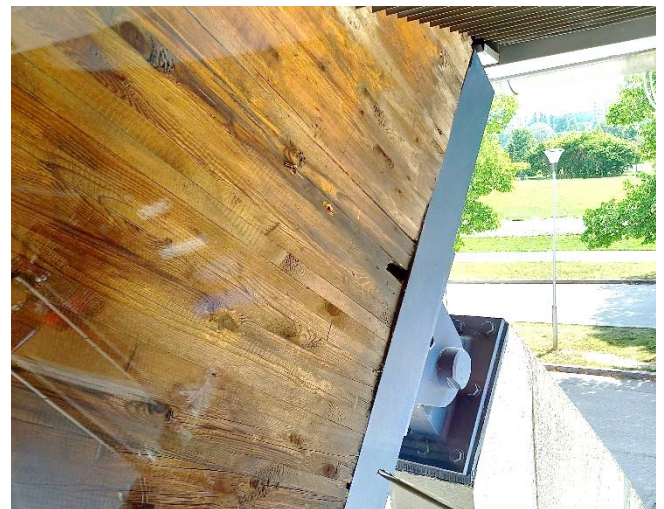
Kuva 90. Yläpohjarakenne katon keskikolmanneksen kohdalla.



Kuva 91. Yläpohjarakenne reuna-alueilla.



Kuva 92. Peltivesikate on aistinvaraisesti arvioituna hyväkuntoinen.



Kuva 93. kaakon puoleisessa päädyssä yhdessä katon liima-puupalkeista on koko palkin läpi ulottuva lahovaurio.

Yläpohjan kantavat liimapuupalkit jatkuvat rakennuksen päädyissä ulkoseinälinjan ulkopuolelle, jossa ne ovat alttiina säärasiutukselle. Aistinvaraisesti ns. piikitestillä arvioituna palkit ovat vähäisestä tummumisestaan huolimatta pääosin hyväkuntoisia ja puuaines on kovaa. Kaakkoispäädyssä yhdessä palkissa on kuitenkin koko palkin läpi ulottuva lahovaurio (Kuvat 93 - 95). Palkin kylkeen ennen tätä tutkimusta poratun reiän perusteella vauriota on tutkittu jo aiemmin, mutta tästä ei löydetty mainintaa lähtötiedoissa.

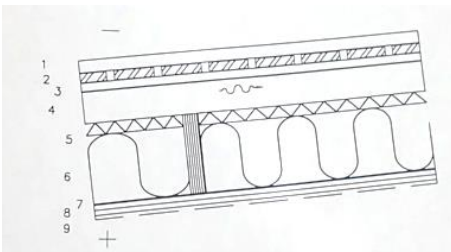


Kuva 94. Lähikuva liimapuupalkin lahovaurioalueelta.



Kuva 95. Lahovaurio ulottuu koko palkin läpi.

Juoksuputken yläpohjarakenne on teräsrunkoinen (kuvat 96 ja 97). Rakenteeseen ei liity merkittäviä kosteusteknisiä riskejä.



0,5 mm	1	Vedeneriste, konesaumattu pelti, PVF2-pinta, kaksinkertainen saumoin
22 mm	2	Ruadelaudaus 22x95 k/k 150, räyställä umpilaudaus
	3	Aluskate, esim. Panssrikate
100 mm	4	Kattojuoksut 50x100 k/k 900 ja tuuletettu ilmatila
30 mm	5	Tuulensuoja 30 mm, mineraalivilla ryhmä 03.030
	6	Orret kertopuu 45x200 k/k 600 (katvelumialueella k/k 400) kaksiaukkoisena, lämmeneriste mineraalivilla 170mm, ryhmä 01.045
0,2 mm	7	Höyrynsulku, polyeteenikalva, liimitys 200mm saumat teipataan
	8	2x EK-kipsilevy + akustointilevyt huoneeseiliyksen mukaan
	9	Teräsrunko rakennesuunnitelmien mukaan
		Pintamateriaali ja -käsittely arkkitehdin mukaan

Kuva 96. Juoksuputken yläpohjarakenne



Kuva 97. Juoksuputken yläpohjarakenne vastasi suunnitelmia.

3.9 Pihakannet

Rakennuksen tekniset tilat luoteispäädyssä sijaitsevat osin ja IV-konehuoneet 038 kokonaan pihakansien alla. Rakenteiden sisäpinnoilla on runsaasti kosteusvauriojälkiä ja rakenteet ovat märät. Luoteispäädyssä rakenteessa ei havaittu lainkaan kosteuseristystä, IV-konehuoneiden kattorakenteessa havaitun bitumihuovan tekninen käyttöikä on ylittynyt. Kaakon puoleisten pukuhuoneiden yläpohjarakenne ei vastaa suunnitelmia, rakenteessa on bitumisively, joka on ilmeisesti toistaiseksi kestänyt räystään alle jäävän rakenteen kosteusraituksen. Pihakansirakenteet tulee uusida peruskorjauksen yhteydessä.

Rakennuksen luoteispäädyn tilat pohjakerroksessa ovat osittain pihakannen alla (kuvat 96 ja 97). Tilojen katossa on runsaasti kosteusvauriojälkiä, jotka olivat pintakosteudenosoittimella tutkimushetkellä märkiä. Lähtötietojen perusteella rakenteessa olisi kantavan betonirakenteen päällä lämmöneristys, kosteuseristeenä bitumihuopa, jonka päällä betonilaatta. Alapuolelta, jo kosteusvaurioituneesta kohdasta tehdyssä avauksessa R19 kantavan laatan päällä todettiin 20 mm hiekkakerros, jonka päällä oli betonia. Porausta ei jatkettu läpi asti. Yläpuolelta rakennetta avattiin räystään alta kahden betonilaatan välistä, josta ei myöskään havaittu rakenteessa lämmön- tai kosteuseristystä. Joka tapauksessa näiden tekninen käyttöikä on ylittynyt ja rakenne on laajalta alueelta märkä.

Myös lounaan puoleisella seinustalla IV-konehuoneet 038 ovat pihakannen alla (Kuvat 98 ja 99). IV-konehuoneen katossa on kauttaaltaan vuotojälkiä (Kuvat 100 ja 101). Alapuolelta tehdyssä rakenneavauksessa R67 havaittiin 200 mm betonilaatan yläpinnassa bitumihuopa, josta ei porattu läpi. Pihakansirakenteen kokonaisvahvuus on n. 500 mm, mutta rakennetta ei tutkittu huovan yläpuolelta. IV-konehuoneen katon kosteusjälkien perusteella teknisen käyttöikänsä ylittänyt kosteuseristys ei enää toimi.



Kuva 98. Luoteispäädyn tilojen katoissa pihakannen alla on runsaasti kosteusvauriojälkiä, joiden kohdilla rakenteet olivat edelleen märkiä.



Kuva 99. Luoteispäädyn pihakannen kohdalla räystään alla on betonilaattoja.



Kuva 100. Betonilaattojen välistä räystään alta tehdyssä avauksessa ei havaittu kosteuseristystä.



Kuva 101. IV-konehuoneet sijaitsevat pääovien edustalla olevan pihakannen alla.



Kuva 102. IV-konehuoneen 038 katon pihakansirakenne oli laajoilta alueilta märkä.



Kuva 103. IV-konehuoneen katon kosteusjälkiä.

Myös kaakkoispäädyn pukuhuoneet ulottuvat kenttäkerroksen ulkoseinälinjan ulkopuolelle (Kuva 104). Rakenteessa ei ole suunnitelmissa esitettyä vaahtolasieristettä, kosteuseristeenä on bitumisively (Kuva 105). Sivelyn tekninen käyttöikä on ylittynyt, mutta räystään alle jäävä rakenne on toistaiseksi kestänyt säärasituksen.



Kuva 104. Kaakkoispäädyn pukuhuoneet ulottuvat kenttäkerroksen ulkoseinälinjan ulkopuolelle.



Kuva 105. Pukuhuoneiden yläpohjarakenteen kosteuseristeenä on bitumisively.

3.10 Yhteenveto materiaalinäytteiden mikrobianalyysituloksista

Taulukkoon 7 on kerätty yhteenveto kaikkine tutkimuksessa otettujen materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tuloksista. Analyysivastaukset ovat raportin liitteenä ja näytteenottoaikat on merkitty liitteiden 2A ja 2B pohjakuviin. Taulukkoon on lisätty myös aistinvaraiset havainnot näkyvästä kosteus- tai mikrobivaurioista, jotka korjaamattomina rakennuksen sisäpinnoilla ylittävät Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan.

Kaikkiaan otetuista 45 materiaalinäytteestä aktiivista mikrobikasvua esiintyi vain 4 näytteessä ja lajistoltaan poikkeavia näytteitä oli 10. Tulosten perusteella poikkeavia näytteitä löytyi lähinnä maanvastaisista rakenteista.

Taulukko 7. Yhteenveto materiaalinäytteiden mikrobianalyseista.

Tila	Rakenneosa	Tarkenne	Materiaali	Näyte	Tuloksen tulkinta
040	AP, kanaali	kahvio, patterikanaalin pohjan lämmöneriste	mineraalivilla	M22	Poikkeava lajisto
040/1	AP, kanaali	patterikanaalin pohjan lämmöneriste	mineraalivilla	M25	ei kasvua
040/1	AP, kanaali	patterikanaalin pohjan lämmöneriste	mineraalivilla	M27	ei kasvua
066	AP1	Pkh:n lattiapäällyste	muovimatto	M11	mikrobikasvu
107	AP5	Eteisen asennuslattian lämmöneriste	mineraalivilla	M1	Poikkeava lajisto
010	AP7	Siivousvarasto, alapohjan lämmöneriste	kevytsora	M17	ei kasvua
023	ikkuna	keittiön ikkunan tilke, katoksen kohdalla	pellavarive	M21	ei kasvua
022	US, sokkeli	sokkelin lämmöneriste	mineraalivilla	M36	Poikkeava lajisto
039	US, sokkeli	sokkelin lämmöneriste	mineraalivilla	M35	ei kasvua
001	US1	IVKH, Mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M12	ei kasvua
001	US1	IVKH, Mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M13	Poikkeava lajisto
002	US1	IVKH, Mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M14	ei kasvua
005	US1	tauluvarasto, mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M15	ei kasvua
010	US1	Siivousvarasto, mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M16	ei kasvua
012	US1	Mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M19	Poikkeava lajisto
015	US1	Mv. seinän lämmöneriste, alaosa	mineraalivilla	M3	ei kasvua
015	US1	Mv. seinän lämmöneriste, yläosa	mineraalivilla	M4	ei kasvua
016	US1	Mv. seinän lämmöneriste, alaosa	mineraalivilla	M5	ei kasvua
016	US1	Mv. seinän lämmöneriste, alaosa	mineraalivilla	M6	ei kasvua
016	US1	Mv.seinän lämmöneriste, yläosa	mineraalivilla	M7	ei kasvua
202	US1, sokkeli	urheiluhalli, sokkeli lämmittelysuora	mineraalivilla	M39	mikrobikasvu
204	US1, sokkeli	urheiluhalli, sokkeli juoksuuoran kohdalta	mineraalivilla	M37	ei kasvua
205	US1, sokkeli	urheiluhalli, sokkeli maalialueen kohdalta	mineraalivilla	M38	mikrobikasvu
119	US2	Varasto, mv. seinä, pihakannen alla	mineraalivilla	M18	Poikkeava lajisto
119	US2	Mv. seinän sisäpinnan vaneri	vaneri		Näkyvä kasvusto
119	US2, sokkeli	Mv.seinän lämmöneriste	mineraalivilla	M20	Poikkeava lajisto
083	US3	ulkoseinän lämmöneriste	mineraalivilla	M31	ei kasvua
097	US3	PKH3, ulkoseinän lämmöneriste	mineraalivilla	M34	Poikkeava lajisto
101	US3	PKH4, ulkoseinän lämmöneriste	mineraalivilla	M33	ei kasvua
107	US3	US lämmöneriste, näkyvä vaurio laudassa	mineraalivilla	M2	mikrobikasvu
107	US3	US, lauta alaohjauspuun ulkopuolella	puu		Näkyvä kasvusto
200	US5	urheiluhalli, US ikkunan umpiosa	mineraalivilla	M40	Poikkeava lajisto
200	US5	urheiluhalli, US ikkunan umpiosa	mineraalivilla	M41	ei kasvua
040	US5, sokkeli	kahvio, sokkelihalkaisun lämmöneriste	mineraalivilla	M23	ei kasvua
040/1	US5, sokkeli	kokoustila, sokkelihalkaisun lämmöneriste	mineraalivilla	M24	ei kasvua
040/1	US5, sokkeli	kokoustila, sokkelihalkaisun lämmöneriste	mineraalivilla	M26	ei kasvua
015	VS1	väliseinän eriste, alaosa	mineraalivilla	M10	ei kasvua
032	VS1	väliseinän eriste, alaosa	mineraalivilla	M8	ei kasvua
032	VS1	väliseinän eriste, alaosa, pilarin vierestä	mineraalivilla	M9	ei kasvua
038	VS2	IVKH, puolilämpimän/lämpimän tilan VS	mineraalivilla	M28	ei kasvua
038	VS2	IVKH, puolilämpimän/lämpimän tilan VS	mineraalivilla	M29	ei kasvua
038b	VS2	IVKH, puolilämpimän/lämpimän tilan VS	mineraalivilla	M30	Poikkeava lajisto
038b	VS2	IVKH, puolilämpimän/lämpimän tilan VS	mineraalivilla	M32	ei kasvua
200	YP	urheiluhalli, YP lämmöneriste, vuotojäljet	mineraalivilla	M42	ei kasvua
200	YP	urheiluhalli, YP lämmöneriste, vuotojäljet	mineraalivilla	M43	ei kasvua
200	YP	urheiluhalli, YP lämmöneriste, vuotojäljet	mineraalivilla	M44	ei kasvua
200	YP	urheiluhalli, YP lämmöneriste, vuotojäljet	mineraalivilla	M45	ei kasvua

3.11 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) materiaalinäytteistä

Yhteenveto alapohjalaatasta otettujen materiaalinäytteiden VOC-analyseista on esitetty Taulukossa 8. Tulokset alittavat kaikissa näytteissä selvästi Työterveyslaitoksen antamat viitearvot. Tulosten perusteella vaurioituneista lattiapäällysteistä ja liimoista ei ole imeytynyt merkittävästi VOC-yhdisteitä alapohjarakenteisiin.

Taulukko 8. Yhteenveto materiaalinäytteiden VOC-analyysin tuloksista (liite 10)

Näytteenottoaika	2-etyyli-1-hek- sanoli [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$]	TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$]	Muu havainto	Tulkinta
B1.1 H050, AP 5 - 15 mm	-	< 10	C9-alkoholit 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	normaali
B1.1 H050, AP 35 - 45 mm	-	< 10	C9-alkoholit 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	normaali
B2.1 PKH 3, AP 10 - 20 mm	2	< 10	C9-alkoholit 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	normaali
B2.2 PKH 3, AP 30 - 45 mm	2	< 10	C9-alkoholit 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	normaali
066 PKH, pintalaatta 10 - 20 mm	-	< 10	C9-alkoholit 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	normaali
066 PKH, pintalaatta 35 - 45 mm	1	< 10	C9-alkoholit 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	normaali

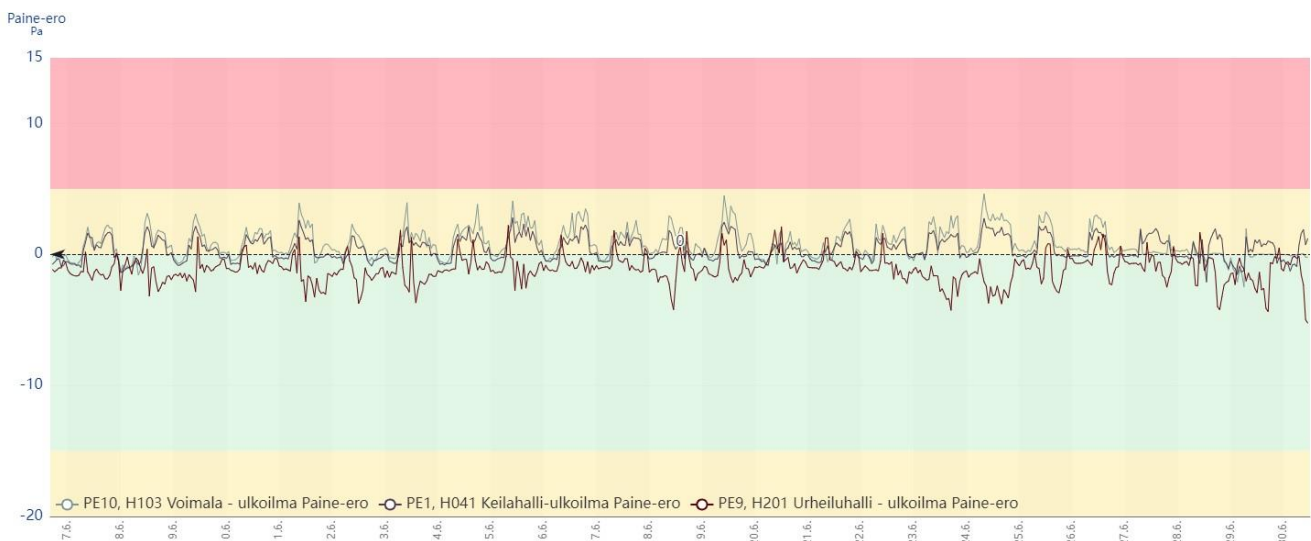
4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

4.1 Painesuhteet

Seurantamittausten perusteella rakennuksen kenttäkerros on suositusten mukaisesti lievästi alipaineinen ulkoilmaan. Ampumaradan ilmanvaihto on voimakkaasti ylipaineinen ja se ylipaineistaa koko pohjakerroksen lievästi sekä ulkoilmaan että kenttäkerrokseen nähden. Ylipaineisuus voi lisätä ulkovaipparakenteiden kosteusrasitusta ja aiheuttaa välipohjan läpivientien kautta myös juoksuradan alustilan ylipaineistumisen kenttäkerroksen sisätiloihin. Ampumaradan poistoilmakoneiden toiminta tulee tarkastaa ja säätää vastaamaan tuloilmakoneen toimintaa.

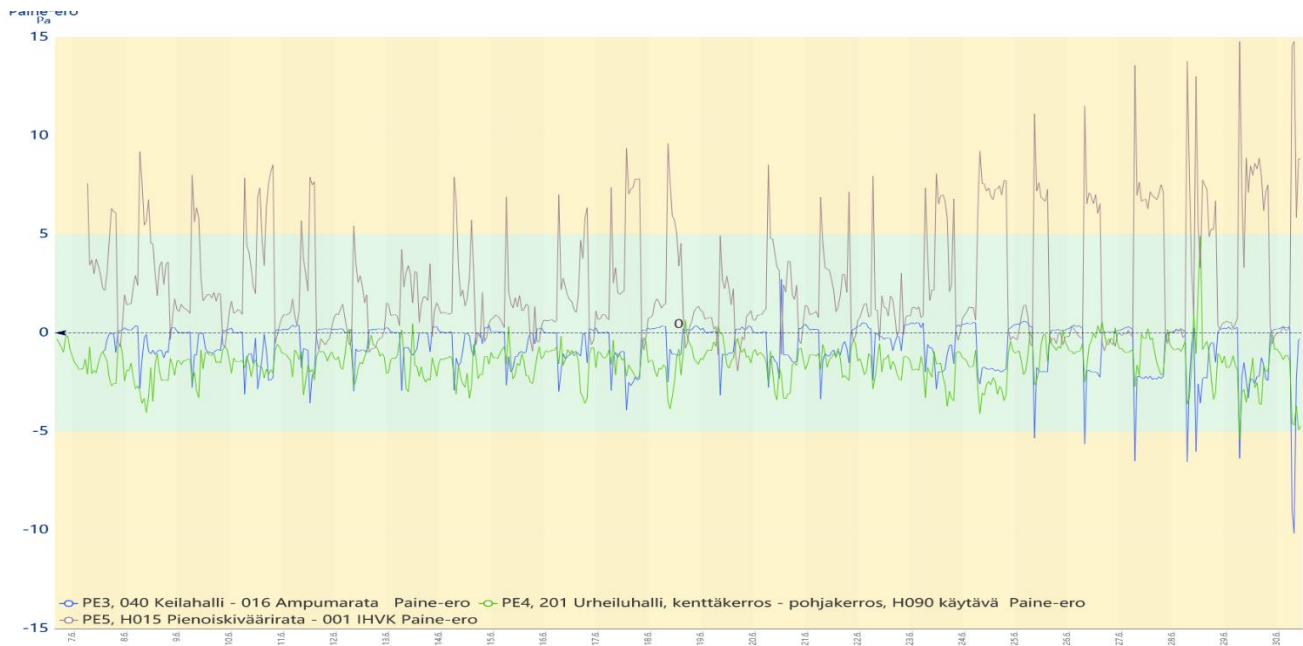
Rakennuksen painesuhteita ulkovaipan yli sekä eri tilojen välillä seurattiin n. 3 viikon seurantamittauksilla. Mittauspaikat on esitetty liitteen 3 pohjakuvissa.

Paine-eroseurantojen perusteella rakennuksen pohjakerros oli lähes koko seurantajakson lievästi ylipaineinen ulkoilmaan nähden ja kenttäkerros lievästi alipaineinen (Kuva 106). Ampumaradan tuloilmakoneen TK1 käyntijaksot näkyvät selvästi mittauksissa (keilahallin tuloilmakone TK6 käy jatkuvasti täydellä teholla). Koneen TK1 käydessä (kesäaikaan arkisin klo 6 - 20) pohjakerros ylipaineistuu ja koneen sammussa paine-ero on lähes nollassa. Pohjakerroksen ollessa ylipaineinen voi sisäilmaa kulkeutua ulkovaipparakenteiden ilmapuoreittien kautta rakenteisiin, joissa siitä voi tiivistyä vettä kylmille pinoille.



Kuva 106. Paine-eroseurannan perusteella pohjakerroksen tilat olivat lähes koko seurantajakson 6. - 30.6.2022 lievästi ylipaineiset ja kenttäkerros lievästi alipaineinen ulkoilman suhteen.

Eri tilojen välillä tehtyjen paine-eroseurantojen perusteella ampumarata ylipaineistuu viereisiin tiloihin (IV-konehuone 001, keilahalli ja portaikko 011) tuloilmakoneen TK1 käydessä (kuva 107). Tämä näkyy selvimmin mittauksessa PE5 ampumaradan ja IV-konehuoneen välillä, mutta myös mittauksessa PE3 keilahallin ja ampumaradan välillä. Koneen TK1 käyntijaksot näkyvät vaimeana myös rakennuksen toisesta päädystä tehdyssä kerrosten välisessä mittauksessa PE4. Pohjakerros ylipaineistuu päiväaikaan voimakkaammin kenttäkerrokseen nähden. Välipohjan läpivientien vuoksi tämä lisää myös juoksuradan korostusten alta kulkeutuvan ilman määrää päivisin.



Kuva 107. Eri tilojen välillä tehtyjen paine-eroseurantojen perusteella ampumaradan tuloilmakoneen TK1 käyntijaksot määrittävät tilojen välisiä paine-eroja koko rakennuksessa.

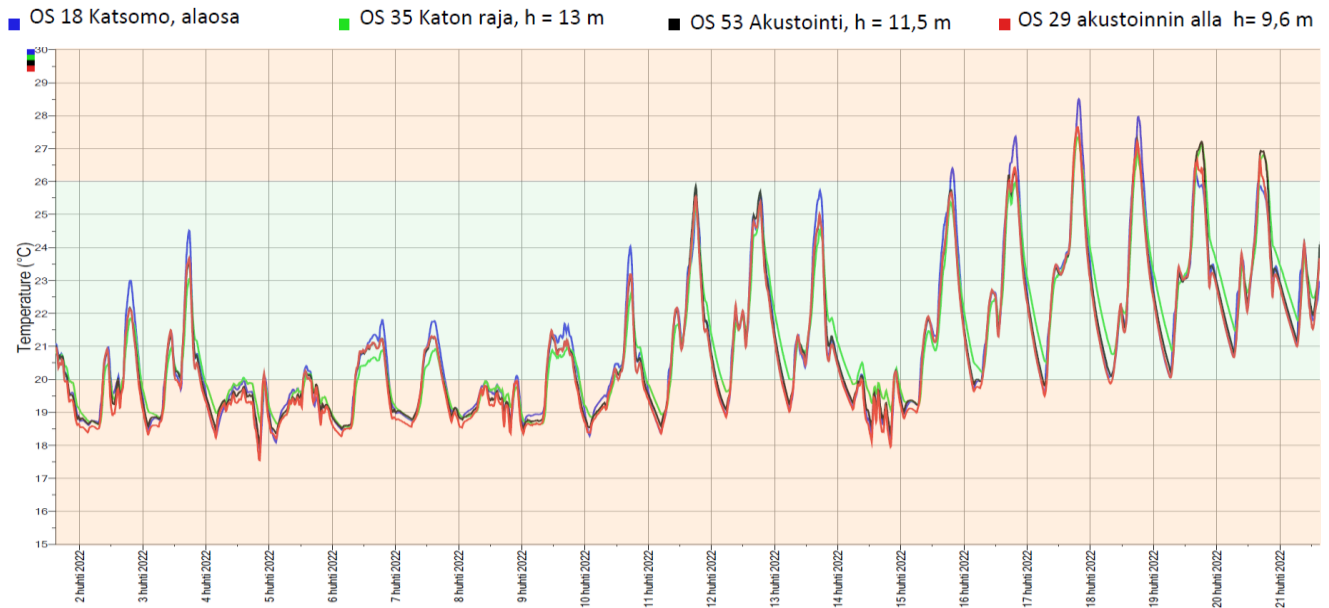
4.2 Sisäilman olosuhteet

Huhti- ja kesäkuussa 2022 tehtyjen seurantamittausten perusteella sisäilman olosuhteet olivat käyttöaikoina jatkuvasti Asumisterveysasetuksen mukaiset. Urheiluhallissa ilmanvaihto sekoittaa tehokkaasti sisäilmaa eikä lämpötilojen kerrostumista tapahdu pakkasjaksollakaan. Sisäilman lämpötilat täyttivät tilojen käyttöaikoina Asumisterveysasetuksen vaatimukset, sisäilman suhteelliset kosteudet seurasivat ulkoilman olosuhteita ja hiilidioksidipitoisuudet olivat matalia.

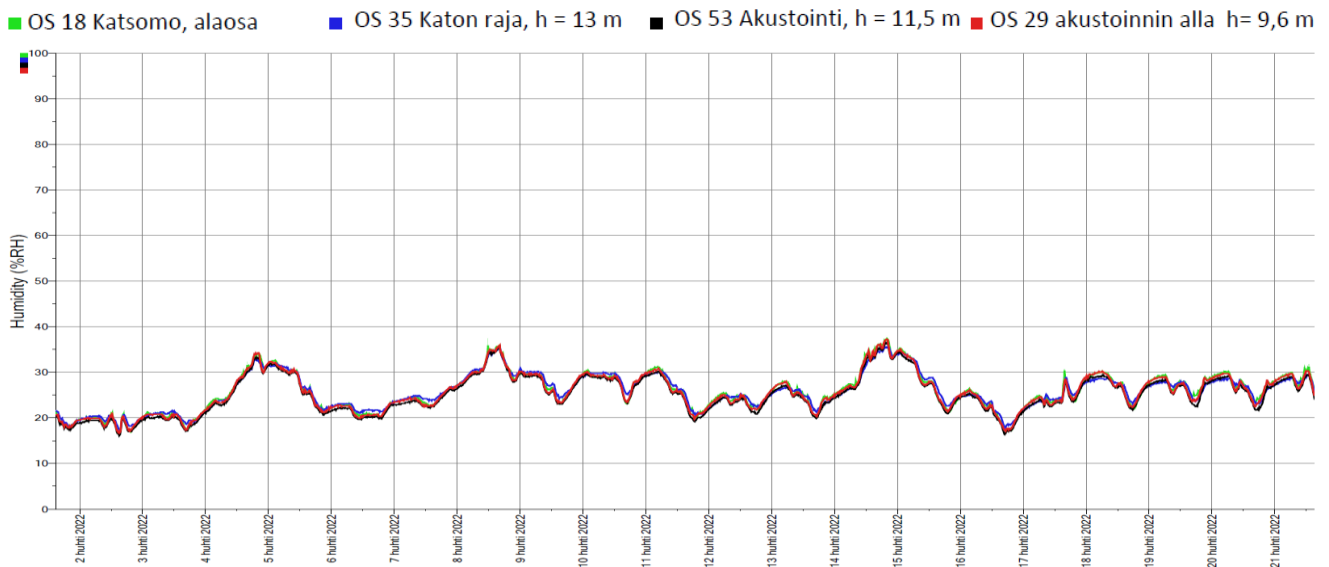
4.2.1 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisäilman lämpötiloja mitattiin kahdessa erässä. Huhtikuussa 2022 pakkaskaudella mitattiin lämpötilojen mahdollista kerrostumista urheiluhallissa ja lämmityskauden ulkopuolella kesäkuussa 2022 olosuhteita muissa tiloissa.

Huhtikuussa tehdyssä mittauksessa lämpötilojen kerrostuminen oli erittäin vähäistä (Kuva 108) ja lämpötilat olivat tilojen käyttöaikoina Asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen sallimat (asetus koskee vain oleskeluvyöhykettä eli katsomosta tehtyä mittausta). Katsomon alaosassa lämpötila oli enimmillään asteen verran korkeampi kuin katon rajassa n. 13 m korkeudessa. Tulosten perusteella ilmanvaihto sekoittaa tehokkaasti koko hallin ilman eikä katon rajaan muodostu herkästi riskiä sisäilman kosteuden tiivistymisestä kylmiin rakenteisiin. Samoissa mittapisteissä myös sisäilman suhteelliset kosteudet olivat matalia (Kuva 109).



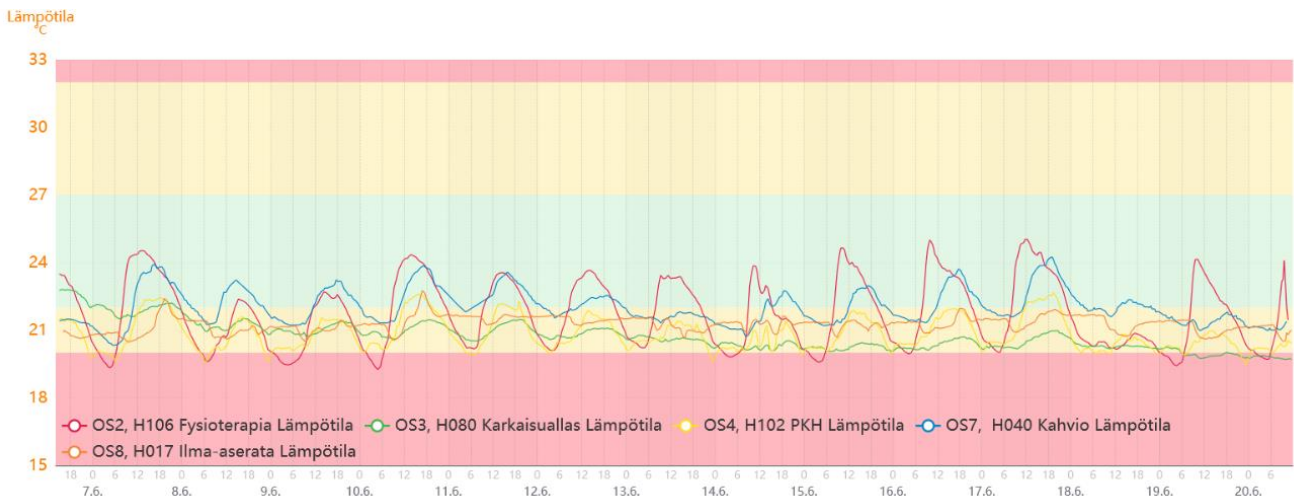
Kuva 108. Tuloksuvaajat lämpötilojen mahdollisen kerrostumisen selvittämiseksi 1. - 21.4.2022 tehdyistä olosuhdemittauksista. Vihreällä taustalla oleva, Asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen sallima alue koskee vain oleskeluvyöhykkeeltä eli katsomon alaosaan tehtyä mittausta OS18.



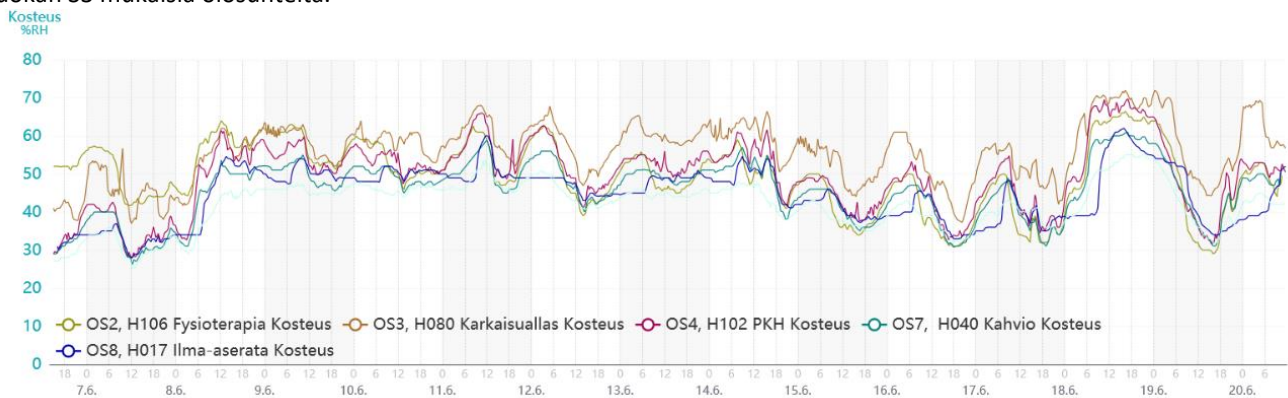
Kuva 109. Sisäilman suhteelliset kosteudet eri mittauskorkeuksilla urheiluhallissa 1. - 21.4.2022.

Kesäkuussa 2022 pohjakerroksesta tehdyissä olosuhdemittauksissa sisäilman lämpötilat olivat koko seuranta-jakson Asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen sisällä (Kuva 110). Lämpötilat täyttivät myös suurimman osan käyttöajasta toimenpiderajoja tiukemman Sisäilmastoluokituksen S3-luokan vaatimukset. Urheiluhallista ei tehty olosuhdemittauksia kesällä, koska se ei kesäaikaan ole yleisessä käytössä.

Sisäilman kosteudet olivat kesäkuussa vuodenaikaan nähden tavanomaiset ja seurasivat ulkoilman olosuhteita (Kuva 111). Suurimmillaan sisäilman suhteelliset kosteudet olivat noin 70 %.



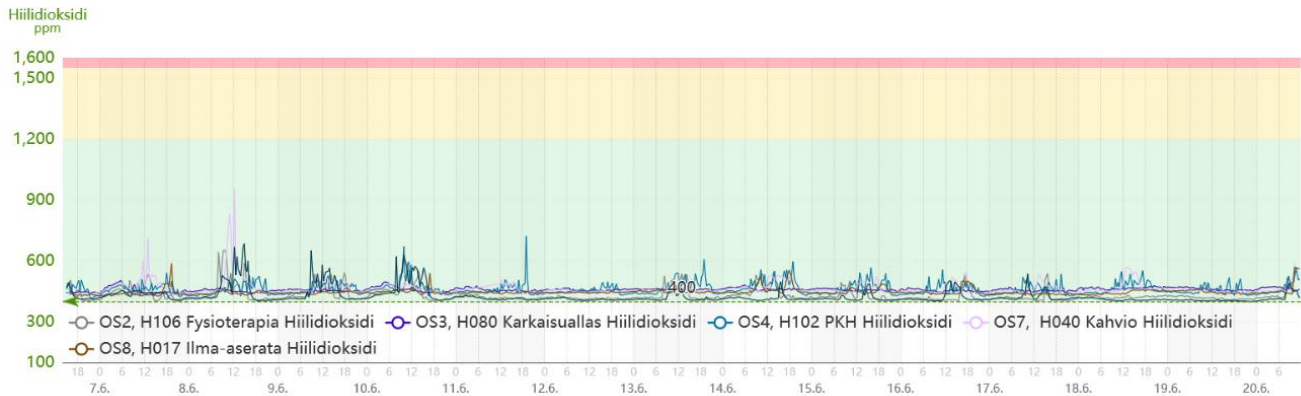
Kuva 110. Huoneilman lämpötilat 6. - 20.6.2022 pohjakerroksen tiloissa. Punainen alue kuvaa Asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen ylitystä, keltainen alue on toimenpiderajojen sisällä ja vihreä alue vastaa Sisäympäristöluokituksen 2018 luokan S3 mukaisia olosuhteita.



Kuva 111. Huoneilman suhteelliset kosteudet 6. - 20.6.2022 pohjakerroksen tiloissa olivat vuodenajalle tyypilliset.

4.2.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet olivat koko seurantajakson ajan matalia ja alittivat selvästi Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan (Kuva 112). Tulosten perusteella rakennuksen ilmanvaihto on ainakin kesäajan käyttäjämäärillä riittävän tehokas.



Kuva 112. Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet pohjakerroksen tiloissa seurantajaksolla 6. - 20.6.2022. Vihreä alue vastaa Sisäilmastoluokituksen luokkaa S3, keltainen Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan sallimaa pitoisuutta ja punainen tämän ylitystä.

4.3 Teolliset mineraalikuidut

Sekä rakennuksen pohjakerroksessa että aiemmin tehdyn tutkimuksen mukaan myös kenttäkerroksessa teollisten mineraalikuitujen pitoisuudet huonepinnoille laskeutuneesta pölystä ylittivät Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Pohjakerroksessa kuitulähteinä ovat erityisesti katon ja osin myös seinien iäkkäät akustoinnit. Ampumaradalla myös tuloilman päätelaitteissa havaittiin pinnoittamattomia villapintoja.

Sisäilman teollisten mineraalikuitujen pitoisuuksia kartoitettiin pohjakerroksessa huonepinnoille kahden viikon aikana laskeutuneesta pölystä geeliteippinäyttein. Tulokset on koottu taulukkoon 9, mittauspaikat esitetty liitteen 3 pohjakuvissa, analyysivastaukset liitteessä 7. Ampumaradalla 015 ja sen toimistossa 018 kaikkien näytteiden kuitupitoisuudet ja samalla niiden keskiarvot ylittävät mittausepävarmuus huomioituna Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan selvästi. Keilahallissa yhden näytteen kuitupitoisuus ylittää mittausepävarmuus huomioituna toimenpiderajan, mutta tilasta otettujen kolmen näytteen keskiarvo ei.

Taulukko 9. Yhteenveto teollisten mineraalikuitujen laskeumanäytteiden tuloksista.

Kuidut sisäilmasta, huonepinnoille 14 vrk aikana laskeutunut pöly, epävarmuutena käytetty laboratorion ilmoittamaa lukemaepävarmuutta 24 %						
Tila	Näyte-tunnus	Kuituja [kpl/näyte]	Kuituja [kpl/cm ²]	Keskiarvo [kpl/cm ²]	Tulos [kpl/cm ²] (epävarmuus huomioiden)	Tulkinta
Keilahalli 040 - 043	K1.1	1	0,07	0,12 (0,09-0,148)	0,09	Koholla
	K1.2	0	0,00			
	K1.3	4	0,29			
Ampumarata 015	K2.1	5	0,36	1,12 (0,85-1,388)	0,85	Poikkeava
	K2.2	27	1,93			
	K2.3	15	1,07			
Toimisto 018	K3.1	8	0,57	0,90 (0,688-1,122)	0,69	Poikkeava
	K3.2	15	1,07			
	K3.3	15	1,07			

Pohjakerroksessa havaittiin teollisten mineraalikuitujen lähteitä erityisesti keilahallin takaosan teknisissä tiloissa, kattojen iäkkäissä akustiikkalevyissä ja ampumaradan tuloilman päätelaitteissa (Kuvat 113 - 118).



Kuva 113. Keilaradan katon iäkkäät akustiikkalevyt sekä tekniikkakäytävän seinän villalevyt toimivat teollisen mineraalikulitujen lähteinä.



Kuva 114. Katon vanhat akustiikkalevyt ovat yläpuolelta pinnoittamattomat.



Kuva 115. Keilahallin keittiön sälekaton reikien kautta voi kulkeutua kuituja säleikön päällä olevasta mineraalivillasta.



Kuva 116. Keittiön alakaton päällä olevaa likaantunutta villaa.



Kuva 117. Ampumaradan tuloilman päätelaitteissa oli pinnoittamatonta mineraalivillaa.



Kuva 118. Ampumaradan takakäytävillä tuloilmakanavien ympärillä oli pinnoittamatonta mineraalivillaa.

Vuodenvaihteessa 2021 - 2022 tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että myös urheiluhallissa kuitupitoisuudet ylittivät Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan (Taulukko 10).

Taulukko 10. Yhteenveto aiemmin tehdystä urheiluhallin kuitunäytteenotosta.

Kuidut sisäilmasta, huonepinnoille 14 vrk aikana laskeutunut pöly, epävarmuutena käytetty laboratorion ilmoittamaa lukemaepävarmuutta 24 %

Tila	Näyte-tunnus	Kuituja [kpl/näyte]	Kuituja [kpl/cm ²]	Keskiarvo [kpl/cm ²]	Tulos [kpl/cm ²] (epävarmuus huomioiden)	Tulkinta
Putki	K1	6	0,43	0,29 (0,223-0,363)	0,22	Poikkeava
Pohjoispääty	K2	2	0,14			
Heittopaikka	K3	7	0,50			
Kaakkoispääty	K4	6	0,43			
Kioski	K5	1	0,07			
Juoksusuora	K6	5	0,36			
Varastohäkki	K7	5	0,36			
Katsomo A	K8	1	0,07			
Katsomo D	K9	2	0,14			
Katsomo E	K10	6	0,43			

5 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän yleiskuvaus

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on kanavien osalta pääosin alkuperäinen. Pääosin vuonna 1996 uusitut ilmanvaihtokoneet ovat ylittäneet teknisen käyttöikänsä eikä niissä ole lämmöntalteenottoa. Tuloilman joukossa käytetään kierrätysilmaa ja IV-järjestelmässä on teollisten mineraalikuitujen lähteitä. Ilmanvaihtojärjestelmä suositellaan uusittavan kokonaisuudessaan peruskorjauksen yhteydessä. Mikäli käyttöön jätetään vanhaan kanavistoa, suositellaan niiden tarkastusta ja kuitulähteiden kartoitusta esim. kuvaamalla.

Rakennuksessa on usealla ilmanvaihtokoneella toteutettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, jossa käytetään kierrätysilmaa. Yhteenvedo ilmanvaihtojärjestelmästä on esitetty taulukossa 11 ja puhtauden arviointi kappaleessa 5.2.

Taulukko 11. Yhteenvedo urheiluhallin tuloilmakoneista.

IV-kone	Ilmoitetut käyntiajat	palvelualue	Muut huomiot
TK1 TF1 IVKH 002 TK1 PF1-3 jätetilassa 021	ma-pe: 7:00 - 21:00 la-su: 9:00 - 16:00	Ampumaradat + keilahallin kahvio 040	-puhallin asennettu 1996, kammiot siistit, ei viemärointiä -raitisilma otetaan rakennusaineisen kanavan kautta -raitisilmapelti ei sulkeudu, suodatin ei tiivis -äänenvaimentimesta ei irtoa kuituja -tehostusmahdollisuus ampumaradan toimistosta
TK2 TF1 TK2KOF1 IVKH 001 Poistot hallin ka- tossa	ma-su: 6:00 - 22:30	Kenttäkerros + ik- kunapuhallus (koillissivu)	-puhallin asennettu 1996, kammiot siistit, ei viemärointiä -raitisilma otetaan rakennusaineisen kanavan kautta -Käyttää kierrätysilmaa (myös TK2KOF1)
TK5 TF1 TK5KOF1 TK5KOF2 IVKH 038 Poistot hallin ka- tossa	ma-su: 6:00 - 22:30	Kenttäkerros+ ik- kunapuhallus (lounaissivu)	-puhallin asennettu 1996, kammiot siistit -suodattimet vaihdettu 05/2022 (vuosittain) -raitisilma otetaan pihakannen päältä -suodattimet eivät asennu täysin tiiviisti -Kierrätysilmaa IV-konehuoneesta kenttäkerrokseen koneiden TK5KOF1 ja KOF2 kautta
TK6 TF1 IVKH 038b Poisto TK6 PF1	24/7 täysi teho	keilahalli + sauna- tilat	-puhallin asennettu 1996 -raitisilma otetaan pihakannen päältä -raitisilmapelti ei sulkeudu, suodatin ei tiivis -kierrätysilma poistokoneesta TK6 PF1 -koneessa kostutus, kammiossa viemärointi (hajulukko kuiva) -puhallinkammiossa runsaasti kosteuden aiheuttamia jälkiä
TK7 TF1 IVKH 038b Poisto TK7 PF1 Pkh 097 edusta	ma-su: 1/1-teho: 5:30 - 23:30 1/2-teho: 23:30 - 5:30	Sosiaalitalit	-puhallin asennettu 1996, ei viemärointiä -raitisilma otetaan pihakannen päältä -raitisilmapelti ei sulkeudu, suodatin ei tiivis -kammiossa pinttynyttä likaa ja kosteusjälkiä
TK8 TF1 IVKH 038b Poisto: TK8 PF1	ma-pe: 6:00 - 22:00 la-su: 7:00 - 18:00	Kuntosalit	-puhallin asennettu 1996, ei viemärointi -raitisilma otetaan pihakannen päältä -raitisilmapelti ei sulkeudu, suodatin ei tiivis -kammiossa pinttynyttä likaa ja kosteusjälkiä

Alkuperäisen, vuodelta 1971 peräisin olevan järjestelmän osin alapohja- ja välipohjarakenteiden sisällä kulkevat kanavat ovat pääosin edelleen käytössä, vaikka järjestelmään on tehty muutoksia useaan otteeseen. Suurin IV-saneeraus on tehty 1996, jolloin nykyiset tuloilmapuhaltimet juoksuputken konetta lukuun ottamatta on uusittu. Tuloilmakoneet ovat siis juuri ylittäneet teknisen käyttöikänsä (20...25 vuotta). Poistoilmakoneet on sijoitettu pääosin erilleen tuloilmakoneista eikä järjestelmässä ole lämmöntalteenottoa. Saneerausten yhteydessä IV-kuvat on päivitetty ilmeisesti vain saneeratulta alueelta eikä kattavia ajantasakuvia ollut ainakaan tätä

tutkimusta tehtäessä käytettävissä. Liitteen 3 pohjakuvissa on esitetty karkeasti kanavien ja koneiden sijainnit palvelualueineen. Kuva on laadittu yhdistelemällä eri aikakauden piirustuksia sekä tutkimusten yhteydessä tehtyjä havaintoja ja siihen tulee suhtautua varauksella. Koska ilmamäärien suunnitteluarvoja ei ollut käytettävissä, ilmamäärien riittävyttä tilojen käyttöön nähden arvioitiin olosuhde- ja hiilidioksidiseurannoin.

5.2 Tuloilmajärjestelmän puhtaus

Tuloilmakoneet ovat pääosin vuodelta 1996, mutta kanavistot osin alkuperäisiä. Usean tuloilmakoneen raitisilmapelit eivät sulkeudu koneiden pysähtyessä eivätkä suodattimet asennu tiiviisti. Koneiden kammioissa on pinttynyttä likaa ja kosteuden aiheuttamia jälkiä. Useassa koneessa käytetään myös kierrätysilmaa. Tuloilmakanavisto oli melko puhdas ampumaradan ja keilahallin kahvion alueilla (TK2). Muissa tiloissa kanavistossa oli vaihtelevasti pölyä.

Tuloilmakone TK1

Ampumaratoja ja keilahallin kahviota palveleva tuloilmakone TK1 TF1 on sijoitettu IV-konehuoneeseen 002 (Kuva 119). Koneelle on käsikäyttöinen tehostusmahdollisuus ampumaradan toimistosta. Osin samaa palvelu-alueetta vastaavat poistoilmakoneet TK1 PF1 - 3 sijaitsevat jätehuoneessa 021. Tuloilmakoneen raitisilmakammio ei ole viemäröity ja sen pohjalla on vähäisiä kosteusjälkiä (Kuva 120). Raitisilma otetaan koneessa rakennusaineisen kanavan kautta vanhan tuhkakuilun kohdalta (Kuvat 121 ja 122). Samasta kuilusta otetaan raitisilma myös koneelle TK2. Raitisilmapelti ei sulkeudu koneen pysähtyessä (Kuva 123). Suodattimet (F7) ovat hyväkuntoiset, mutta eivät asennu tiiviisti (Kuva 124). Koneen kammio ja lämmityspatterit ovat puhtaat ja hyväkuntoiset. Koneen äänenvaimentimet ovat käytävän 004 katossa eikä niitä päästy tarkastamaan. Tuloilmakanavista otettujen kuitunäytteiden **KK1 - KK7** kuitupitoisuudet olivat pieniä (Taulukko 12), joten kuitujen irtoaminen äänenvaimennusmateriaaleista on todennäköisesti estetty.



Kuva 119. Tuloilmakone TK1 IV-konehuoneessa 002.



Kuva 120. Raitisilmakammio ei ole viemäröity, kammion pohjalla on vähäisiä kosteusjälkiä.



Kuva 121. Raitisilma otetaan rakennusaineisen kanavan kautta.



Kuva 122. Raitisilmakanavat koneille TK1 (yläpuolella) ja TK2 (alapuolella).



Kuva 123. Koneen TK1 raitisilmapelti (alla) ei sulkeudu koneen pysähtyessä. Yllä raitisilmakanavan pää.



Kuva 124. Suodattimet ovat hyväkuntoiset, mutta eivät asennu tiiviisti.

Ampumaradalla tuloilma jaetaan joko suoraan kanavien kyljessä olevien reikien tai erillisten päätelaitteiden kautta (Kuvat 125 ja 127). Kanavat ovat hyväkuntoiset ja niiden pohjalla oli vain vähän hienojakoista pölyä (Kuva 126). Päätelaitteiden sisällä oli pinnoittamatonta mineraalivillaa, josta voi irrota kuituja tuloilman mukaan (Kuva 128). Keilahallin kahviossa tuloilma jaetaan syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaitteiden kautta ja kokoustilassa reikäkanavasta (kuvat 129 ja 130).



Kuva 125. Tuloilma jaetaan osin kanavien kyljessä olevien reikäsuuttimien kautta.



Kuva 126. Tuloilmakanavan pohjalla oli vähän hienojakoista pölyä.



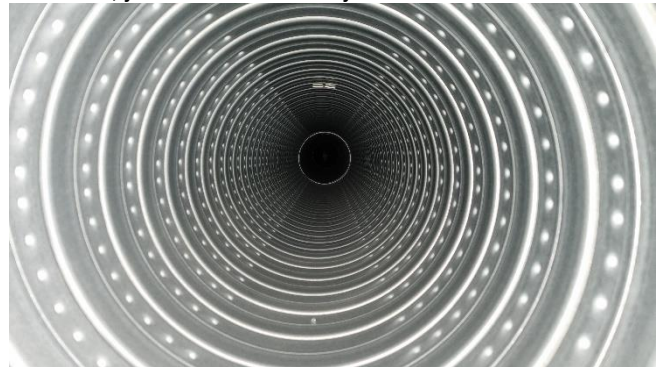
Kuva 127. Ampumaradalla oli myös erillisiä tuloilman päätelaitteita.



Kuva 128. Päätelaitteiden sisällä oli pinnoittamatonta mineraalivillaa, josta voi irrota kuituja tuloilmaan.



Kuva 129. Keilahallin kahviossa tuloilma jaetaan syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaitteiden kautta.



Kuva 130. Kokoustilassa tuloilma jaetaan reikäkanavan kautta. Kanava oli puhdas, mutta sen päällä oli runsaasti pölyä.

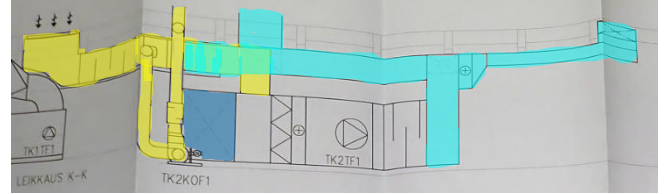
Tuloilmakone TK2

Kenttäkerrosta palveleva tuloilmakone TK2 TF 1 ja kierrätysilmakone TK2 KOF1 sijaitsevat IV-konehuoneessa 001 (Kuva 131). Kenttäkerrosta palvelee myös tuloilmakone TK5 TF1 ja kierrätysilmakoneet TK5 KOF1-2. Kenttäkerroksen poistoilmakoneet sijaitsevat hallin katossa (Kuva 132). Raitisilma otetaan koneeseen saman rakennusaikeisen kanavan kautta kuin koneeseen TK1. Peltisessä raitisilmakammiossa ei ole viemärointiä (Kuva 133). Raitisilmapelti sulkeutuu tiiviisti koneen pysähtyessä (Kuva 134). Pellin takana kammion pohjassa on vähäisiä kosteusjälkiä. Hiljattain vaihdetut suodattimet (F7) ovat puhtaat, ne asettuvat tiiviisti ja niiden koskettaminen kammion pohjaan on estetty (Kuva 135). Suodattimien takana kammion pohjalla on kuitenkin jonkin verran karkeaa likaa. Puhallinkammio on puhdas, pinnoilla on vain vähän pinttynyttä likaa. Puhallin on ikäisekseen

hyväkuntoinen. Äänenvaimennuskasetin lamellit ovat hyväkuntoiset ja kuitujen irtoaminen tuloilman mukaan on estetty (kuva 136).



Kuva 131. Tuloilmakone TK2. Etualalla alhaalla raitisilmakammio, jonka päällä vinosti kenttäkerroksen lattiasäleikön kautta imettävän kierrätysilman kanava (keltainen nuoli).



Kuva 132. TK2 TF1 ja KOF1. Kierrätysilma (keltainen) imeetään kenttäkerroksen lattiasta. Ilma jaetaan ylös kenttäkerroksen koneen päältä sekä ikkunapuhalluksen lattiakanavaan (kuvassa oikeassa reunassa).



Kuva 133. Peltisessä raitisilmakammiossa ei ole viemärointiä. Kuva otettu raittiin ilman tulosuunnasta (nuoli kuvaa ilmavirtauksen suuntaa).



Kuva 134. Raitisilmapelti sulkeutuu automaattisesti koneen pysähtyessä, pellin takana on vähäisiä kosteusjälkiä.

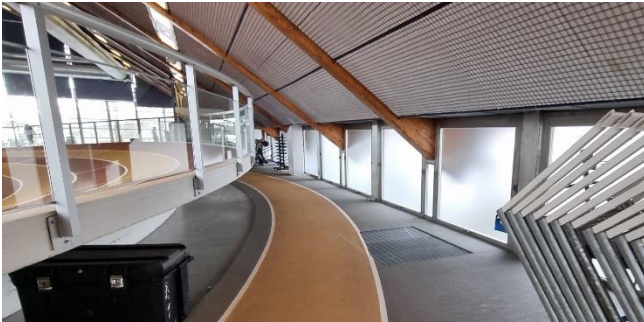


Kuva 135. Suodattimet (F7) ovat puhtaat, asettuvat tiivisti eivätkä ne ota kiinni kammion pohjaan.



Kuva 136. Äänenvaimennin on siisti ja kuitujen irtoaminen on estetty.

Kone käyttää myös kierrätysilmaa, joka imeetään kenttäkerroksen lattiassa olevan säleikön kautta (Kuvat 131, 132 ja 137). Kierrätysilmakanava on likainen (kuva 138). Samasta kierrätysilmakanavasta otetaan ilmaa myös kiertoilmapuhaltimelle TK2KOF1, joka puhaltaa ilmaa kuvassa 139 näkyvään pienempään kenttäkerroksen kanavaan. Tuloilmakoneelta TK2 ilma jaetaan kenttäkerrokseen kuvan 139 paksumman kanavan kautta sekä koilisen puoleisen seinustalla välipohjarakenteessa kulkevan ikkunapuhalluskanavan kautta (Kuvat 140 - 142). Kanava on likainen ja sen sisäpinnoilla on vähäisiä kosteuden aiheuttamia jälkiä.



Kuva 137. Kierrätysilma imetään kenttäkerroksen lattiassa olevan säleikön kautta.



Kuva 138. Koneen päälle tuleva kierrätysilmakanava on likainen.



Kuva 139. Tuloilmakoneen TK2 ilmaa puhalletaan kenttäkerroksen päädyn kanavien kautta (paksumpi putki) ja kierrätysilmaan koneesta TK2 KOF1 ohuemman putken suuttimista.



Kuva 140. Koneelta TK2 otetaan tuloilma myös koillisen puoleisen seinustan ikkunapuhallukseen.



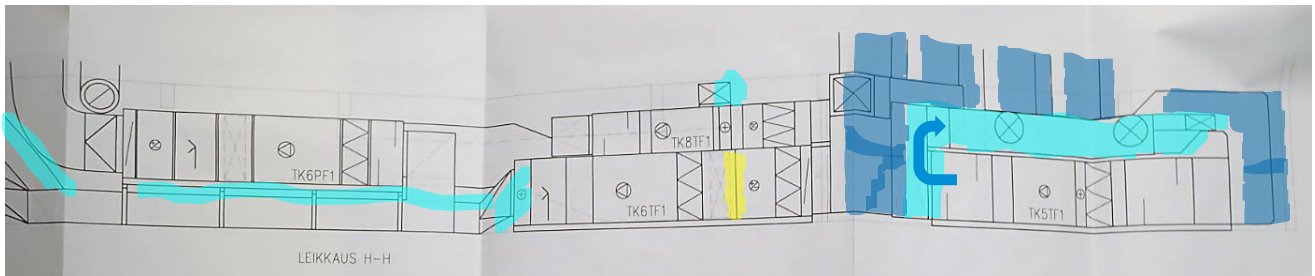
Kuva 141. Tuloilmakanava tulee IV-konehuoneesta 001 kenttäkerrokseen juuri kuvan 140 tarkastusluukun kohdalta



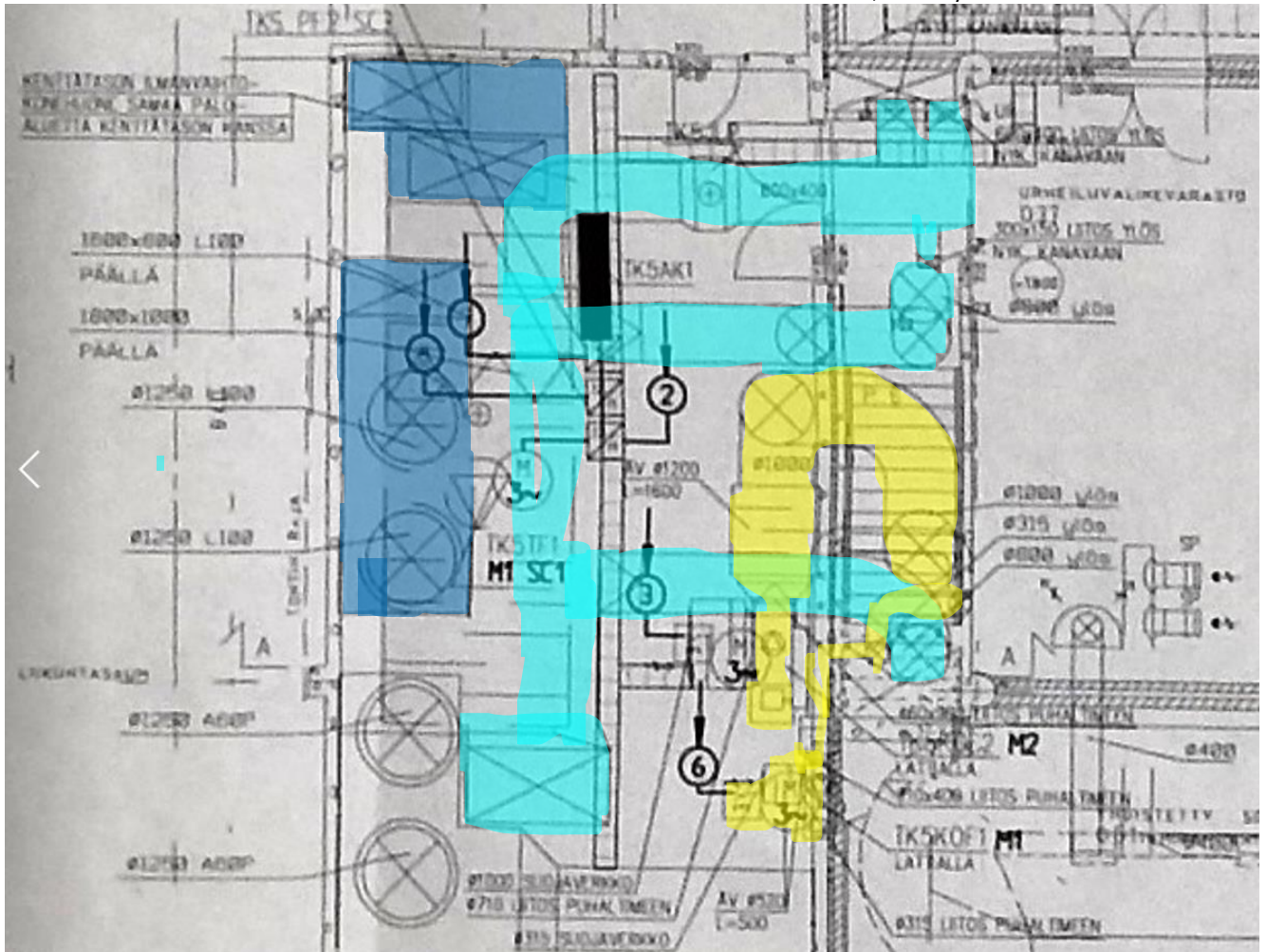
Kuva 142. Ikkunaseinustalla kulkeva kanava on likainen ja siinä on myös kosteuden aiheuttamia jälkiä.

Tuloilmakone TK5

Kenttäkerrosta palveleva tuloilmakone TK5 TF1 ja kierrätysilmakoneet TK5 KOF1 ja KOF2 sijaitsevat IV-konehuoneessa 038. Raitisilma otetaan koneelle TK5 pihakannen päältä (Kuvat 143 ja 144). Raitisilmapelti sulkeutuu automaattisesti koneen pysähtyessä (Kuva 145). Suodattimet eivät asetu täysin tiivistä. Koneen kammiot ovat siistikuntoiset ja kuitujen irtoaminen äänenvaimentimista on estetty (Kuva 146). Koneelta lähtevistä runkokanavista otettujen geeliteippinäytteiden **KK16** ja **KK17** kuitupitoisuudet olivat pieniä. Kenttäkerroksen lattiassa kulkevasta ikkunatuuletuskanavasta (Kuva 150) otetun näytteen **KK15** kuitupitoisuus sen sijaan oli erittäin korkea.



Kuva 143. Tuloilmakoneet TK5 - TK8 konehuoneissa 038 ja 038b ottavat raittiin ilman pihakannen päältä. Raitisilmareitit koneille korostettu tummansinisellä. Tuloilmakanavat koneilta korostettu turkoosilla, kierrätysilma keltaisella.



Kuva 144. Tuloilmakoneen TK5 ja kierrätysilmakoneet. Korostusvärit kuten kuvassa 143.



Kuva 145. TK5 raitisilmakammiossa on vähäisiä kosteusjälkiä, raitisilmapeltili sulkeutuu automaattisesti koneen pysähtyessä.



Kuva 146. Äänenvaimennuslamellit ovat hyväkuntoiset ja kuitujen irtoaminen niistä on estetty.

Kenttäkerrokseen ilmaa puhalletaan myös kierrätysilmakoneilla TK5 KOF1 ja KOF2, jotka ottavat ilman suoraan IV-konehuoneesta (Kuvat 143 ja 144). Kummankin kierrätysilmakoneen ilmanottoaukossa on päällystämätöntä mineraalivillaa, josta voi irrota kuituja puhallusilmaan (Kuvat 147 ja 148). Lisäksi IV-konehuoneen katossa on pinnoittamattomia mineraalivillalevyjä.



Kuva 147. Kierrätysilmakone TK5 KOF1



Kuva 148. Kierrätysilmakoneille otetaan ilmaa konehuoneesta 038. Ilmanottoaukoissa on pinnoittamatonta mineraalivillaa.



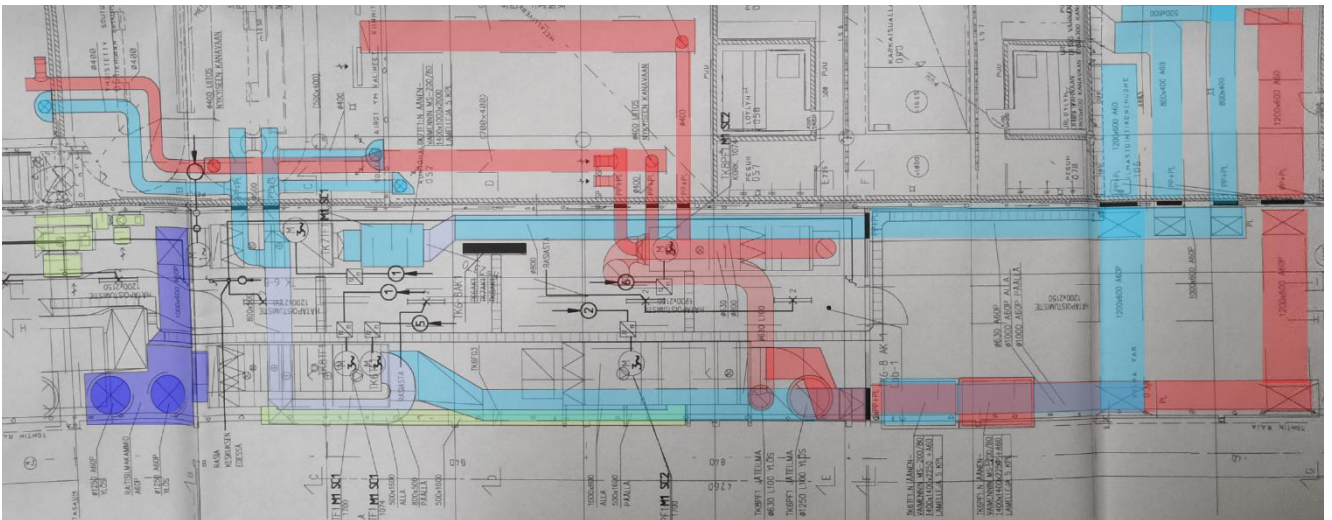
Kuva 149. IV-konehuoneen katossa on pinnoittamattomia mineraalivillalevyjä.



Kuva 150. Ikkunapuhalluskanavaan kertyy lattiapellitikkessä olevien reikien kautta runsaasti likaa.

Tuloilmakone TK6

Tuloilmakoneet TK6 - TK8 sijaitsevat IV-konehuoneessa 038b (Kuva 151). Koneet ottavat raittiin ilman pihakanen päältä yhteisen raitisilmakammion kautta. Keilahallia palveleva tuloilmakone TK6 TF1 käyttää kierrätysilmaa poistokoneelta TK6 PF1 (Kuva 151, 152, 156 ja 158). Tuloilmakoneen raitisilmapeltili ei sulkeudu automaattisesti koneen pysähtyessä (Kuva 153). Suodattimet eivät asennu tiivisti ja niiden koskettamista kammion pohjaan ei ole estetty (Kuvat 154 ja 156). Koneessa käytetään kostutusta, joka näkyy mm. puhallinkammion runsaina kosteusjälkinä (Kuva 157). Kostutinkammiossa on viemärointi, jonka hajulukko oli kuiva. Tuloilmakanavasta keilahallin takaosasta otetuin geeliteippinäytteen **KK9** kuitupitoisuus oli selvästi poikkeava (Kuva 159).



Kuva 151. Tuloilmakoneet TK6 - TK8 ja poistoilmakone TK6 PF1 sijaitsevat IV-konehuoneessa 038b. Kuvassa on korostettu raitisilmakanavia tumman sinisellä, tuloilmakanavia vaaleansinisellä, poistoilmakanavia punaisella ja kierrätysilmakanavia keltaisella.



Kuva 152. Tuloilmakone TK6 TF1 (oikealla alla) käyttää kierätysilmaa (keltainen nuoli) kuvassa vasemmalla sijaitsevalta poistokoneelta TK6 PF1.



Kuva 153. Raitisilmapelti ei sulkeudu automaattisesti.



Kuva 154. Koneen TK6 suodattimet eivät asennu tiiviisti.



Kuva 155. Suodattimet pääsevät koskemaan kammion pohjaa. Kuvassa myös raitisilmapellin toimimaton moottori.



Kuva 156. Koneelle otetaan kierrätysilmaa poistokoneen TK6 PF1 kautta mm. keilahallin lattiasta (kierrätysilmakanavan liittymä tuloilmakoneeseen kuvassa takana).



Kuva 157. Koneessa käytetään kostutinta, mikä näkyy runsaina kosteusjälkinä mm. puhallinkammiossa.



Kuva 158. Keilahallin lattian pöyinen ja likainen poistoilmakanava, josta otetaan kierrätysilmaa koneelle TK6.



Kuva 159. Keilaradan takaosassa sijaitsevasta tuloilmakanavasta otetun geeliteippinäytteen **KK9** kuitupitoisuus oli poikkeava.

Tuloilmakone TK7

Sosiaalitoija palvelevan tuloilmakoneen TK7 raitisilmapelti ei sulkeudu koneen pysähtyessä (Kuva 160). Suodatimet eivät asennu tiiviisti (Kuva 161) ja suodatinkammion pohjalla oli runsaasti pinttynyttä likaa sekä kosteusjälkiä. Koneen palvelualueen tuloilmakanavista ja tuloilman päätelaitteista otetuista viidestä geeliteippinäytteestä **KK8**, **KK10**, **KK11**, **KK12** ja **KK13** kahdessa kuitupitoisuudet olivat erittäin korkeat, yhdessä koholla ja kahdessa pienet.



Kuva 160. Tuloilmakoneen TK7 raitisilmapelti ei sulkeudu koneen pysähtyessä.



Kuva 161. Suodattimet eivät asennu tiiviisti.

Tuloilmakone TK8

Kuntosaleja palveleva tuloilmakone TK8 sijaitsee koneen TK6 päällä (Kuva 162). Koneen raitisilmapelti ei sulkeudu koneen pysähtyessä (Kuva 163). Suodattimet eivät asennu tiiviisti ja suodatinkammion pohjalla on pinttynyttä likaa ja runsaasti kosteusjälkiä (Kuva 164). Kuitujen irtoaminen äänenvaimentimista on estetty (Kuva 165).



Kuva 162. Tuloilmakoneet TK6 (alla) ja TK8 (päällä).



Kuva 163. Tuloilmakoneen TK8 likainen raitisilmapelti ei sulkeudu koneen pysähtyessä.



Kuva 164. Suodattimet eivät asennu tiiviisti.



Kuva 165. Kuitujen irtoaminen äänenvaimentimesta on estetty.

Kuntosaleissa tuloilma jaetaan sekä kattohajottajin että syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaittein (Kuva 166). Syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaitteen sisältä otetun geeliteippinäytteen (KK14) kuitupitoisuus oli poikkeava.

Tuloilmakanavissa on runsaasti pölyä (Kuva 167). Kuntosalin katossa on myös kierrätysilmapuhallin, jonka sisäpinoilla on reikäpellin takana pinnoittamatonta mineraalivillaa (Kuvat 168 ja 169). Kuntosalissa on myös aiemmin käytössä ollut kenttäkerroksen ikkunapuhalluksen kierrätysilman imuaukko ja kanavisto, jonka sisällä on runsaasti pinnoittamatonta mineraalivillaa (Kuva 170).



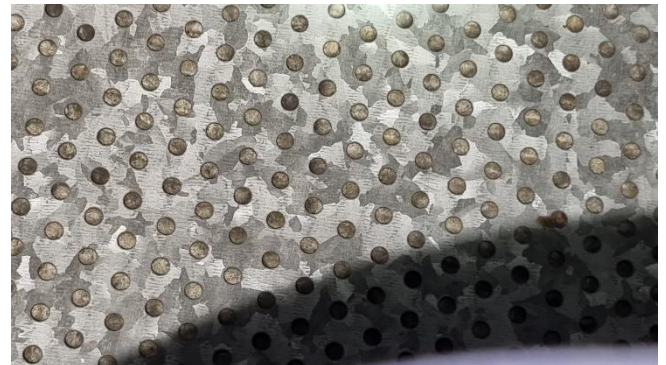
Kuva 166. Tuloilma jaetaan kuntosaleissa sekä kattohajottajin että kuvassa näkyvin syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaittein.



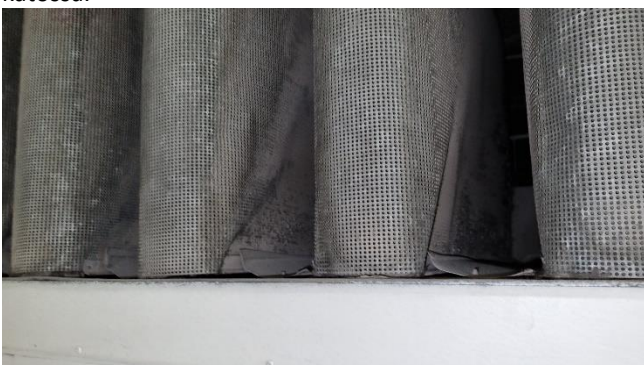
Kuva 167. Tuloilmakanavissa on runsaasti pölyä, pölyrajat ovat selvästi havaittavissa "klo kolmessa ja yhdeksässä".



Kuva 168. Kierrätysilman puhalluksen päätelaite kuntosalin katossa.



Kuva 169. Päätelaitteen sisällä on reikäpellin takana pinnoittamatonta mineraalivillaa.



Kuva 170. Kuntosalissa on avoinna myös vanha ikkunapuhalluksen kierrätysilman imuaukko, jonka sisällä on runsaasti pinnoittamatonta mineraalivillaa.

Edellä esitettyjen lisäksi juoksuputken aluetta palveleva tuloilmakone on sijoitettu putken kattoon. Konetta ei tarkastettu.

5.3 Teolliset mineraalikuidut tuloilmakanavista

Tuloilmakanavistoista ja tuloilman päätelaitteista otettujen geeliteippinäytteiden perusteella tuloilmajärjestelmä toimii merkittävänä teollisten mineraalikuitujen lähteenä lähes koko rakennuksessa.

Aistinvaraisen tarkastelun tueksi tuloilmakanavista ja tuloilman päätelaitteista kerättiin geeliteippinäytteitä kuituanalyyysiin. Analyysien tulokset on kerätty taulukkoon 12, analyysivastaukset ovat liitteinä 8 ja 9 sekä mittauspaikat on esitetty liitteen 3 pohjakuvissa. Tulosten perusteella tuloilmakoneesta TK2 ja sen äänenvaimentimista ei irtoa kuituja tuloilman mukaan (ampumaradalla tuloilman päätelaitteissa kuitenkin on kuitulähteitä, ks. kapale 5.2). Tuloilmakoneen TK5 runkokanavien kuitupitoisuudet olivat matalia, mutta ikkunapuhalluksen kanavassa poikkeavat. Tuloilmakoneiden TK6 - TK8 kanavanäytteissä todettiin kaikissa poikkeavia kuitupitoisuuksia.

Taulukko 12. Yhteenveto tuloilmakanavista ja tuloilman päätelaitteista otettujen geeliteippinäytteiden kuituanalyysin tuloksista (liitteet 8 ja 9).

Teolliset mineraalikuidut tuloilmakanavista, tuntematon laskeuma-aika						
Tila	Näyte-tunnus	Näytteenotto-paikka	Tuloilma-kone	Tulos [kpl/cm ²]	Tulkinta	
013	ilma-aserata	KK1	tuloilmakanava	TK2	3,5	Normaali
013	ilma-aserata	KK2	tuloilmakanava	TK2	7,0	Normaali
017	ilma-aserata	KK3	tuloilmakanava	TK2	3,1	Normaali
013	ampumarata	KK4	tuloilmakanava	TK2	4,9	Normaali
041	keilahalli aula	KK5	tuloilmakanava	TK2	4,3	Normaali
040/1	kokoustila	KK6	tuloilmakanava	TK2	4,4	Normaali
040	käytävä	KK7	tuloilmakanava	TK2	4,7	Normaali
061	keilahalli tsto	KK8	päätelaite	TK7	3,6	Normaali
043	keilahalli takakäytävä	KK9	tuloilmakanava	TK6	41,0	Poikkeava
090	pkh käytävä	KK10	päätelaite	TK7	9,2	Normaali
090	pkh käytävä	KK11	tuloilmakanava	TK7	62,0	Poikkeava
082	sosiaalitila	KK12	päätelaite	TK7	280,0	Poikkeava
103	Voimala	KK13	päätelaite	TK7	18,0	Koholla
051	kuntosali	KK14	syrj- IV päätel-	TK8	64,0	Poikkeava
202	Lämmittelysuora	KK15	Lattian kanava	TK5	60,0	Poikkeava
038	IVKH	KK16	runkokanava	TK5	6,4	Normaali
038	IVKH	KK17	runkokanava	TK5	6,7	Normaali

6 Altistumisolosuhteiden arviointi

Tehdyn kuntotutkimuksen perusteella on arvioitu poikkeavan altistumisen todennäköisyyttä tutkituille altisteille. Altistumisolosuhteiden arviointi on toteutettu Työterveyslaitoksen ohjeistusta soveltaen (18). Altistumisolosuhteiden arvio on tehty ensisijaisesti työterveyshuollon käyttöön haittatekijöiden terveydellisen riskin arvioimiseksi. Koska kaikkiin tutkittuihin tiloihin on sovellettu yhtenäistä arviointiasteikkoa, voidaan tiloja luokitella tämän perusteella. Arviointitaulukoista voidaan myös yleisellä tasolla katsoa, minkälaisilla toimenpiteillä altistumisriskiä voidaan pienentää.

Työturvallisuuslain (738/2002/10 §) mukaan työpaikalla havaittujen haitta- ja vaaratekijöiden terveydellisen merkityksen arviointi tulee tehdä, jos näitä tekijöitä ei voida poistaa (19). Työnantaja vastaa siitä, että terveydellisen merkityksen arviointiin käytetään työterveyshuollon asiantuntijoita ja ammattihenkilöitä, siten kuin siitä säädetään työterveyshuoltolaissa (20) (1383/2001/5 §).

Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan ennen terveydellisen merkityksen arviointia on selvitettävä altistumisolosuhteet rakennusterveyteen perehtyneen asiantuntijan johdolla. Terveydellisen merkityksen arviointia ei voida tehdä ilman altistumisolosuhteisiin liittyviä tietoja. Altistumisolosuhteiden arviointi perustuu teknisen kokonaisuuden hallintaan, jossa otetaan huomioon rakennus- ja talotekniikan sekä rakennuksesta peräisin olevien epäpuhtauslähteiden vaikutus sisäilmaston laatuun. Altistumisolosuhteiden arvioinnissa huomioidaan päästölähteen laajuus, voimakkuus, sijainti ja ilmayhteys sisäilmaan sekä muut epäpuhtauksien leviämiseen vaikuttavat tekijät, kuten ilmanvaihto ja painesuhteet. Arvioon tulee sisältyä seuraavat tekijät:

- Rakenteiden mikrobivaurioiden laajuuden arviointi
- Ilmayhteydet ja ilmapuoretit epäpuhtauslähteistä sisäilmaan
- Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun
- Rakennuksesta peräisin olevat muut sisäilman epäpuhtaudet

Altistumisolosuhteiden arvioinnissa ei oteta kantaa tilojen käyttöön ja niissä vietettyyn aikaan (altistumisaika). Nämä huomioidaan työterveyslääkärin johdolla tehtävässä terveydellisen riskin arvioinnissa. Tehdyn kuntotutkimuksen perusteella seuraavissa kappaleissa on arvioitu rakennuksittain altistumisen todennäköisyyttä tutkituille altisteille: mikrobeille (kappale 6.1) ja teollisille mineraalikuiduille (kappale 6.2). Altistumistodennäköisyyden arviointi on esitetty taulukoissa, joissa vaurioiden/epäpuhtauslähteiden laajuutta kuvaavat arviointikriteerit on sijoitettu pystyakselille ja ilmayhteyden merkitsevyys vaaka-akselille. Altistumisen todennäköisyys on esitetty neliportaisella asteikolla:

1. Poikkeava altistuminen on epätodennäköistä, taulukossa vihreä pohjaväri
2. Poikkeava altistuminen on mahdollista, taulukossa keltainen pohjaväri
3. Poikkeava altistuminen on todennäköistä, taulukossa oranssi pohjaväri
4. Poikkeava altistuminen on erittäin todennäköistä, taulukossa punainen pohjaväri

Asteikolla tasolle 1 sijoittuva rakennus vastaa selvästi tavanomaista paremmassa kunnossa olevaa vanhempaa rakennusta tai uutta hyvin tehtyä rakennusta, jossa on jo rakennusvaiheessa kiinnitetty huomiota puhtauteen, kosteudenhallintaan ja rakenteiden tiiveyteen.

6.1 Altistumistodennäköisyyden arviointi mikrobiepäpuhtauksille

Mikrobiepäpuhtauksien osalta altistumisriskin arvio perustuu pääasiassa näyttein todennettuun mikrobivaurioiden merkittävyyteen sekä epäpuhtauksien kulkeutumiseen vaurioalueelta sisäilmaan. Kumpikin osa-alue on jaettu neljään portaaseen. Mikrobivaurion merkittävyyden määrittelee tutkimuksin (materiaalinäyttein) todettu

vaurion laajuus. Alin porraskerros edellyttää, että näytteitä on otettu riittävästi. Epäpuhtauksien kulkeutumisen arviointi perustuu painesuhteisiin ja RT-ohjekortin (8) mukaisesti todettujen ilmavuotojen merkittävyyteen.

Rakennuksessa todettiin paikallisia pienialaisia kosteus- ja mikrobivaurioita sekä pohja- että kenttäkerroksessa. Kenttäkerroksen sisäilman laadun kannalta merkittävimmät mikrobilähteet ovat juoksuradan kaarteiden alapuolisten betonirakenteiden mikrobi- ja lahovaurioituneet muottilaudat, joista voi kulkeutua hajua ja mikrobiepäpuhtauksia rakenteessa olevien halkeamien kautta sisäilmaan. Ulkoseinien sokkelihalkaisuissa ja kaakon puoleisen päädyn ikkunoiden umpiosien eristeissä todettiin yksittäisiä paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Lasiseinien liittymät välipohjarakenteisiin eivät ole ilmatiiviitä ja myös kellarin teknisistä tiloista kulkeutuu ilmaa urheiluhallin luoteispäätyyn. Ilmanvaihto on teholtaan riittävä, mutta kierrätysilman käyttö heikentää ilmanvaihdon sisäilmapitoisuuksia laimentavaa vaikutusta. Tehtyjen tutkimusten perusteella arvioidaan, että poikkeava altistuminen mikrobiepäpuhtauksille on mahdollista kenttäkerroksessa (Taulukko 13).

Pohjakerroksessa todettiin yksittäisiä, paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita ulkoseinärakenteissa. Maanvastaisen seinärakenteiden sisäpuolinen tiiliverhous ja maanpäällisten seinien levyrakenteet eivät ole ilmatiiviitä. Kerros on kuitenkin vain hetkellisesti yöaikaan alipaineinen ulkoilmaan, joten ilmavuotomäärät seinärakenteista sisäilmaan ovat vähäisiä. Vähintään paikallisia mikrobivaurioita havaittiin myös kosteusvaurioituneissa muovimatoissa ja näillä alueilla myös väliseinien sisäpinnoilla oli korjaamattomia kosteusvauriojälkiä. Lattiapäällysteiden korjaamaton kosteusvaurio rakennuksen sisäpinnoilla ylittää jo itsessään Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Merkkiainetutkimusten perusteella alapohjalaattojen välissä olevasta hiekkakerroksesta on ilmavuotoreittejä sisäilmaan. Olosuhteet hiekkakerroksessa mahdollistavat mikrobikasvun. Seurantamittausten perusteella ilmanvaihto on riittävän tehokas, mutta kierrätysilman käyttö heikentää ilmanvaihdon sisäilmapitoisuuksia laimentavaa vaikutusta. Tehtyjen tutkimusten perusteella arvioidaan, että poikkeava altistuminen mikrobiepäpuhtauksille on todennäköistä pohjakerroksessa (Taulukko 14).

Taulukko 13. Altistumisolosuhteiden arviointi mikrobiepäpuhtauksille kenttäkerroksessa.

Mikrobivaurioiden merkittävyys				
4. Laaja-alaiset mikrobivauriot rakennuksessa ja poikkeava sisäilmapitoisuus				
3. Laaja-alainen mikrobivaurio rakennuksessa				
2. Paikallisia pienialaisia mikrobivaurioita rakenteissa			Mahdollinen	
1. Rakenteet tutkittu, ei todettuja mikrobivaurioita				
Altistuminen mahdollista. Kenttäkerroksen ulkoseinien sokkelirakenteissa havaittiin yksittäisiä paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Juoksuradan kaarrenostojen alla on laho- ja mikrobivaurioituneita muottilautoja, joista kulkeutuu epäpuhtauksia rakenteen halkeamien kautta sisälle. Kierrätysilman käyttö heikentää tilannetta.	1. Ei ilmavuotoja, ei merkittävää paine-eroa rakenteen yli	2. Pistemäisiä ilmavuotoja rakenteista tai rakennusvoimakkaasti alipaineinen	3. Vähäisiä ilmavuotoja rakenteista ja rakennus on alipaineinen	4. Merkittävät ilmavuodot rakenteista tai merkittävä mikrobivaurio sisäpinnoilla
Epäpuhtauksien kulkeutuminen vaurioalueelta				
altistumisen todennäköisyys:	epätodennäköinen	mahdollinen	todennäköinen	erittäin todennäköinen

Taulukko 14. Altistumisolosuhteiden arviointi mikrobi epäpuhtauksille pohjakerroksessa.

Mikrobivaurioiden merkittävyys				
4. Laaja-alaiset mikrobivauriot rakennuksessa ja poikkeava sisäilmapitoisuus				
3. Laaja-alainen mikrobivaurio rakennuksessa			Todennäköinen	
2. Paikallisia pienialaisia mikrobivaurioita rakenteissa				
1. Rakenteet tutkittu, ei todettuja mikrobivaurioita				
Altistuminen todennäköistä. Pohjakerroksen ulkoseinä- ja katto- ja lattiapäällysteissä laaja-alaisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakenteet eivät ole tiiviit ja myös alapohjan märästä hiekkakerroksesta on ilmayhteyksiä sisätiloihin. Tilat ovat vain hetimitään alipaineiset ulkoilmaan. Ilmanvaihto on riittävä.	1. Ei ilmavuotoja, ei merkittävää paine-eroa rakenteiden yli	2. Pistemäisiä ilmavuotoja rakenteista tai rakennusvoimakkaasti alipaineinen	3. Vähäisiä ilmavuotoja rakenteista ja rakennus on alipaineinen	4. Merkittävät ilmavuodot rakenteista tai merkittävä mikrobivaurio sisäpinnoilla
Epäpuhtauksien kulkeutuminen vaurioalueelta				
altistumisen todennäköisyys:	epätodennäköinen	mahdollinen	todennäköinen	erittäin todennäköinen

6.2 Altistumistodennäköisyyden arviointi teollisille mineraalikuiluille

Teollisten mineraalikuilujen osalta altistumisen arviointi perustuu näytetuloksiin ja kuitulähteiden merkittävyyteen. Kumpikin osa-alue on jaettu neljään portaaseen. Näytteenotossa huomioidaan geeliteippi- ja pölynkoostumusnäytteet sekä sisäpinnoille laskeutuneesta pölystä että tuloilmakanavista. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittyminen geeli-teippinäyttein vastaa luokittelussa korkeinta porrasta. Kuitulähteiden määrän arvioinnissa huomioidaan rakennuksen sisäpinnoilla ja ilmanvaihtojärjestelmässä todetut kuitulähteet sekä voimakkaat ilmavuodot rakenteiden mineraalivillalähteistä.

Sekä rakennuksen pohjakerroksessa että vuodenvaihteen 2021 - 2022 tutkimuksessa kenttäkerroksessa huonepinnoille kahden viikon aikana laskeutuneesta pölystä otettujen näytteiden kuitupitoisuudet olivat poikkeavan suuria ja ylittivät keilahallia lukuun ottamatta Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Rakennuksen kattojen ja osin myös seinien läikkäistä äänenvaimennukseen tarkoitettuista, ainakin osin pinnoittamattomista mineraalivillalähteistä irtoaa herkästi kuituja. Myös tuloilmakanavista ja päätelaitteista otettujen kuitunäytteiden pitoisuudet olivat poikkeavat lukuun ottamatta koneen TK1 tuloilmakanavia ja koneen TK5 tuloilman runkokanavia IV-konehuoneessa. Tuloilmakoneiden hyväkuntoisten äänenvaimentimien lamelleista kuitujen irtoaminen on epätodennäköistä, mutta kanaviston äänenvaimentimet toimivat todennäköisesti kuitulähteinä. Myös kierrätysilman käyttö ja epätiivisti asentuvat suodattimet voivat edistää kuitujen esiintymistä tuloilmakanavissa. Lisäksi ampumaradalla (TK1) tuloilman päätelaitteissa oli avointa mineraalivillapintaa. Tehtyjen tutkimusten perusteella arvioidaan, että tavanomaisesta poikkeava altistuminen teollisille mineraalikuiluille on erittäin todennäköistä koko rakennuksessa (Taulukko 15).

Taulukko 15. Altistumisolosuhteiden arviointi teollisille mineraalikuuduille koko rakennuksessa.

Teolliset mineraalikuudet, näytteet				
4. Toimenpiderajat ylittävät kuitupitoisuudet teippinäytteissä.			Erittäin todennäköinen	
3. IV-kanavanäytteissä runsaasti kuituja, pinnoilla alle toimenpiderajan				
2. Yksittäisiä kuituja teippi- tai pölynkoostumusnäytteissä				
1. Ei kuituja näytteissä (teippi/pölynkoostumus, laskeuma, IV-kanavat)				
Altistuminen erittäin todennäköistä Rakennuksen molemmissa kerroksissa laskeumanäytteiden pitoisuudet ylittivät toimenpiderajan ja usean kanavanäytteen pitoisuudet olivat poikkeavia. Sekä rakennuksen sisäpinnoilla että IV-järjestelmässä on runsaasti kuitulähteitä. IV:ssä käytetään kierrätysilmaa.	1. Ei kuitulähteitä sisäpinnoilla tai ilmanvaihdossa, ei merkittäviä ilmapuotoja	2. Vähäisiä kuitulähteitä sisäpinnoilla ja/tai IV:ssä. Vähäisiä ilmapuotoja rakenteista (painesuhteet)	3. Merkittäviä kuitulähteitä joko ilmanvaihdossa tai sisäpinnoilla tai voimakkaat ilmapuodot	4. Merkittäviä kuitulähteitä sekä sisäpinnoilla että ilmanvaihdossa.
	Havainnot kuitulähteistä			
altistumisen todennäköisyys:	epätodennäköinen	Mahdollinen	todennäköinen	erittäin todennäköinen

7 Johtopäätökset

Kupittaaan vuonna 1971 valmistuneessa urheiluhallissa on sen käyttöhistorian aikana tehty vain osittaisia korjauksia ja tilamuutoksia, joiden dokumentointi osoittautui lähtötietoja kerätessä puutteelliseksi. Rakennuksen alkuperäisten rakenteiden, rakennusosien, materiaalien ja laitteiden tekniset käyttöiät ovat pääosin ylittyneet jo kauan sitten. Myös vuonna 1996 saneerattu ilmanvaihtojärjestelmä on teknisen käyttöikänsä päässä. Erityisesti maanvastaisissa rakenteissa jo alkuperäinen toteutus on poikennut merkittävästi suunnitelmista. Suunnitelmista poikkeaminen ja kosteuseristeiden teknisen käyttöiän ylitys on johtanut erityisesti alapohjan sekä osin pihakansien alla olevien teknisten tilojen maanvastaisten rakenteiden kosteusvaurioihin. Muilta osin rakenteissa on vain yksittäisiä paikallisia kosteusvaurioita.

Suunnitellun peruskorjauksen kannalta merkittävimmän kokonaisuuden muodostavat maanvastaiset rakenteet, niiden kosteustekninen toiminta ja vauriot. Pohjakerroksessa todettiin rakenneavauksin kahdeksaa erityyppistä rakennetta, joista yksikään ei vastannut suunniteltuja. Suunnitelmien vastaisesti alapohjat ovat pääosin lämmöneristämättömiä: suunnitellun kevytsoraeristuksen sijaan rakenteissa on betonilaattojen välissä hienoa hiekkaa, jonka ala-, ylä- tai molemmin puolin on vaihtelevasti muovikalvoja tai bitumisivelyjä. Alapohjan kosteusrasitusta lisää myös hienoaineinen täyttömaa. Myöskään salaojitusta ei ilmeisesti ole uusittu kuin osin koillisen puoleisella seinustalla rakennuksen ulkopuolisten putkien osalta. Alapohjarakenteet ovat laajoilta alueilta määrit, mikä on johtanut laaja-alaisesti lattiapäällysteiden kemialliseen vaurioitumiseen sekä ainakin paikallisiin muovimattojen mikrobivaurioihin. Alapohjassa kulkee myös useita tekniikkakanaaleita, joissa kulkevan tekniikan sijainti, kunto ja käytössäolo on lähtötietojen perusteella epäselvää. Maanvastaisissa seinissä on suunnitelmista poiketen runsaasti PAH-yhdisteitä sisältävä bitumisively betonisen ulkokuoren sisäpinnassa. Vaikka sivelyn tekninen käyttöikä on ylittynyt jo 1990-luvulla, on se ilmeisesti toistaiseksi suojannut rakenteen sisäpuolista mineraalivillaeristystä laajoilta kosteus- ja mikrobivaurioilta teknisiä tiloja lukuun ottamatta. Osin pihakansien alle jäävien teknisten tilojen alapohja-, ulkoseinä- ja yläpohjaranteissa todettiin laajoja kosteusvaurioita. Urheiluhallin yläpohjarakenteissa havaittiin vuotojälkiä, jotka eivät materiaalinäytteiden perusteella ole johtaneet mikrobivaurioihin. Vesikatto on todennäköisesti uusittu vuosituhaten vaihteessa ja jäljet voivat olla peräisin jo tätä edeltäneeltä ajalta. Yksittäisessä yläpohjan liimapuupalkissa todettiin paikallinen, merkittävä lahovaurio. Yläpohjan peruskorjaustarve tulee selvittää talvikaudella tehtävin lisätutkimuksin.

Toinen peruskorjauksen kannalta merkittävä kokonaisuus on rakennuksen osin alkuperäinen ja puhaltimien osalta vuonna 1996 uusittu ilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihtokoneet ovat teknisen käyttöikänsä päässä. Tulo- ja poistokoneet sijaitsevat pääosin erillään eikä niissä ole lämmöntalteenottoa. Tuloilmakoneiden suodattimet eivät asennu tiiviisti ja tuloilman joukossa käytetään kierrätysilmaa, jota imetään mm. kenttätason lattiassa olevan säleikön kautta, keilaratojen alta ja ilmanvaihtokonehuoneesta. Tuloilmakanavista otettujen geeliteippi-näytteiden perusteella tuloilmajärjestelmässä on myös merkittäviä teollisten mineraalikulitujen lähteitä.

Rakennuksen sisäilman laadun kannalta em. lattiapäällystevaurioiden lisäksi merkittävin tekijä on ärsytysoireita aiheuttavat teolliset mineraalikulidut, joiden lähteitä on ilmanvaihtojärjestelmän lisäksi runsaasti rakennuksen sisäpinnoilla, erityisesti kattojen akustiikkalevyissä. Molemmissa kerroksissa todettiin Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittäviä kuitupitoisuuksia kahden viikon pölylaskeumanäytteissä. Mikrobivaurioiden osalta rakennuksessa on lähinnä paikallisia vaurioita, joista sisäilman laadun kannalta merkittävin on urheiluhallin juoksuradan kaarrekorotusten alle jätetyt betonivalujen muottilaudoitukset, jotka ovat mikrobi- ja lahovaurioituneet. Hallin molemmissa päädyissä korotusten keskiosassa on koko korotusrakenteen läpi ulottuvat halkeamat, joiden kautta korotusten alta kulkeutuu voimakasta mikrobiperäistä hajua sisätiloihin. Teknisten tilojen lisäksi paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita on lähinnä ulkoseinien sokkelirakenteissa.

8 Toimenpidesuosituksset

Tässä kappaleessa esitetään yhteenvedona tutkimuksissa esiin nousseet toimenpidesuosituksset. Esitetyt korjaukset edellyttävät erillistä korjaussuunnittelua. Korjausten onnistumisen arvioimiseksi on suositeltavaa laatia seuranta- ja laadunvarmistussuunnitelma jo korjaustöiden suunnitteluvaiheessa, jotta voidaan varmistua korjaussuunnitelman riittävästä laajuudesta ja korjaustenaikaisesta laadunvarmennuksesta. Korjaussuunnittelussa tulee huomioida liitteenä olevan haitta-ainekartoituksen tulokset.

Koko korjaushanketta ja mm. hyväksi todettuja korjaustapoja sekä vaihtoehtoisten korjaustapojen etuja ja riskejä on koottu kattavasti Ympäristöministeriön korjausoppaaseen (21).

Tehtyjen tutkimusten perusteella suosittelemme seuraavia toimenpiteitä:

Nopealla aikataululla sisäilman epäpuhtauksien vähentämiseksi tehtävät toimenpiteet:

1. Mikrobiepäpuhtauksien kulkeutuminen juoksuradan kaarteiden alta tulee estää:
 - a. Kaarteissa olevat betonivalun halkeamat tulee korjata ilmatiiviiksi
 - b. Kaarteen alustilojen alipaineistusta tulee harkita
 - c. Peruskorjauksen yhteydessä alustilan vaurioituneet muottilaudoitukset ja mahdolliset muut epäpuhtaudet tulee poistaa ja välipohjan läpiviennit tiivistää.
2. Palautuskeskuksen eteisen 107 asennuslattian ja kevytrakenteisen ulkoseinän vauriot tulee korjata ja vaurioituneet materiaalit korvata uusilla. Rakenteiden purku tulee tehdä mikrobivaurioituneen rakenteen purkuna.
3. Kuitulähteiden poisto/pinnoitus
 - a. Tässä tutkimuksessa IV-järjestelmästä havaittujen kuitulähteiden poiston lisäksi kuitulähteet on suositeltavaa kartoittaa ja poistaa tai pinnoittaa koko IV-järjestelmästä. Kartoitus toimii lähtötietona myös IV-järjestelmän saneerauksen suunnittelulle, mikäli olemassa olevia kanavia aiotaan käyttää.
 - b. Kuitujen irtoaminen sisäpintojen akustiikkalevyistä tulee estää. Lähteiden runsaan määrän vuoksi niiden poiston ajankohtaan vaikuttaa myös suunnitellun peruskorjauksen aikataulu. Toimenpiteet on suositeltavaa aikatauluttaa seuraavassa tärkeysjärjestyksessä
 - Keilahallin tekniikkatilan seinäpinnoilla olevien, osin rikkinäisten villalevyjen poisto
 - Urheiluhallin katosta alaslaskettujen mineraalivillalevyjen poisto tai pinnoitus
 - Kattojen rikkoutuneiden akustiikkalevyjen uusiminen
 - Kattojen ehjien akustiikkalevyjen uusimien on suositeltava tehdä peruskorjauksen yhteydessä
 - c. Kuitusaneerauksen jälkeen tiloissa on suositeltavaa tehdä kuitusiivous, jossa käydään läpi rakennuksen kaikki sisäpinnat.
4. Ampumaradan poistoilmakoneiden toiminta tulee tarkastaa, käyntiajat säätää yhteen tuuloilmakoneen käyntiohjelman ja tehostusten kanssa sekä tarvittaessa säätää ilmamäärät vastaamaan toisiaan.
5. Epäpuhtauksien kulkeutuminen ala- ja välipohjien kanaaleista sisäilmaan tulee estää, putkistojen sijainti ja kunto on suositeltavaa selvittää ja käytöstä poistettujen putkien tulpaukset tarkastaa/putket poistaa rakenteista. Kartoitus toimii myös lähtötietona peruskorjaukselle.

Peruskorjauksen yhteydessä tehtävät toimenpiteet

6. Rakennuksen maanvastaiset rakenteet mukaan lukien pihakannet tulee kokonaisuudessaan kunnostaa kosteusteknisesti toimiviksi. Työ suositellaan tehtäväksi yhdessä salaoja-järjestelmän saneerauksen kanssa, jolloin tulee huolehtia myös maapinnan muotoiluista ja hulevesien ohjauksesta. Kaikki vaurioituneet materiaalit mukaan lukien alapohjalaattojen välinen hiekkakerros tulee poistaa.
7. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on jo energiatalouden vuoksi suositeltavaa uusia kokonaisuudessaan. Kierrätysilman käytöstä ja lattiarakenteissa kulkevista kanavista on suositeltavaa luopua. Mikäli vanhoja kanavia aiotaan käyttää jatkossakin, tulee niiden kuitulähteet kartoittaa kattavasti ja poistaa sekä kanavat puhdistaa.
8. Porrashuoneiden keskellä kulkevissa pystykuiluissa sekä juoksuratojen kaarteiden alla olevat lahovaurioiset muottilaudat tulee poistaa.
9. Kaakkoispäädyn pukuhuoneiden kevytrakenteiset ulkoseinät on suositeltavaa uusia kokonaan.
10. Yläpohjan peruskorjaustarve tulee arvioida tulevan talvikauden aikana:
 - a. Tiedot mahdollisesti vuosituhannen vaihteessa tehdystä vesikaton uusimisesta on suositeltavaa selvittää arkistoista.
 - b. Yläpohja on suositeltavaa lämpökuvata pakkaskaudella mahdollisten ilmavuotojen, eristepuutteiden tai kosteusvaurioiden kartoittamiseksi.
 - c. Mahdolliset kattovuodot ja vuotopaikat on suositeltavaa havainnoida ja dokumentoida.
 - d. Yläpohjan puupalkkien ulkoseinälinjan ulkopuolelle jatkuvien osien kunto tulee tarkastaa lisätutkimuksiin ja kunnan seuranta lisätä huolto-ohjelmaan
11. Lämpölasijulkisivun mahdollisesti tehdyn uusimisen toteutus ja ajankohta tulee selvittää mahdollisen tarkastus-/kunnostus-/uusimistarpeen selvittämiseksi.

Korjauksissa tulee noudattaa Ratu 82-0383 (22) ja 1225-S (23) korttien ohjeita, joissa on esitetty turvallisia työmenetelmiä kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkamiseen ja pölyntorjuntaan.

Allekirjoitukset

Turussa 3.10.2022

Sirate Group Oy



Timo Murtoniemi
aluejohtaja, FT
Rakennusterveysasiantuntija C-21552-26-15



Vesa Koskinen
projektijohtaja, FM
Rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15
Sisäilma-asiantuntija C-23577-38-17
Rakenteiden kosteuden mittaaja C-20645-24-14

Liitteet

1. Pohjakuvaliite, kosteusmittaukset
2. Pohjakuvaliite, A) Alapohjan rakenneavaukset B) muiden rakenteiden rakenneavaukset
3. Pohjakuvaliite, ilmanvaihtojärjestelmä, kuitunäytteet ja seurantamittaukset
4. Kosteusmittauspöytäkirja
5. Analyysivastaus, mikrobit materiaaleista, Turun yliopisto, Aerobiologia, 7.7.2022
6. Analyysivastaus, mikrobit materiaaleista, Turun yliopisto, Aerobiologia, 15.7.2022
7. Analyysivastaus, teolliset mineraalikuidut 14 vrk laskeuma, Turun yliopisto, Aerobiologia, 7.7.2022
8. Analyysivastaus, teolliset mineraalikuidut kanavista, Turun yliopisto, Aerobiologia, 7.7.2022
9. Analyysivastaus, teolliset mineraalikuidut kanavista, Työterveyslaitos, 12.7.2022
10. Analyysivastaus, VOC-emissiot materiaalista, Työterveyslaitos, 7.7.2022
11. Asbesti- haitta-ainekartoitus, Sirate Group Oy, 19.9.2022

Kirjallisuus

1. **Merikallio 2007.** *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet.* Merikallio T, Niemi S, Komonen J, Suomen Betonitieto Oy, 2007.
2. **Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016.** Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Valvira, 2016. Dnro 2731/06.10.01/2016.
3. **Asumisterveysasetus 2015.** *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.* Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
4. **Laboratorio-opas 2018.** *Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät.* Pessi, A-M, Jalkanen, K, Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy, 2018.
5. **Ratu 80-0384.** *Tavanomaiset purkutyöt. Vaaralliset aineet - käsittely ja suojaus. Menetelmät.* Rakennustieto 2011.
6. **Ratu 82-0381.** *Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku, Osastointimenetelmä, Menetelmät.* Rakennustieto 2011.

7. **Ratu 82-0382.** PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purku. Menetelmät. Rakennustieto 2011.
8. **RT 14-11197.** Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein, ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS, 2015.
9. **RakMk D2 2012.** Suomen rakentamismääräyskokoelma. D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2010.
10. **Ilmanvaihtoasetus 2017.** Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Ympäristöministeriö 2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>.
11. **RT 07-11299.** Sisäilmastoluokitus 2018, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS 2018.
12. **Työterveyslaitos 2016.** Teolliset mineraalikuidut. Saatavilla : <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/Teolliset-mineraalikuidut.pdf>.
13. **Keinänen 2013.** Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin. Keinänen H, Opinnäytetyö, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio, 2013.
14. **LVI 39-10409.** Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkistus -ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-keskusliitto 2007.
15. **TTL Kuitukatsaus 2020.** Teolliset mineraalikuidut toimistotyyppisissä työtiloissa. Tuomi, Wallenius, Mahiout, Rautiala, Lappalainen, Työterveyslaitos 2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:9789522619167>.
16. **Kollanen 2016.** Sisäilman kuitukorjaukset. Kollan, T. Opinnäytetyö, Rateko 2016. www.hometalkoot.fi/guides.
17. **RT 18-10922.** Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustieto 2008.
18. **TTL Ohje 2017.** Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Lappalainen, Reijula, Tähtinen, Latvala, Hongisto, Holopainen, Kurttio, Lahtinen, Rautiala, Tuomi, Valtanen, Työterveyslaitos 2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-261-722-4> (PDF).
19. **Työturvallisuuslaki 2002.** Työturvallisuuslaki 738/2002. 2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.
20. **Työterveyshuoltolaki 2001.** Työterveyshuoltolaki 1383/2001. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20011383>.
21. **Ympäristöopas 2019.** Kosteus- ja mikrobivauriotuneiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18 : Saatavilla:, <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>.
22. **Ratu 82-0383.** Kosteus- ja mikrobivauriotuneiden rakenteiden purku. Menetelmät. Rakennustieto : 2011.
23. **Ratu S-1225.** Pölyntorjunta rakennustyössä. Rakennustieto : 2009.
24. **Ääniympäristöasetus 2017.** Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017. Ympäristöministeriö 2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>.
25. **Ääniympäristöohje.** Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Ympäristöministeriö 2018. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/Ymparistoministerion_ohje_rakennuksen_aaniymparistosta.pdf.