

SIRATE
Ilmasta Hyvää.

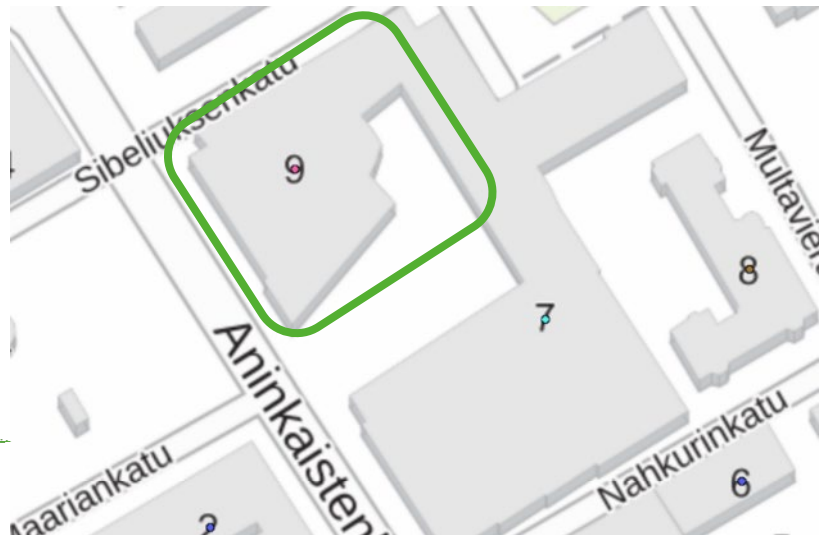


Tutkimusraportti

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Turun konserttitalo

Aninkaistenkatu 9
20100 TURKU



© Elinympäristön tietopalvelu Liiteri, 14.9.2023

9.10.2023
Projektinnumero: 7711
Pysyvä rakennustunnus: 1032867388

Sirate Group Oy

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

Tampere

Tampereentie 495
33880 Lempäälä
Puh. 046 851 4392

Turku

Lemminkäisenkatu 59
20520 Turku
Puh. 046 850 5088

Kuopio

Oppipojankuja 4
70780 Kuopio
Puh. 040 089 7727

Jyväskylä

Alasinkatu 1-3
40321 Jyväskylä
Puh. 050 359 5837

Helsinki

Kaupintie 2
00440 Helsinki
Puh. 050 541 994

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	4
1 Lähtötiedot	5
1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite.....	6
1.2 Perustiedot	6
1.3 Käytössä olleet asiakirjatiedot.....	8
1.4 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset	8
2 Tutkimusmenetelmät	13
3 Rakennetekniset tutkimukset.....	14
3.1 Rakennuksen ulkopuoliset havainnot	14
3.2 Sulkutilat.....	15
3.3 Pintakosteuskartoitus ja aistinvaraiset havainnot	22
3.4 Alapohjat	24
3.5 Välipohjat	29
3.6 Ulkoseinät.....	31
3.7 Väliseinät	35
3.8 Yläpohjat.....	36
3.9 Mikrobit materiaalinäytteistä.....	39
4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset	41
4.1 Painesuhteet.....	41
4.2 Sisäilman olosuhteet	43
4.2.1 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.....	43
4.2.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	44
4.3 Teolliset mineraalikuidut.....	45
4.4 VOC-yhdisteet sisäilmasta ja materiaalista	46
4.5 PAH-yhdisteet sisäilmasta	48
4.6 Asbesti pyyhintänäytteestä	48
4.7 Asbesti sisäilmasta.....	49
5 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset	50
5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän yleiskuvaus	50
5.2 Tuloilmajärjestelmän puhtaus.....	52
5.3 Teolliset mineraalikuidut tuloilmakanavista	57
5.4 Ilmamäärämittaukset	57
6 Johtopäätökset	59

7 Toimenpidesuosituksset	60
Allekirjoitukset.....	61
Liitteet	61
Kirjallisuus.....	61

Tiivistelmä

Turun konserttitalossa on koettu sisäilmahaittaa ja tiloissa on ollut toistuvia paikallisia vesivuotoja. Rakennus on tarkoitettu nykyisessä käytössä uuden konserttitalon valmistumiseen asti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rakennuksen olemassa olevat rakenteet ja niiden kunto sekä sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät kuntotutkimusmenetelmin. Tulosten perusteella arvioitiin, millä toimenpiteillä kohteen käyttöä voidaan jatkaa vielä 1–5 vuotta. Tutkimus toimii tarvittaessa myös lähtötietona peruskorjaukselle. Haitta-ainekartoitus ei sisällynyt tutkimukseen.

Vuonna 1952 valmistuneen konserttitalon suunnittelussa ja toteutuksessa on jo rakennusvaiheessa otettu käyttöön teknisiä ratkaisuja, jotka eivät tuolloin olleet vielä vakiintuneet yleiseen käyttöön. Rakennusajan mukaisin, haitta-aineita sisältävin materiaalein toteutetut rakenteet vastaavat pääosin suunnitelmia ja yläpohjaa lukuun ottamatta niissä todettiin vain yksittäisiä paikallisia vaurioita.

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella ehdoton ehto tilojen käytön jatkamiselle 1–5 vuoden ajaksi on varmistaa, etteivät tiloissa oleskelevat voi altistua asbestikuiduille ja -pölylle. Kellarikerrosta ympäröivissä laajoissa sulk-/louhostiloissa on runsaasti asbestipitoista ainesta. Tilojen pinnoille laskeutunut pöly sisältää asbestikuituja ja tiloissa on asbestipölyvaara. Kulkuluukut eivät ole tiiviitä ja sisätilat ovat toistuvasti alipaineiset sulkutilaan, mikä mahdollistaa ilman kulkeutumisen niistä käyttötiloihin.

Koko rakennuksen sisäilman laadun kannalta merkittävin tekijä on ilmanvaihdon toiminta. Seurantamittausten perusteella järjestelmä on teholtaan riittävä ja pääosin hyvin tasapainossa, mikä on tärkeää hallitsemattomien ilmavuotojen hallitsemiseksi rakenteista ja sulkutiloista. Järjestelmä on kuitenkin vanha ja siinä käytetään palautusilmaa; rakenneaineiset kanavat sisältävät haitta-aineita, ja niiden tarkastaminen ja puhdistaminen ovat käytännössä mahdotonta tehdä riskittömästi tilojen ollessa käytössä.

Paikallisesti sisäilman laadun kannalta merkittävimmät tekijät sulkutiloista kulkeutuvien epäpuhtauksien lisäksi ovat keilahallissa teolliset mineraalikuidut sekä lattian ja maanvastaisen seinän paikallinen kosteus- ja mikrobivaurio. Luoteen puoleisella seinustalla ulkoseinien patterisyyvenysten lastuvillaeristeissä ja ikkunatilkkeiden pel-lavariveissä todettiin materiaalinäyttein paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita, joista merkkiainetutkimuksin havaittiin merkittäviä ilmavuotoja sisäilmaan. Keittiön 124 väliseinärakenteissa todettiin myös paikallinen kosteus- ja mikrobivaurio. Merkittävää sisäilmahaittaa aiheuttavat myös tiloja käytettäessä vaihtelevasti esiintyvät viemärin hajut.

Peruskorjauksen kannalta merkittävimmät rakenteelliset vauriot todettiin yläpohjassa, jonka lämmöneristeet ovat laaja-alaisesti kosteus- ja mikrobivaurioituneet. Ilmanvaihdon hyvän tasapainon vuoksi yläpohjan vaurioilla on enintään vähäisiä vaikutuksia sisäilman laatuun. Yläpohjan ilmavuodot on kuitenkin suositeltavaa kartoittaa kattavasti pakkaskaudella tehtävällä lämpökuvauksella.

Mahdollisen peruskorjauksen yhteydessä tulee edellä esitettyjen lisäksi huomioida todetut rakenteiden kosteustekniseen toimintaan ja käytettyihin materiaaleihin liittyvät riskit: lämmöneristämättömät maanvastaiset alapohjarakenteet, joissa kulkee lastuvillaeristettyjä putkikanaaleja, sulkutiloihin rajoittuvien alapohjien ja välipohjien onteloiden muottilaudat sekä ulkoseinien korkki- ja lastuvillaeristeet.

Tutkimusten perusteella annetut toimenpidesuositukset tilojen käytön jatkamiselle 1–5 vuoden ajaksi on esitetty erillisessä kappaleessa raportin lopussa. Mahdollisimman nopealla aikataululla tulee sulkutilojen asbestipölyvaaran vuoksi tehdä toimenpiteet ilman kulkeutumisen estämiseksi sulkutiloista käyttötiloihin. Paikalliset sisäpintojen kosteusvauriot tulee korjata, keilahallin kuitulähteet poistaa ja ilmavuodot ulkoseinien vaurioalueilta estää tiivistyskorjauksin. Ilmanvaihdon toimintaa ja tasapainoa on suositeltava valvoa.

1 Lähtötiedot

Tutkimuskohde

Turun konserttitalo
Aninkaistenkatu 9, 20100 TURKU

Rakennusvuosi: 1952
Kerrosala: 7 912 m²
Tilavuus: 38 990 m³

Tilaja

Hannele Luoma, sisäilma-asiantuntija
p. 040 660 4303, hannele.luoma@turku.fi

Turun kaupunki, Tilapalvelut
Linnakatu 90 E, 2 krs.
20100 TURKU

Muut yhteyshenkilöt

Karri Helstamo, kohdemanageri

Tutkimusten vastuhenkilö

Vesa Koskinen, projektijohtaja, FM
rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15

Sirate Group Oy, Lemminkäisenkatu 59, 20520 TURKU
vesa.koskinen@sirategroup.fi, p. 040 648 2244

Tutkimushenkilöt

Vesa Koskinen, Mika Mantere, Mikko Kallinen, Henri Koivistoinen, Suvi Kajanan, Ville Norri, Sirate Group Oy

Laboratoriot

Turun yliopisto, Aerobiologian yksikkö

Tutkimuksen ajankohta

Tutkimukset kohteessa tehtiin aikavälillä 30.6.–13.9.2023

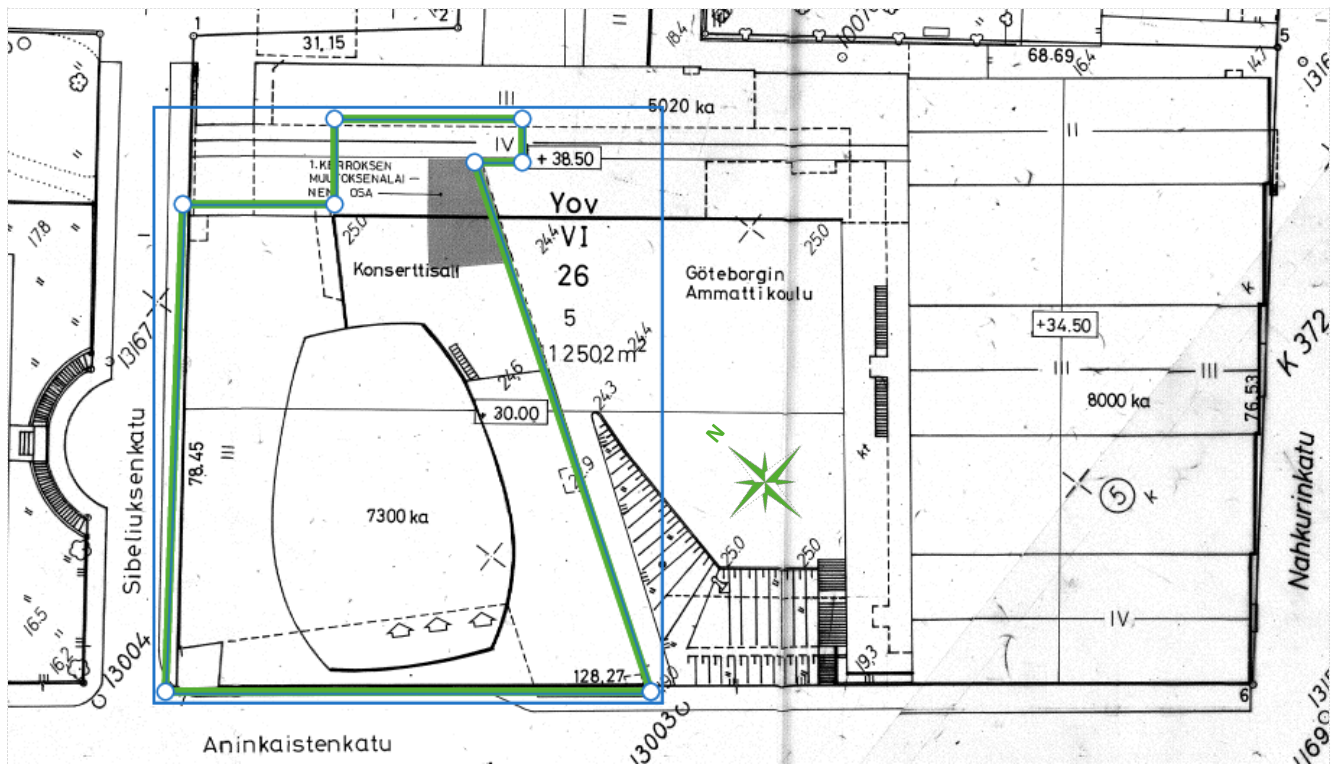
- Arviointikäynti 30.6.2023
- Rakennetutkimukset 25.–28.7.2023
- Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimukset, ilmamäärämittaukset, kanavakuitunäytteet 25.–26.7.2023
- Paine-eroseurannat 24.7.–7.8.2023
- VOC- ja PAH- ja asbestin sisäilmanäytteet 1.8.2023
- Teolliset mineraalikuidut 14 vrk laskeuma 7.–21.8.2023
- Olosuhdeseurannat 7.–21.8.2023
- Sulkutilojen lisäkartoitus, paikannus ja valokuvaaminen 13.9.2023

1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite

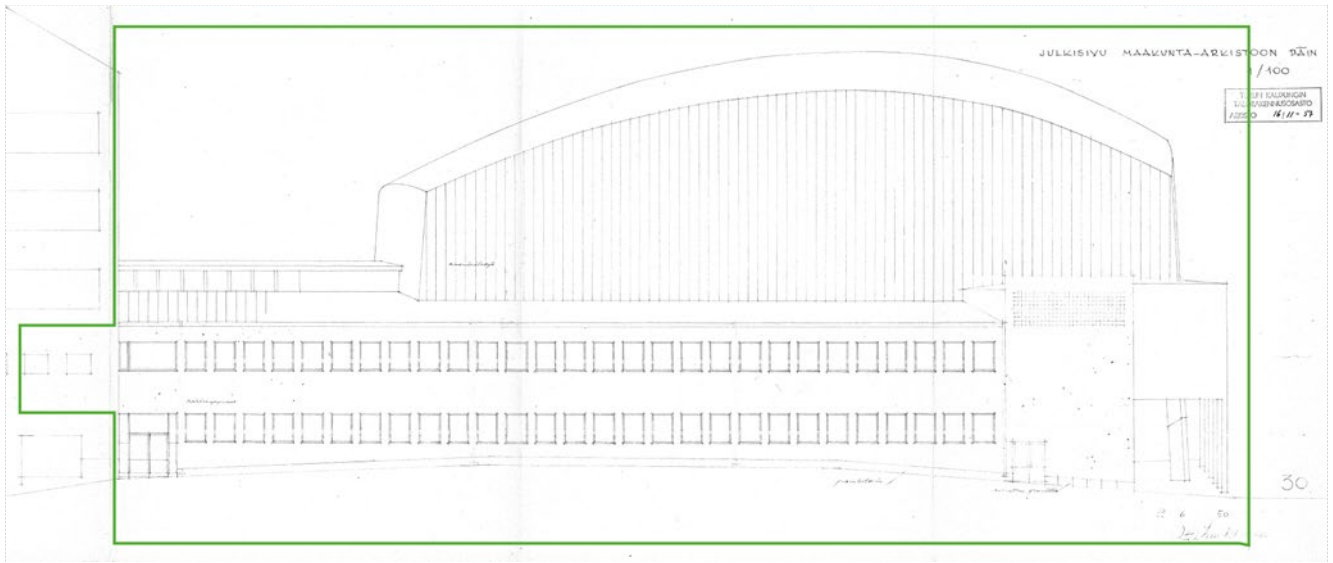
Vuonna 1952 valmistuneessa rakennuksessa on koettu mm. lämpöolosuhteisiin ja hajuihin liittyvää sisäilmahaittaa. Tiloissa on ollut myös toistuvia paikallisia vesivuotoja. Rakennus on tarkoitus pitää nykyisessä käytössään muutaman vuoden ajan uuden konserttisalin valmistumiseen asti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rakennuksen olemassa olevat rakenteet ja niiden kunto sekä sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät kuntotutkimusmenetelmin. Tulosten perusteella arvioitiin, millä toimenpiteillä kohteen käyttöä voidaan jatkaa vielä 1–5 vuotta. Tutkimus toimii tarvittaessa myös lähtötietona peruskorjaukselle. Haitta-ainekartoitus ei sisällynyt tutkimukseen.

1.2 Perustiedot

Turun konserttisali on valmistunut vuonna 1952 ja on Suomen ensimmäisenä erityisesti konserttikäyttöön suunniteltuna salina arvioitu rakennushistoriallisesti merkittäväksi. Rakennus liittyy koillisen puolella kiinni viereiseen Turun ammatti-instituutin (TAI) rakennukseen ja osa toisen kerroksen tiloista on TAI:n rakennuksen sisällä (Kuvat 1–3). Rakennuksen kellarikerroksessa toimii keilahalli. Ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa on sisäntuloaulan, lipunmyynnin ja kahvion lisäksi toimisto-, harjoitus-, studio- ja sosiaalitiloja. Konserttisali sijaitsee osin 1. kerroksen sisäntuloaulan, osin 2. kerroksen kävelyhallin päällä ja ulottuu toisesta kerroksesta kupumaiseen 3. kerrokseen. Salin päällä on vielä korkea ullakkotila, jossa on aiemmin käytössä olleita teknisiä tiloja.



Kuva 1. Tutkimusalue vuonna 1967 vahvistetussa asemakaavassa (kuva vuodelta 1982).



Kuva 2. Tutkimusalue rajattuna vuoden 1950 julkisivupiirustukseen maakunta-arkiston (luoeten) suunnasta.



Kuva 3. Koillisessa konserttitalo liittyy yhteen viereisen ammatti-instituutin rakennukseen ja osa 2. kerroksen tiloista on instituuttirakennuksen puolella.

Pääasialliset rakenneratkaisut

Rakennus on perustettu louhitulle kalliopohjalle siten, että pinta-alaltaan muuta rakennusta pienempi kaksikerroksinen kellari on kokonaan maanpinnan alapuolella. Sisäpihan puolelle maan pinta nousee siten, että osa 2. kerroksen tiloista jää pihakannen ja sen päälle laajenuksena tehtyjen varastojen alle (Kuva 4). Ylempien kerroksen tilat ovat perustettu osin kallion varaan, osin kellaria ympäröivään sulkutilaan valettujen teräsbetonipilarien varaan. Pääsisäänkäynnin päälle ulottuva kävelyhallin alapohja on pilarien varassa ja konserttisali on tuettu sisääntuloaulasta pilarein.

Pääasiallisena alapohjarakenteena niin kellarissa kuin 1. kerroksessa on lämmöneristämätön maanvarainen betonilaatta. Sulkutilojen päällä rakenne on pääosin välipohjien tapaan ontelollinen. Ulkoseinät ovat luoeten puolella tiilirakenteiset, muualla teräsbetonia sisäpuolisella tiilimuurauksella. Rapatuilla seinänosilla seinän ulkopinnassa on kevytbetonieriste. Lisäksi sokkelin eristeenä on korkki, patterisyvennyksissä lastuvillalevy. Väliseinät ovat pääosin tiiltä. Yläpohja on puu- ja teräsrakenteinen ja vesikatteena on saumattu alumiinikate.



Kuva 4. Sisäpihan puolella maan pinta nousee siten, että osa 2. kerroksen tiloista jää pihakannen alle. Pihakannen päälle on 1997 laajennuksena rakennettu kuvassa etualalla oleva matala varastotila.

1.3 Käytössä olleet asiakirjatiedot

- Piirustukset
 - Arkkitehtipiirustuksia (pohja- ja leikkaus-) vuodelta 1950
 - Korjattuja piirustuksia maistraatille vuodelta 1953
 - LVI-piirustuksia vuosilta 1951 ja 1952
 - Asemapiirustuksia vuosilta 1970, 1982
 - Muutoskuvia vuodelta 1974 (1. krs opetustilat)
 - Korjaussuunnitelmaehdotus 1991 (varasto)
 - Yksittäisten tilojen muutoskuvia usealta vuodelta
 - Ajantasapiirustukset vuodelta 2014
- Aiemmat selvitykset
 - Asbesti-inventaario 11.9.1989 Oy Electrolux AB, ASAB
 - Sisäilmanäytteet, 11.3.2008, Raksystems Oy
 - Rakennushistoriaselvitys, 30.11.2011 Teija Mustonen
 - Ullakon asbestikartoitusraportti, 18.5.2013, Asbestikartoitus Oy
 - LVI-kuntoarvioraportti, 8.5.2015, Elomatic Oy
 - Ilmamäärien mittauspöytäkirja, 16.3.2016, M-Ventti Oy
- Kuntoarvio, 12.6.2017, Raksystems Insinööritoimisto Oy

1.4 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset

Rakennushistoriaselvitys 2011

Rakennushistoriaselvityksen (Mustonen 2011) mukaan ammattikoulun (Göteborgin ammattikoulu, nyk. Turun ammatti-instituutti) ja sen juhlasalirakennus (konserttitalo) päätettiin vuonna 1938 sijoittaa Parkinmäkeen lähinnä hyvine liikenneyhteyksien takia (Kuva 5). Sota siirsi rakentamista ja nykyisen konserttitalon työt voitiin aloittaa louhinnoilla vuosina 1949–1950. Rakennuksen suunnitteli arkkitehti Risto-Veikko Luukkonen (avustajana Ahti Korhonen) ja juhlasalin akustiikasta vastasi yli-insinööri Paavo Arni. Tarvikepulan vuoksi rakennus valmistui vuonna 1952 ja avajaiset pidettiin 27.11.1952.

Konserttitalorakennuksessa on kolme maanpäällistä kerrosta, ullakotila sekä kellarissa sijaitseva 2-kerroksinen keilahalli. Runko on teräsbetonia, katto teräs- ja puurakenteinen. Julkisivut ovat rapattuja sekä uurrettua alumiinia, vesikatteenä on alumiini (Kuvat 6 ja 7). Toisesta päästään rakennus on kiinni ammattikoulurakennuksessa ja Puutorin puolelta pilarien kannattama 2. kerros rakennettiin osin pääsisäänkäynnin päälle muodostaen kate-
tun tilan. Alkuperäisiin suunnitelmiin tehtiin jo rakennusvaiheessa sen verran muutoksia, että Maistraatin pyynnöstä laadittiin uudet piirustukset vuonna 1953.



Kuva 5. Konserttitalon tuleva rakennuspaikka (kallio) 1930-luvulla nykyisen Puutorin reunalla (Kuva: Turun museokeskus, 23734. B. Lundsten).



Kuva 6. Konserttitalon pääjulkisivu 1950-luvulla (Turun museokeskus, RF95755 Val.930/1:125. Rusko Reuna).



Kuva 7. Konserttitalon pääjulkisivu 1950-luvulla (Turun museokeskus, RF95757 Val.930/1:127. Rusko Reuna).

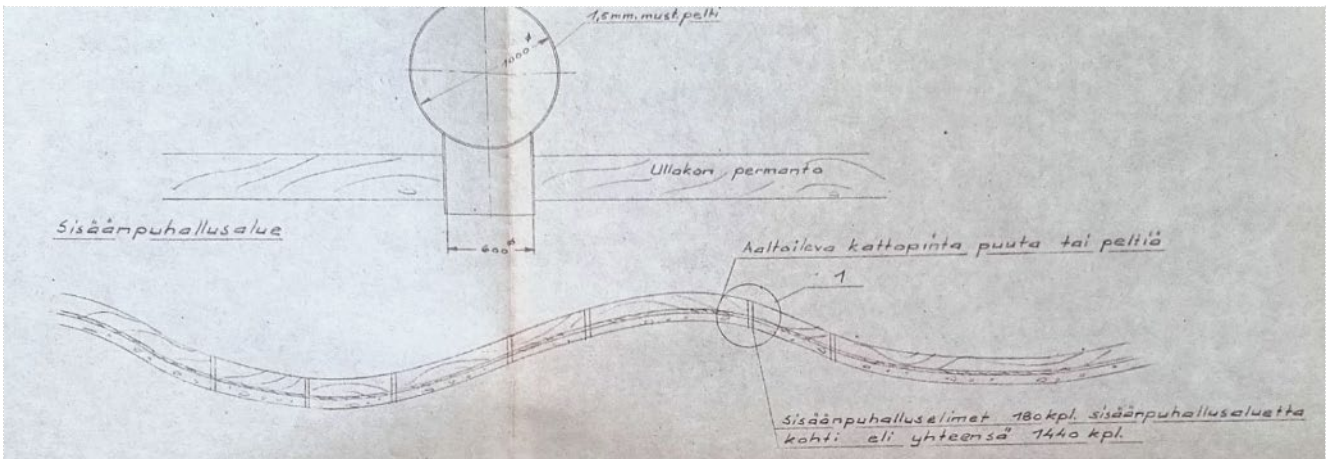
Rakennushistoriaselvityksen mukaan 1. kerroksen eteishallin lattia rakennettiin mukailemaan maanpinnan muotoja (Kuva 8). Hallissa on 20 sieniholvimaista pilaria kannattelemassa yläpuolella olevan konserttisalin lattiaa, johon asennettiin vesikiertoinen lattialämmitys. Eteishallin katon sisäpintaan tehtiin äänen- ja lämmöneristyksiä asbestiruiskutus.

Talotekniikan osalta rakennushistoriaselvityksessä esitetään, että konserttitalon lämmitys otettiin ammattikoulun lämpökeskuksesta. Lämmönjako toteutettiin lämminilmatuuletuksena ja matalapainevesilämmityksenä seiniin upotetuin patterein ja salissa lisäksi lattialämmityksenä. Myös sisäänkäynnin edustalle asennettiin lumenpoiston vuoksi Crittal-lämmitysputkisto. Näyteikkunoihin asennettiin ritilän alle letkupatterit.



Kuva 8. Eteishallin lattia mukalee maanpinnan muotoilua (viittää pohjoiseen). Yläpuolella olevaa konserttisalia kannattelee 20 sienimäistä pilaria. Kattoon on tehty äänen- ja lämmöneristykseksi asbestiruiskutus.

Kellariin sijoitettiin ilmanvaihtokeskus, ilmanvaihtokanavat ovat suurelta osin rakennusaineisia. Konserttihadin tuloilma jaetaan korkeassa ullakotilassa sijaitsevien kanavien kautta salin katosta (Kuvat 9 ja 10). Akustiikan vuoksi salin kaarevaan kattoon ja seiniin tehtiin yhteensä 22 000 halkaisijaltaan 22 mm reikää, joihin asennettiin pahviputket. Lisäksi rakennuksen takaosaan rakennettiin muista rakenteista irralliseksi 2. kerroksen korkuinen kuorosali (nyk. studio, Kuva 11).



Kuva 9. Konserttisalin tuloilmanjaon suunnitelma vuodelta 1952.



Kuva 10. Konserttisalon tuloilma jaetaan katosta (sininen nuoli). Kattoon ja seiniin on tehty akustiikan vuoksi 22 000 reikää.



Kuva 11. Studio on rakennettu muista rakenteista irralliseksi.

Rakennushistoriaselvityksessä esitetyt muutokset:

- 1963 lipunmyyntitilat muutettiin kahvioksi, lippukassojen tilalle keittiö, samana vuonna muutoksia vaimestarin asuntoon
- 1970 linkkimasto Yleisradiolle ja linkkihuone ullakolle
- 1975 tilamuutoksia musiikkiopiston tiloihin
- 1996 peruskorjaus (3 vuotta): uusi kahvio, hissi (vesi- ja viemärintikorkorjauksia, ilmastointitititä)
- 1997 varastolaajennus yläpihan suuntaan
- wc-muutoksia 1982 ja 2005
- 2005 ilmastoinnin parannus

Rakennushistoriaselvityksen jälkeen tehtyjä korjauksia:

- lyömäsoitintilan lattian korjaus 2015
- kävelyhallin puupintojen maalaus 2020
- vesikatton osittainen pinnoitus 2022

Muut selvitykset

Helmikuussa 2008 lippukassatiloista otetussa ilmanäytteessä ei esiintynyt aktinomykettejä ja sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet olivat ulkoilman vertailunäytettä pienemmät.

LVI-kuntoraportissa (Elomatic 2015) todettiin käytössä olleiden piirustusten olevan 1950-luvulta sekä vuodelta 1998. Tilat oli koettu kylmiksi ja ikkunoiden putterakkoja oli teipattu vedon vuoksi. Konserttisalin esiintymislavaa jäädyttää myös takaseinällä kulkevat tekniikkakuilut. Kesäaikaan yleisölämpöön todettiin olevan erittäin kuuma, koska suurten ikkunoiden vuoksi auringon aiheuttama lämpökuorma on suuri.

Katselmuksessa tilat todettiin selvästi alipaineisiksi ja osassa tiloista puuttui joko tuloilma tai sekä tulo- ja poistoilma. Ilmamäärät jäivät useassa tilassa huomattavasti suunnitelluista. Ilmanvaihtokoneet todettiin uusitun vuonna 2006 ja huolletun 2014. Tuloilmakoneet olivat pääosin hyväkuntoisia, joskin niissä todettiin iän mukanaan tuomia puutteita (jäähdytys- ja LTO-mahdollisuuden puute, tekniikka vanhaa). Tuloilmakoneessa TK2 on kostutus. Poistoilmakoneita eri puolilla rakennusta todettiin olevan yli kymmenen. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet on esitetty liitteen 3 pohjakuvissa. Vanhoja rakennusaineisia ilmanvaihtokanavistoja ja niiden palo-osastointeja ei saatu tarkastettua. Kanavien nuohouksesta ei ollut tietoa. Konserttisalin poistoilmakanavana toiminut esiintymislavan alustila ei raportin mukaan täyttänyt rakentamismääräyksiä ylimääräisen palokuorman (lavan puurakenteet ja kaapelit) osalta.

Ilmanvaihtojärjestelmään on katselmuksen jälkeen tehty muutoksia, joilla rakennuksen painesuhteita ja ilmamääriä on saatu mittauspöytäkirjan (M-Ventti 2016) perusteella selvästi parannettua. Lisäksi järjestelmän ohjausta on parannettu siten, että samoilla palvelualueilla toimivien koneiden käyntiajat ja pakasrajat on yhtenäistetty.

Vuonna 2017 tehdyssä kuntoarviossa (Raksystems Oy 2017) todettiin, että:

- rappaukset todennäköisesti alkuperäisiä, paikallisia kosteuden aiheuttamia vauriota -> suositellaan julkisivun kuntotutkimusta
- ikkunat alkuperäisiä 2-lasisia puuikkunoita, osin teräspuitteisia lämpölaselementtejä -> kunnostus/uusiminen
- vesikatteena saumattu alumiinikate, ikäännytynyt, vuotoja -> vesikaton kuntotutkimus
 - ullakolta tehdyssä tarkastuksessa ruodelaudoituksessa kattovuotoihin viittavia tummentumia, kaksi akuuttia vuotokohtaa
- asbestipitoisten materiaalien purku, osassa tiloista tehty kartoitus, osassa purku
- pääsisäänkäynnin kohdalla oleva betonirakenteinen parveke huonokuntoinen
- LVI-tekniikkaa muutettu/korjattu, mutta ei kokonaisvaltaista LVI-peruskorjausta
 - vesijohdoissa ja viemäreissä vuotoja
 - IV-koneet uusittu 2006 (TK1-TK5), useita poistokoneita
 - osittainen LTO, kiertoilmaa koneissa TK/PK2 ja TK/PK5
 - kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys, konserttisalissa lattialämmitys
- Salaojituksesta ei tietoa, kattovedet ohjattu pääasiassa maanpinnan kallistuksin sadevesikaivoihin.

Asbestitutkimukset

Vuoden 1989 asbesti-inventaariorissa todettiin asbestieristettyjä (*amosiitti*) putkia keilahallin poistumistiellä, putkikanaalin lähdössä, ilmastoinnin suodatushuoneessa, konserttisalin raitisilmapuhallushuoneessa, ilmastoinnin esilämmitystilassa, konehuoneen lämmönjakokeskuksessa, viemäröintikanavan alussa, pannuhuoneessa, varakkuhuoneen varastossa, ullakon kierreportaikossa ja ullakolle menevässä ilmastointiputkissa. *Antofylliittiä* todettiin keilahallin suihkuhuoneessa, naisten sosiaalituloissa ja ylä-wc:ssä; konserttisalin kahvion keittiön ja sosiaalitulojen kaakelilaasteissa; ullakon lamppuistukoiden ja elokuvahuoneen seinien asbestikankaissa sekä seurantaheitinhuoneen ja linkkihuoneen lujalevyseinissä. *Krysotiili-asbestia* havaittiin poistopuhallintilan asbestikanakaassa ja *krokidoliittiä* sisääntuloaulan katossa (n. 1000 m²).

Ullakon asbestikartoituksessa (2013) ei otettu materiaalinäytteitä. Asbestia arvioitiin esiintyvän alkuperäisissä putkieristeissä, ilmanvaihtokanavien eristeissä, seinärakenteiden lujalevyssä, valaisinkoteloiden asbestikanakaassa ja palo-ovien asbestipahveissa.

Asbestia sisältävien materiaalien purkamisesta ei ollut lähtötiedoissa kirjallista materiaalia.

2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät on esitetty alla tiivistetystä ja kattavasti liitteessä 1.

Rakenne ja kosteustekniset tutkimukset

- **Kosteusmittaukset**
 - Rakennusten kivirakenteiset pinnat kartoitettiin pintakosteudenosoittimella poikkeavien kosteusalueiden havaitsemiseksi.
 - Kosteuspoikkeama-alueille tehtiin tarkkoja viiltomittauksia.
- **Rakenneavauksin** todettiin päärakennetyyppien toteutus. Rakenteiden kunto arvioitiin aistinvaraisesti ja materiaalinäyttein. Avauspaikat on esitetty liitteen 2 pohjakuvissa.
- **Materiaalinäytteiden mikrobiologista** kuntoa analysoitiin suoraviljelymenetelmällä ja tulokset tulkittiin Asumisterveysasetuksen (1) ja sen soveltamisohjeen (2) mukaisesti. Materiaalinäytteiden tulokset on merkitty tekstin joukkoon ja kuviin kolmiportaisella värikoodilla: **vihreä** – ei poikkeavaa mikrobikasvua, **oranssi** – ei aktiivista kasvua, näyte on lajistoltaan poikkeava ja **punainen** – aktiivista mikrobikasvua.
- **Merkkiainekokein** selvitettiin rakennuksen ulkovaipan ilmapuotoreittejä RT 14-11197-ohjekorttia (3) soveltaen. Merkkiainekokeet tehtiin käyttötilanteen mukaisissa painesuhteissa.
- **Haitta-aineet** selvitettiin tutkimusten yhteydessä työturvallisuuden varmistamiseksi materiaalinäyttein RT 103501 -ohjekortin (4) mukaisesti.

Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

- **Paine-eroseurannoin** selvitettiin ilman kulkusuuntia sekä ilmanvaihdon toimintaa. Mittauspaikat on esitetty liitteen 3 pohjakuvissa. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) ja sen soveltamisohjeen (2) ohjearvoihin.
- **Olosuhdeseurannoilla** selvitettiin sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajoihin ja Sisäilmastoluokituksen 2018 (5) tavoitearvoihin.
- **Teollisten mineraalikuitujen** esiintymistä huonepinnoilla selvitettiin kahden viikon aikana laskeutuneesta pölystä vuonna 2021 päivitetyn Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2) osan III mukaisesti. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajaan.
- **Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC)** esiintymistä sisäilmassa selvitettiin ilmanäyttein, joiden tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajoihin sekä soveltaen Työterveyslaitoksen toimistotyypisille tiloille antamiin viitearvoihin (6).
- **PAH-yhdisteiden** esiintymistä sisäilmassa selvitettiin ilmanäyttein. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajoihin.
- **Asbestin** esiintymistä huonepinnoille laskeutuneesta pölystä selvitettiin pölynkoostumusnäyttein. Lisäksi kerättiin ilmanäytteitä ns. aggressiivisena mittauksena. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajoihin ja soveltamisoppaan (2) ohjeistuksen mukaisesti.

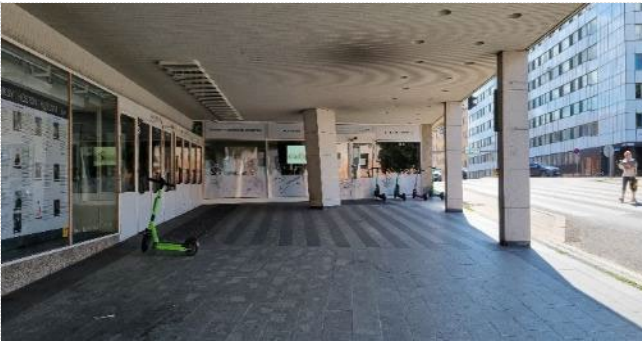
Ilmanvaihdon selvitykset

- **Tulo- ja poistoilmamääriä mitattiin** pistokoemaisesti päätelaitteista tai kanavista. Tuloksia verrataan suunnitteluarvoihin, Asumisterveysasetukseen (1) ja sen soveltamisohjeeseen (2).
- **Ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta** ja mahdollisia teollisten mineraalikuitujen lähteitä selvitettiin pistokoemaisesti tehdyin visuaalisin tarkastuksin LVI 39-10409-ohjekorttia (7) soveltaen. Visuaalisen tarkistuksen tueksi kerättiin geeliteippinäytteitä tuloilmakanavista.

3 Rakennetekniset tutkimukset

3.1 Rakennuksen ulkopuoliset havainnot

Rakennus sijaitsee kallion päällä ja maapinta viettää pääosin rakennuksesta poispäin. Koillisen puolella rakennus liittyy yhteen viereisen rakennuksen kanssa, luoteen puolella jalkakäytävän kivetys ulottuu kiinni sokkeliin. Pääjulkisivun puolella 1. kerroksen ulkoseinälinja jää suurelta osin ulokkeellisen 2. kerroksen muodostaman lipan tai huonokuntoisen parvekkeen alle (Kuvat 12 ja 13). Kaakon puolella asfalttipintainen, jyrkästi sisäpihalle nouseva ajoramppi ulottuu kiinni ulkoseinä rakenteeseen, joka on osin maanvastainen.



Kuva 12. Pääsisäänkäynti ja pääosa lounaan puoleisen pääjulkisivun 1. kerroksen ulkoseinästä jää 2. kerroksen muodostaman lipan alle.



Kuva 13. Keilahallin sisäänkäynnin päällä on huonokuntoinen parveke. Kaakon puolella jyrkästi nouseva, asfalttipäällysteinen ajoramppi ulottuu kiinni sokkeliin.

Ensimmäisessä kerroksessa lattiapinta ulottuu reilusti kivisokkelin alapuolelle, monin paikoin maanpinnan tasolle tai sen alle (Kuvat 14 ja 15). Kattovedet johdetaan rakennuksen ulkopuolisiin – osin seinärakenteen sisässä oleviin – syöksyihin rakennuksen seinustoille, mikä lisää rakenteen kosteusrasitusta (Kuva 16). Alkuperäiset ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa (Kuva 17).



Kuva 14. Ensimmäisen kerroksen lattia ulottuu kivisokkelin yläpinnan alle, monin paikoin...



Kuva 15. ...maanpinnan tasolle tai sen alle. Kattovedet johdetaan rakennuksen seinustoille.



Kuva 16. Sisäpihan puolella kattovedet johdetaan seinustalle ulkoseinään upotetuin syöksyin.



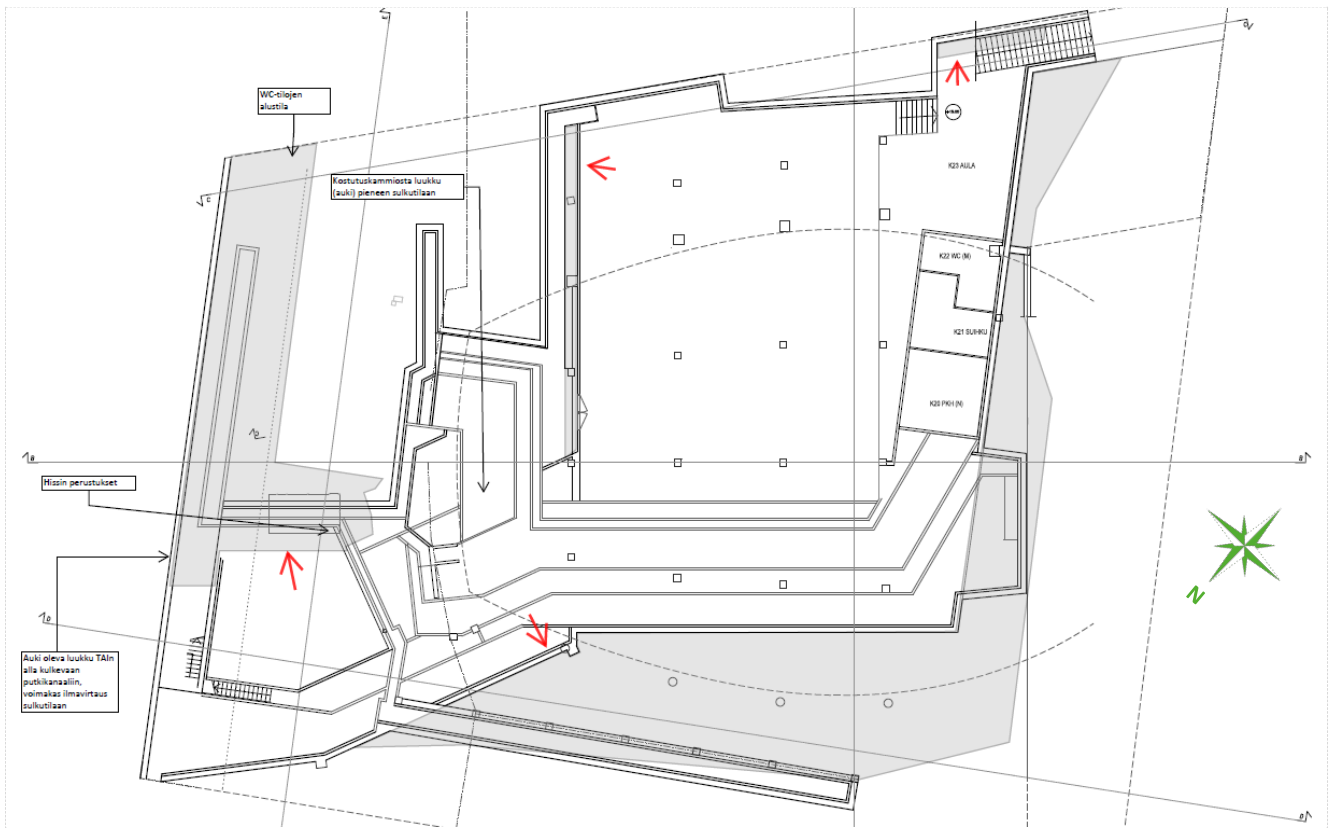
Kuva 17. Rakennuksen alkuperäiset ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa. Vesipellit on kallistettu ja reunat on upotettu seinärakenteen sisään.

3.2 Sulkutilat

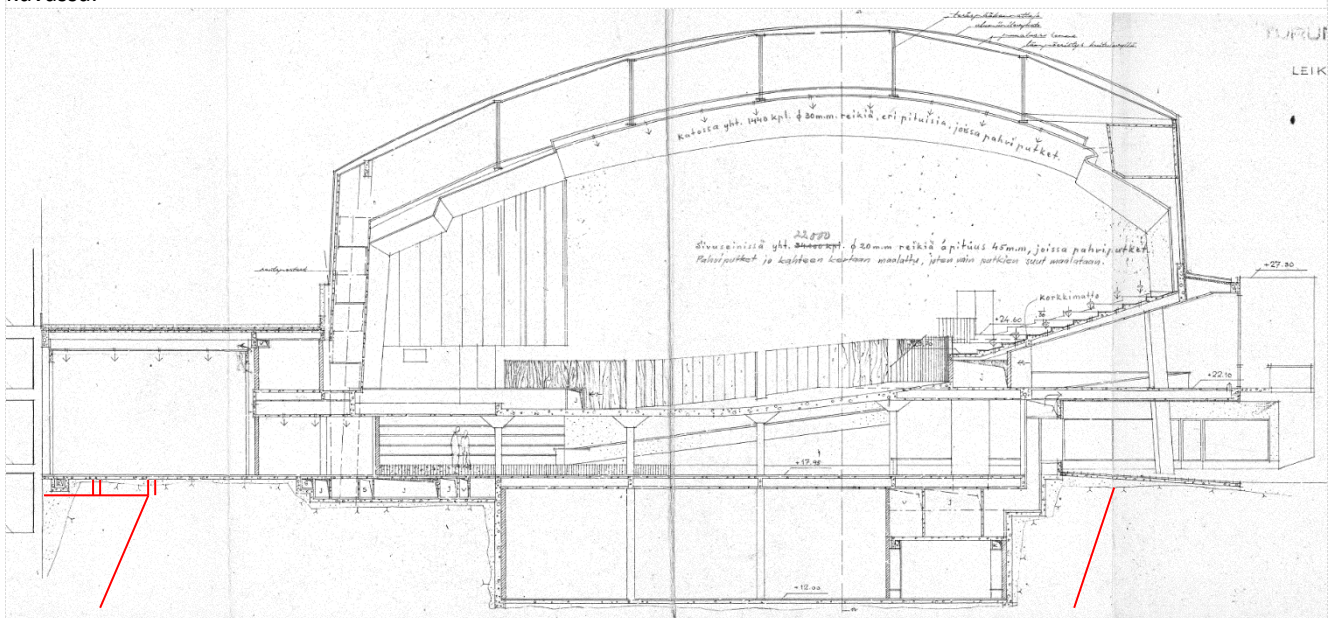
Kallioon louhitun kellarikerroksen ympärillä on laajoja sulk-/louhostiloja, joissa on runsaasti asbestipitoista jätettä, asbestieristeisiä putkia, pikisivelyjä ja orgaanista jätettä, kuten lahovaurioisia muottilautoja. Tilojen kulkuluukut eivät ole tiiviitä ja sisätilat ovat toistuvasti alipaineiset sulkutilaan, mikä mahdollistaa ilman kulkeutumisen niistä käyttötiloihin. Sulkutilojen pinnoille laskeutunut pöly sisältää asbestikuituja ja tiloissa on asbestipölyvaara. Ilman kulkeutuminen sulkutiloista sisätiloihin tulee estää. Tilat tulee merkitä asianmukaisesti ja asiaton pääsy niihin estää. Sulkutilassa tehtävissä pakollisissa huoltotöissä tulee huolehtia asianmukaisesta suojautumisesta.

Kahden kerroksen korkuinen kellari on louhittu kallioon, jolloin sen ympärille on jäänyt ns. sulk-/louhostilaa. Todetut sulkutilat sekä niihin kellarin alatasolta johtavien kulkuluukkujen sijainti on esitetty II puolikerroksen pohjakuvassa (kuva 18). Leikkauskuvan B–B mukaisesti (Kuva 19) rakennuksen koillisreunalla (TAln pääty) sulkutila on 4,5–5 m korkea. Maan-/kallionpinta nousee kuitenkin jyrkästi siten, että osa studion ja yleisö-wc:n alapohjasta on maanvaraista. Sulkutilat kellarin kolmella sivulla ovat myös selvästi laajemmat kuin leikkauskuvissa (Kuvat 19 ja 20), joihin on suuntaa antavasti piirretty louhospinnat.

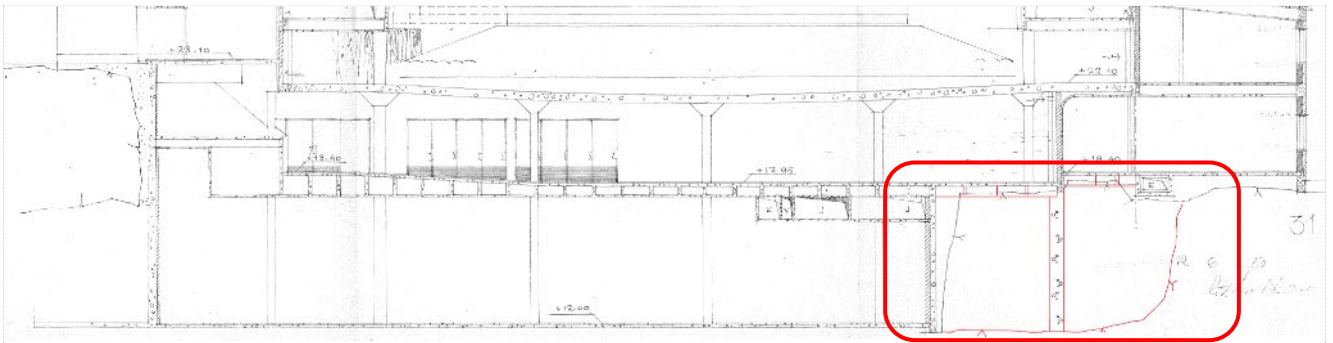
Sulkutiloissa on runsaasti asbestipitoista jätettä, asbestieristeisiä putkia, pikisivelyjä, orgaanista jätettä, muottilautoja, pölyä ja likaa. Tilapinnoilla laskeutuneesta pölystä kerätyssä näytteessä havaittiin asbestia **ASBpk6** (krysotiili ja antofylliitti). Paine-eroseurantojen perusteella käytävä K17 on jatkuvasti voimakkaasti ja keilahalli ajoittain lievästi alipaineinen sulkutiloihin nähden.



Kuva 18. Sulku-/louhostilojen sijainti ja niihin johtavien käyntiluukkujen (punaiset nuolet) sijainnit II puolikerroksen pohjakuvassa.



Kuva 19. Leikkaus B-B. Sulkutilat ovat tässä esitettyä alkuperäistä piirrosta laajempia. Louhospinta esitetty suuntaa antavasti punaisiin viivoihin.



Kuva 20. Leikkaus A-A vuodelta 1957. Sulkutilat ovat tässä esitettyä alkuperäistä piirrosta laajemmat. Todettu louhospinta sekä poikkeamat sulkutilaan rajoittuvissa alapohjarakenteissa on esitetty suuntaa antavasti punaisin viivoin.

Koillisreunan sulkutila

Kellarin teknisistä tiloista (ilmastointikeskuksen K16 vierestä) johtaa kulku hissien perustusten ympärillä olevaan sulkutilaan (oviaukko, ei ovea, kuva 21). Jälkiasenteisen hissien perustukset katkaisevat alkuperäisen tekniikkakanaalin, minkä vuoksi ilmanvaihtokanavat kiertävät perustukset sulkutilan kautta (Kuvat 22 ja 23). Koillisen puoleisella seinustalla kanaali kääntyy lähtötiedoista poiketen TA:n tiloihin (kuva 24).



Kuva 21. Teknisistä tiloista on suora ilma- ja kulkuyhteys sulkutilaan.



Kuva 22. Jälkikäteen asennetun hissien perustukset (vasemmalla) katkaisevat alkuperäisen tekniikkakanaalin, minkä vuoksi ilmanvaihtokanavat kiertävät perustukset sulkutilassa.



Kuva 23. Vanha putkikanaali jatkuu hissien perustusten TAI:n puolella. Katossa vanha pikisively.



Kuva 24. Koillisseinällä kanaali kääntyy lähtötiedoista poiketen seinän läpi TAI:n tiloihin.

Hissin "takana" kalliopinta nousee jyrkästi studion 108 alla (Kuvat 25 ja 26). Sulkutilan päällä studion alapohjarakenteena on alalaattapalkisto, muurin lounaispuolella maanvarainen betonilaatta. Kuvan 26 käytävän päässä yleisö-wc:n alapohjarakenteeksi muuttuu ylälaattapalkisto (kuvat 27 ja 28). TAI:n vastaisessa seinässä palkin alla rakenteita erottamassa on vaurioitunutta puukuitulevyä (Kuva 29) ja osa pilareiden muottilaudoituksista on jätetty paikoilleen. Tilan pohjalle on jätetty vanhoja haitta-aineita sisältäviä putkia (Kuva 30) ja osa irronneista putkikannatuksista on korvattu mm. ämpärein tai sähkökiskon palasin (Kuva 31). Sulkutilassa havaittiin myös auki oleva luukku TAI-rakennuksen alla kulkevaan kanaaliin, josta puhalsi voimakkaasti ilmaa sulkutilaan (Kuva 32).



Kuva 25. Hissin "takana" kalliopinta nousee nopeasti. Hissien perustusten muottilaudoitus on jätetty sulkutilaan.



Kuva 26. TAI:n vastaisen seinän vieressä studion alapohjarakenteena on alalaattapalkisto, joka muuttuu oikealla näkyvän muurin kohdalla maanvaraiseksi laataksi.



Kuva 27. Yleisö-wc:n kohdalla alapohjarakenteena (sulkutilan katto) on ylälaattapalkkisto, kuvassa oikealla studion alapohjarakenteita.



Kuva 28. Studion alapohjan alalaattapalkkisto sekä seinän alaosa.



Kuva 29. TAI:n vastaisessa seinässä palkin alla oleva erotuskaistana toimiva puukuitulevy on pahoin vaurioitunut.



Kuva 30. Vanhaa putkijätettä sulkutilassa.



Kuva 31. Alkuperäisiä putkikannatuksia on korvattu mm. muoviämpäreillä ja sähkökiskoilla.



Kuva 32. Sulkutilassa havaittiin auki jätetty luukku TAI-rakennuksen alla kulkevaan kanaaliin, josta virtasi voimakkaasti ilmaa sulkutilaan.

Lounaan ja luoteen puoleiset sulkutilat

Kellarin lounaan ja luoteen puoleisiin sulkutiloihin on käynti käytävältä K17. Luoteen puolella tila on leveä ja ulottuu aulan 142 alta suunnilleen kahvion 125 puoleen väliin (kuvat 33 ja 34). Käytävän K17 varrella sekä keilahallin lounaan puoleisella reunalla kallioulouhos ulottuu lähelle ja paikoin kiinni hallin seinärakenteisiin (kuvat 35

ja 36). Sulkutilan yläpuolisten tilojen alapohjarakenteena on pääosin alalaattapalkisto (mm. aula 142, käytävä 127 ja kahvio 125), joka muuttuu maanvaraiseksi laataksi ulkoseinustoilla kellaritiloja varten louhitun alueen ulkopuolella. Kuvassa 34 on havaittavissa aulan 142 ja käytävän 127 välinen taso myös alalaatan alapinnan tasossa (sulkutilan katossa). Pääsisäänkäynnin edustalla sulkutila ulottuu hieman rakennuksen ulkopuolelle, jossa sulkutilan yläpuolisena rakenteena on ylälaattapalkisto (Kuva 36).

Kallioulouhoksesta tihkuu muutamain paikoin vettä ja tilan pohja on paikoin märkä. Tilaan on jätetty runsaasti mm. pilarien muottilauoituksia ja muita puurakenteita, joista osa on lahovaurioituneita (Kuvat 37 ja 38). Tilassa kulkee rakenneaineisia ilmanvaihtokanavia sekä myös runsaasti haitta-aineita sisältäviä ja asbestieristeisiä putkia, joista osaa jatkuu seinärakenteiden sisälle tehtyihin kuiluihin (Kuvat 34, 39 ja 40).



Kuva 33. Kellarin luoteispuolella on korkea sulkutila. Kattona on tilojen 142, 127 ja 125 alapohjan pikisivelty alalaattapalkisto.



Kuva 34. Sulkutilaa keilahallin luoteispuolelta. Tilassa kulkee runsaasti vanhoja asbestieristeisiä putkia. Punaisella on korostettu 1. kerroksen tilojen 142 ja 127 välinen tasoero.



Kuva 35. Käytävän K17 vieressä kallioulouhos ulottuu lähes kiinni seinärakenteisiin.



Kuva 36. Keilahallin lounaisreunalla kallio ulottuu paikoin kiinni seinärakenteisiin.



Kuva 37. Sulkutilaan on jätetty paljon puurakenteita.



Kuva 38. Tilan pohja on paikoin märkä ja muottilaudoituk-
sissa sekä muissa puurakenteissa on laajoja lahovaurioita.



Kuva 39. Asbestieristeiset putket jatkuvat osin seinäraken-
teiden sisällä oleviin pystykuiluihin.



Kuva 40. Seinärakenteen sisällä kulkeva putkikuilu.

Sulkutilasta lähtee kahvion alle kohtisuorasti ulkoseinälinjaa vasten patterilämmityksen putkikanaaleja (Kuvat 41 ja 42). Kanaaleihin on jätetty muottilaudoitusta ja niitä on ainakin osittain eristetty herkästi kosteusvaurioituvalla lastuvillalevyllä ("Toja").



Kuva 41. Sulkutilasta liikuntasauaman vierestä kahvion 125
alle lähtevä putkikanaali.



Kuva 42. Lähelle tarjoilutilaa 124 sulkutilasta lähtevä put-
kikanaali.

Muut sulkutilat

Keilahallin kabinetin K9 päädyssä on kapea sulkutila, joka rajoittuu keilahalliin johtavan portaikon alla märkään kallioseinään (kuva 43). Tilan katossa betonilaatan teräkset ovat osin näkyvissä ja ruostuneet (kuva 44).



Kuva 43. Keilahallin kabinetin K9 päädyssä oleva, märkään kalliolouhokseen rajoittuva sulkutila.



Kuva 44. Sulkutila ulottuu lipunmyyntilojen alapohjarakenteeseen, laatan teräkset osin näkyvissä ja ruostuneet.

Keilahallin koillisen puoleisen seinän ulkopuolella on kapea sulkutila, jonne on käynti hallin katsomon edestä. Arviointikäynnillä sulkutila oli voimakkaasti ylipaineinen keilahalliin, paine-eroseurannoissa vaihtelevasti lievän yli- tai alipaineinen. Käyntiluukun ilmavuotojälkien perusteella ilmaa on liikkunut sulkutilan ja keilahallin välillä. Sulkutilan pohjalla kulkee hallin rakennusaineinen poistoilmakanava (kuva 45) jonka päällä tila levenee jonkin verran (kuva 46).



Kuva 45. Keilahallin katsomon edessä oleva luukku johtaa sulkutilaan, jonka pohjalla kulkee hallin rakennusaineinen poistoilmakanava.



Kuva 46. Kanavan yläpuolella sulkutila on leveämpi.

Lisäksi ilmanvaihtokeskuksen kostutuskammiossa oli avonainen luukku keilahallin IV-konehuoneen takana olevaan sulkutilaan.

3.3 Pintakosteuskartoitus ja aistinvaraiset havainnot

Pintakosteuskartoituksessa havaittiin kosteuspoikkeamia keilahallin lounaan puoleisella seinustalla sekä keittiössä 122. Lisäksi havaittiin useita vanhoja kosteusvauriojälkiä sisäpinnoilla. Elokuun tutkimuskäynneillä havaittiin voimakasta viemärihajua käytävällä K17, kahviossa 125 sekä musiikkijuhlien tiloissa 126–138. Koska

haju ei liity suoraan käytön puutteen vuoksi kuivuneisiin yksittäisiin hajulukkoihin, suositellaan viemärit tutkimaan ko. alueella esim. kuvaamalla.

Pintakosteuskartoituksessa merkittävimmät kosteuspoikkeamat havaittiin keilahallin lounaan puoleisella seinustalla (Kuvat 47 ja 48). Sulkutilaan ja osin kiinni kalliolouhokseen ulottuvan ulkoseinän alaosassa on lähes koko seinän matkalta poikkeamaa. Tiloissa K6–K9 myös lattiassa todettiin poikkeavaa kosteutta. Rakenteiden tutkimukset on esitetty kappaleissa 3.4 ja 3.5.1.

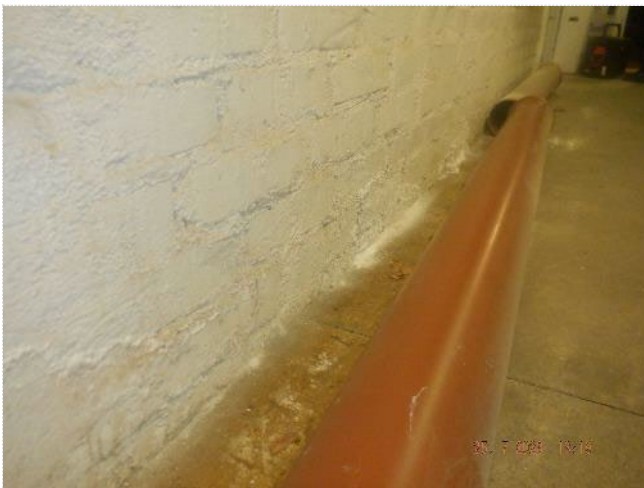


Kuva 47. Keilahallin lounaan puoleisessa sulkutilaan rajoituvassa seinässä havaittiin kupruilua ja poikkeavia kosteuskokemuksia pintakosteuskartoituksessa.



Kuva 48. Kosteuspoikkeamaa seinän alaosassa keilahallin pesutiloissa.

Kellarin käytävän K17 seinäpinnoilla havaittiin poikkeavaan kosteuteen viittaavaa suolan kiteytymistä (kuva 49). Seinissä ei kuitenkaan pintakartoituksessa havaittu poikkeamia. Ensimmäisessä kerroksessa havaittiin kosteuspoikkeamaa keittiön 122 ja tarjoilutilan 124 välisen oven ympäristössä (Kuva 50). Lisäksi vanhoja kosteusvauriojälkiä todettiin mm. siivouskomerossa 130 (Kuva 51), tuulikaapissa 143, aulasta 142 kävelyhalliin johtavan luiskan katossa ja entisellä ulkoseinälinjalla käytävällä 224 (Kuva 52)



Kuva 49. Kellarin käytävän K17 seinäpinnoilla havaittiin kosteuteen viittaavaa suolojen kiteytymistä, pintakartoituksessa ei havaittu poikkeavaa kosteutta.



Kuva 50. Keittiön 122 ja tarjoilutilan 124 oven ympäristössä havaittiin pintakartoituksessa kosteuspoikkeamaa.



Kuva 51. Vanha kosteusvaurio siivouskomerossa 130.



Kuva 52. Vanhoja kosteuden aiheuttamia jälkiä käytävän 224 katossa entisen ulkoseinälinjan kohdalla

Käyttäjiltä saadun tiedon mukaan erityisesti musiikkijuhlien tiloissa käytävällä 127 on toistuvasti todettu viemärin hajua. Kesän aikana hajua ei juuri ole esiintynyt, eikä sitä havaittu kesällä tehtyjen rakennetutkimusten yhteydessä. Sen sijaan olosuhdeseurantoja asennettaessa havaittiin erittäin voimakasta viemärin hajua sekä kellarin käytävällä K1, kahviossa 125 sekä tiloissa 126–138.

3.4 Alapohjat

Rakennuksen maanvastaiset alapohjarakenteet kellarissa ja 1. kerroksessa ovat lämmöneristämättömiä kaksoisbetonilaattoja, joiden välissä on ainakin osin asbestia sisältävä pikisively. Rakenteessa todettiin paikallinen lattiapäällystevaurio keilahallissa. Rakenteessa kulkee paikoin lastuvillaeristettyjä putkikanaaleja, jotka ovat laatan reunoilta ilmayhteydessä sisätiloihin. Sulkutiloihin rajoittuvat alapohjat ovat pääosin ontelollisia alalaattapalkkistoja betonisella pintalaatalla. Onkaloissa ei ole täyttöjä, mutta pintalaatan muottilaudat on jätetty rakenteeseen. Pääsisäänkäynnin edustalla olevassa lipassa ontelon alapinnassa on lämmöneristeenä toimiva kevytbetonilaatta. Onteloista ei normaalissa käyttötilanteessa havaittu merkkiaineella vuotoja sisäilmaan.

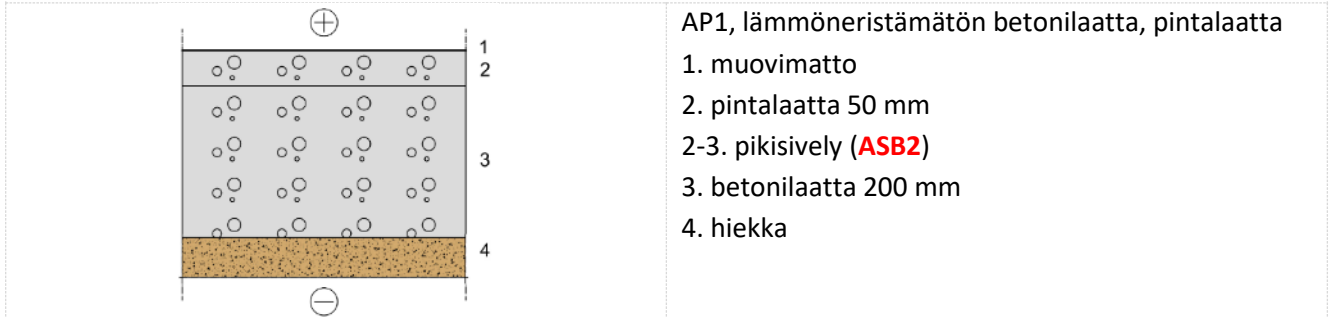
Rakennuksessa on maanvastaisia alapohjarakenteita kellarissa sekä 1. kerroksessa. Osittain 1. kerroksen alapohjarakenteet toimivat sulkutilojen kattoina (Kuvat 8 ja 9). Lisäksi rakennuksen 2. kerros ulottuu pääsisäänkäynnin yläpuolelle muodostaen ulkoilman vastaisen ulokkeellisen alapohjan. Alapohjarakenteissa kulkee useita talotekniikkakanaaleja.

Rakenteista ei ole lähtötiedoissa yksityiskohtia. Leikkauskuvien perusteella rakenteena on kellarikerroksessa maanvarainen betonilaatta ja ylemmissä kerroksissa betoninen alalaattapalkkisto, jonka palkkien välisten onteloiden päälle on valettu ohut pintalaatta. Lämmöneristettä ei ole esitetty kuvissa. Myöskään vedeneristystä/kappilarikatkona toimivaa kerrosta ei ole esitetty. Arviointikäynnillä sulkutiloissa havaittiin paikoin bitumisivelyjä, joiden tekninen käyttöikä on ylittynyt.

Kellarin rakenneavausten perusteella alapohjarakenne vastaa suunnitelmia. Avauksesta R1 todettiin kallioulouhoksen hiekkatäytön päällä olevan 200 mm paksu betonilaatta, jonka päällä on asbestia (ASB2) sisältävä pikisively ja 50 mm pintalaatta (Kuva 53). Tiloissa K7–K9 laatta on kastunut todennäköisesti sulkutilan kallioulouhoksesta tihkuneen veden vaikutuksesta. Pintakosteuskartoituksessa havaituilta poikkeama-alueilta tehdyissä viiltomittauksissa (kuva 54) maton liimatilan kosteudet olivat erittäin korkeita (V1: 93 %RH; 19 °C; 15,1 g/m³; V2: 90 %RH; 19 °C; 14,0 g/m³). Liimatilasta havaittiin voimakasta hajua. Myös kastuneen alueen ulkoreunalla liimatilan kosteus oli selvästi poikkeava (V3: 79 %RH; 20 °C; 13,9 g/m³). Tilan K9 juuttipohjaisesta matosta kastuneelta alueelta otetussa materiaalinäytteessä (M2) todettiin myös aktiivista mikrobikasvua.

Pääosin kellarin alapohja on päällystämätöntä betonia, jonka päälle on tehty puurakenteinen korotus (keilarata ja katsomo). Betonipinnalle on jätetty paikoin runsaasti purua ja lastua (kuva 55). Hallin ylemmälle tasolle johtavan portaan alla ei ole ilmatilaa tai ainakin betonin rakennevahvuudet ovat yli 400 mm. Keilahallin takaosassa

havaittiin salaojakaivo, johon tulevat putket olivat näkyvissä vedenpinnan yläpuolella. Kaivossa vedenpinta oli noin metrin lattiapinnan alapuolella.



AP1, lämmöneristämätön betonilaatta, pintalaatta

1. muovimatto
2. pintalaatta 50 mm
- 2-3. pikisively (**ASB2**)
3. betonilaatta 200 mm
4. hiekka

Kuva 53. Kellarin alapohjarakenteena AP1 on lämmöneristämätön maanvarainen betonilaatta, jonka päällä on asbestia sisältävä pikisively, 50 mm pintalaatta ja muovimatto.

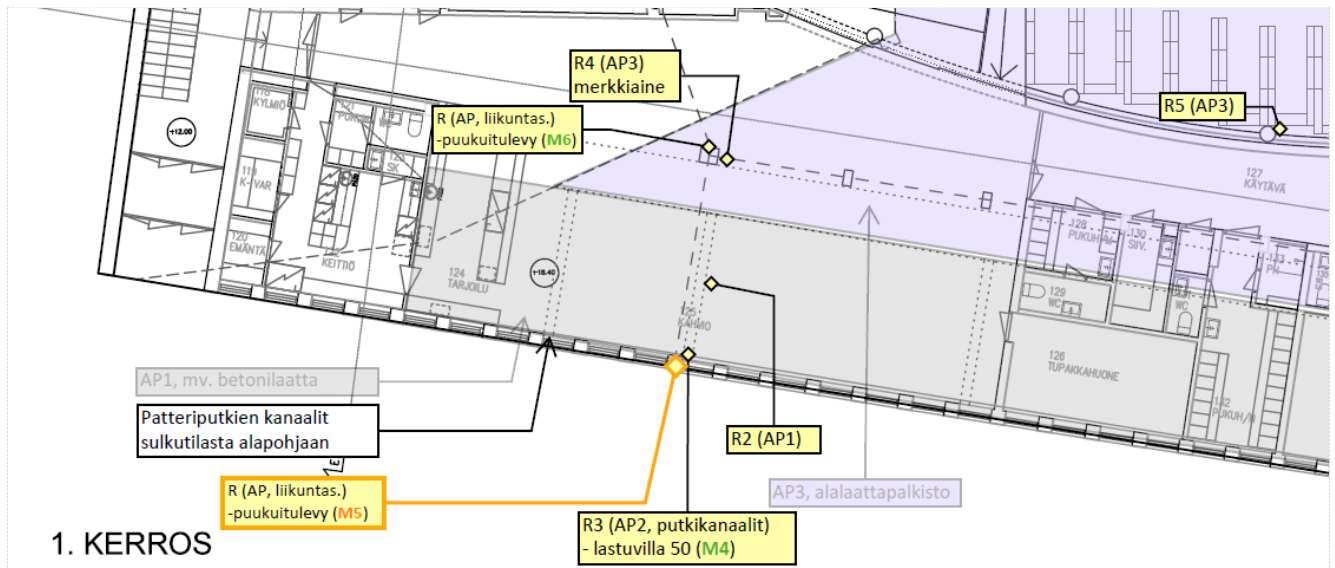


Kuva 54. Tilan K7 viiltomittauksessa **V1** liimatilan kosteus todettiin poikkeavaksi.

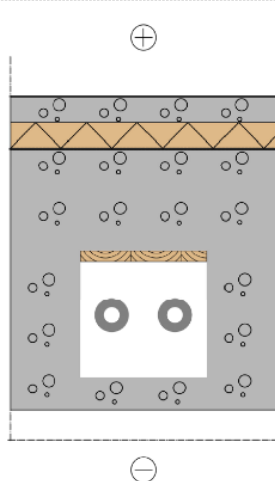


Kuva 55. Puurunkoisen keilaradan alla alapohjan päällystämättömän pintalaatan päällä purua, lastuja ja roskia.

Rakennevahvuuksia lukuun ottamatta kellarin vastaava alapohjarakenne todettiin (avaus R2) myös kahvion 125 ulkoseinustalla sulk-/louhostilan ulkopuolella (Kuva 56). Pintamateriaalina on linoleum, pintalaatta on 65 mm ja pohjalaattaa 60 mm. Rakenteessa ei havaittu kosteuspoikkeamia. Alapohjassa kulkee ulkoseinälinjaa vasten putkikanaaleja lämpöpattereille (sulkuilasta havaitut linjat on merkitty suuntaa antavasti liitteen 2 pohjakuvaan, myös kuva 56). Näiden kohdalla rakenteessa on avauksen R3 perusteella herkästi kosteusvaurioituva lastuvillalevy lämmöneristeinä (kuva 57). Eristeestä otetussa materiaalinäytteessä (**M4**) ei todettu poikkeavaa mikrobistoa. Pintalaatta on ulkoseinustalla irti ulkoseinästä, joten eristetilasta on suora ilmayhteys sisäilmaan (kuva 58).



Kuva 56. Maanvastaiset ja sulkutilaan rajoittuvat alapohjarakenteet kahvion 125 alueella.



AP2 (kanaali)

- 1 linoleum, liima, tasoite
- 2 betoni 50 mm
- 3 lastuvillalevy 50 mm (M4)
- 4 betoni 200 mm
- 5 kanaali 230 mm (muottilaudat+sively, asbestieriste)
- 6 betoni/kallio

Kuva 57. Kahvion putkikanaalin kohdalla alapohjarakenteessa on avauksen R3 perusteella lastuvillaeriste.

Sulkutilan päällä alapohjarakenne muuttuu avauksen R4 ja R5 perusteella välipohjarakenteita vastaavaksi onkalliseksi alalaattapalkistoksi AP3 (ks. myös kappale 3.5). Ontelotilasta ei käyttötilannetta vastanneissa painesuhteissa todettu merkkiainetutkimuksin ilmavuotoja kahvioon (Kuva 59). Sulkutiloissa todetun asbestipölyvaaran, sulkutilojen epätiivien kulkuluukkujen sekä epätiivien läpivientien vuoksi ilmavuototutkimuksissa ei käyttötiloja erikseen alipaineistettu.

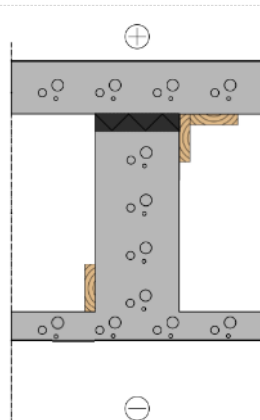
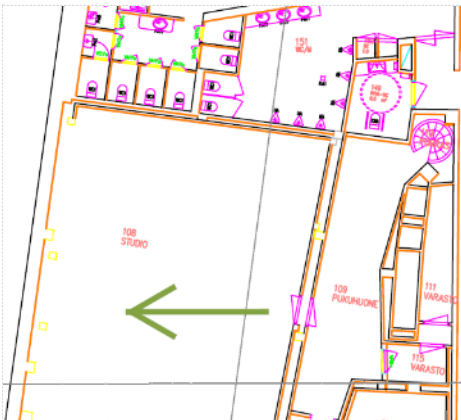


Kuva 58. Pintalaatta on kahvion 125 ulkoseinustalla irti ulkoseinärakenteesta, joten kanaalien kohdalla oleva lämmöneriste on suorassa ilmayhteydessä sisäilmaan. Rakenteessa kulkeva liikuntasauama merkitty punaisella viivalla.



Kuva 59. Merkkiainetutkimuksessa alapohjan alalaattapalkiston onkalosta ei havaittu ilmapuotoja tilojen normaalissa käyttöpaineessa.

Vastaava alapohjarakenteen muutos todettiin studion 108 alapohjassa. Sulkutilaan rajoittuvalla osalla rakenne on avauksen R7 perusteella ontelollinen alalaattapalkisto (Kuvat 60–62). Onteloon on jätetty muottilaudoitusta paikoilleen. Avauksesta ei havaittu poikkeavaa hajua. Rakenne vaihtuu n. 4,5 m etäisyydellä ulkoseinästä (TAI-rakennukseen rajoittuva seinä) maanvaraiseksi laataksi, joka vastaa avauksen R8 perustella rakennevahvuuksia lukuun ottamatta edellä esitettyä rakennetta AP2.



AP3 (alalaattapalkisto)

- 1 linoleum, liima, tasoite
 - 2 betoni 95 mm
 - 3 muottilaudoitusta 25 mm
 - 4 ilmatila 450 mm
 - 5 betoni 50 mm
- 6 sulku-/louhostila palkin ja pintalaatan välissä pikisivelty korkki

Kuva 60. Studion sulkutilaan rajoittuvana alapohjana on ontelollinen alalaattapalkisto.



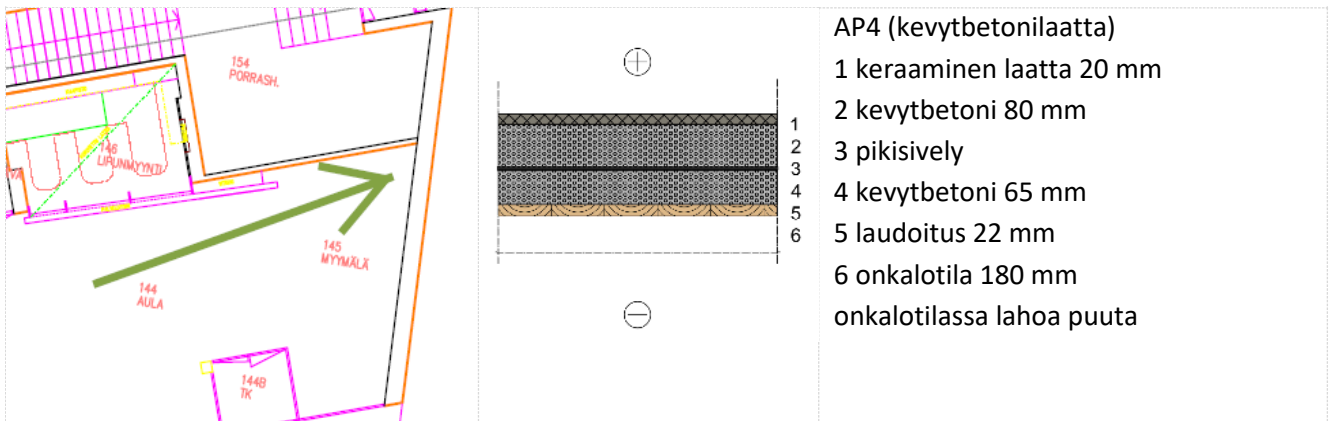
Kuva 61. Rakenneavaus R7 studion 108 alapohjaan sulkutilan päällä.



Kuva 62. Alapohjan alalaattapalkiston onteloon on jätetty muottilaudoitusta paikoilleen.

Studion viereisen yleisö-wc:n kohdalla sulkutilaan rajoittavana alapohjana on ylälaattapalkisto, joka on helposti havaittavissa sulkutilasta (ks. kuvat 27 ja 29). Vastaavasti pääoven edustalla olevan katoksen sulkutilaan rajoittuva pohjarakenne on ylälaattapalkisto.

Lipunmyynnin tiloissa alapohjarakenteen AP4 todettiin avauksen R6 perusteella olevan kevytbetonia (Kuvat 63 ja 64). Kevytbetonilaatan ja maaperän välissä havaitussa ilmatilassa todettiin olevan lahoa puuta (Kuva 65). Aulan 144 ulkoseinustalla tuulikaapin 144B molemmin puolin lattiassa on patterisyvennykset, joiden ulkopinnassa on reikäpellillä peitettyä mineraalivillaa, josta voi irrota kuituja sisäilmaan.



Kuva 63. Lipunmyynnin tiloissa alapohjarakenteena oli avauksen R6 perusteella kevytbetonilaatta.

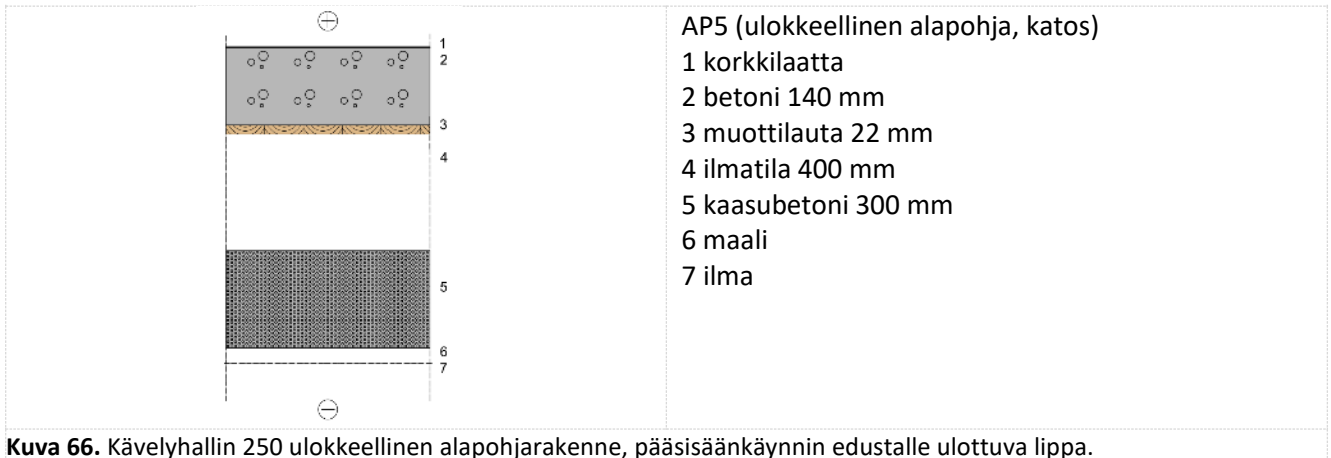


Kuva 64. Rakenneavaus R6 lipunmyynnin alapohjaan.



Kuva 65. Alapohjan kevytbetonirakenteen alla olleessa ilmatilassa havaittiin lahoa puuta.

Toisen kerroksen kävelyhallin 250 lattia on lipunmyynnin kohdalla välipohjarakennetta ja pääoven edustalla ulokkeellista alapohjaa. Avausten R10 ja R11 perusteella rakenne on molemmissa samanlainen (Kuva 66). Pinta-betonilaatan alla on muottilaudoitusta, onkalotila ja myös lämmöneristeenä toimiva kevytbetonilaatta.

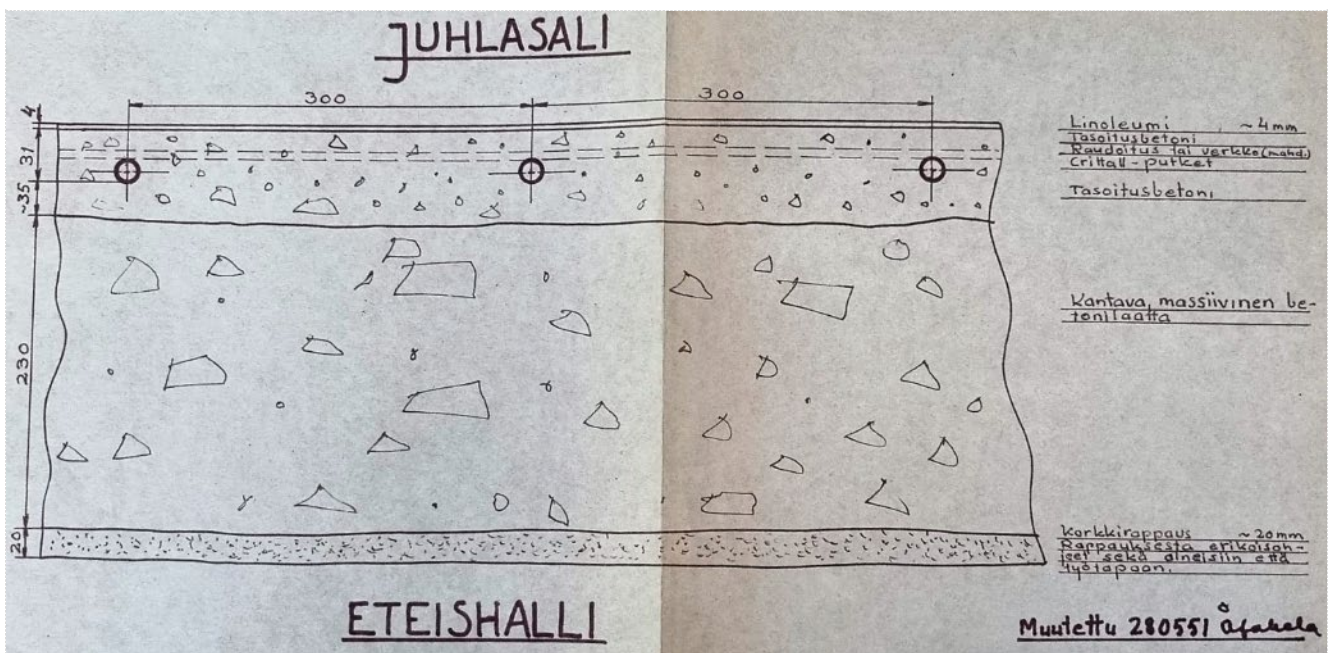


Kuva 66. Kävelyhallin 250 ulokkeellinen alapohjarakenne, pääsisäänkäynnin edustalle ulottuva lippa.

3.5 Välipohjat

Välipohjarakenteet vastaava suunnitelmaa. Pääaulan 142 kattona toimivan välipohjan alapintaan tehtyä asbestiriskitusta ei ole poistettu. Muut välipohjat ovat pääosin ontelollisia alalaattapalkkistoja, joissa ei ole orgaanisia täytöjä. Välipohjaonteloihin on osin jätetty muottilaudoitusta paikoilleen. Ontelotiloista havaittiin yksittäisessä merkkiainetutkimuksessa merkittävää ilmapuotoa alapuolisiin tiloihin.

Lähtötietojen leikkauskuvien perusteella välipohjat ovat pääosin ontelollisia betonirakenteita. Eteishallin ja konserttisalin välinen välipohja on lähtötietojen perusteella betonirakenteinen. (Kuva 67). Rakenteen yläosassa kulkevat vesikiertoisen lattialämmityksen putket ja alapintaan on tehty asbestiriskitus, jonka mahdollisesta poistamisesta ei lähtöaineistossa ollut kirjallista dokumenttia. Ennen rakennetutkimusten aloitusta rakenteen alapinnasta otetun materiaalinäytteen todettiin sisältävän asbestia (ABS1). Tämän vuoksi rakenteeseen ei tehty avauksia, mutta sen todettiin rakennevahvuusarvion perusteella vastaavan todennäköisesti suunnitelmaa.



Kuva 67. Juhlasalin (konserttisalin) ja eteishallin betonirakenteisessa välipohjassa on lattialämmitys.

Keilahallin ja eteishallin välisen välipohjarakenteen todettiin vastaavan suunnitelmia sekä sulkutilaan rajoittuvia alapohjia varastosta 148 (kuvat 60 ja 68–71). Alalaattapalkiston onteloissa ei ole täyttöjä, mutta muottilaudat on jätetty osittain rakenteeseen. Kuvassa 71 on esitetty myös pääaulasta 142 kävelyhalliin 250 johtavan luiskan rakenne (ylälaattapalkisto) altapäin.



Kuva 68. Kellarin ja 1. kerroksen välinen välipohjarakenne varastosta 148 todettuna.



Kuva 69. Alalaattapalkiston palkkien päällä on pikisiveltä korkkia.



Kuva 70. Ulkoseinään oikeasta reunastaan ulottuva välipohjaontelo muottilaudoituksineen.



Kuva 71. Aulasta kävelyhalliin johtavan luiskan rakenne (ylälaattapalkisto).

Toisen kerroksen orkesterilämpöistä 228 tehdyssä avauksessa R12 todettiin rakenne täysin edellä kuvattuja vastaavaksi (kuvat 72–73). Ontelon muottilaudoitusta oli osin purettu ylälaatan aukosta, joka on sen jälkeen valettu umpeen (kuvan 72 laudoitus). Ontelon pohjalla oli runsaasti puuainesta. Palkin ja pintalaatan välissä todettiin korkkieriste. Ontelotilasta havaittiin merkkiainetutkimuksessa merkittävää ilmavuotoa alapuolella olevan kahvion alakaton päälle.

Vastaava ontelorakenne todettiin tiivistämättömien läpivientien kautta 3. kerroksesta salin yläosan sivuilla olevista ilmanavatioista.

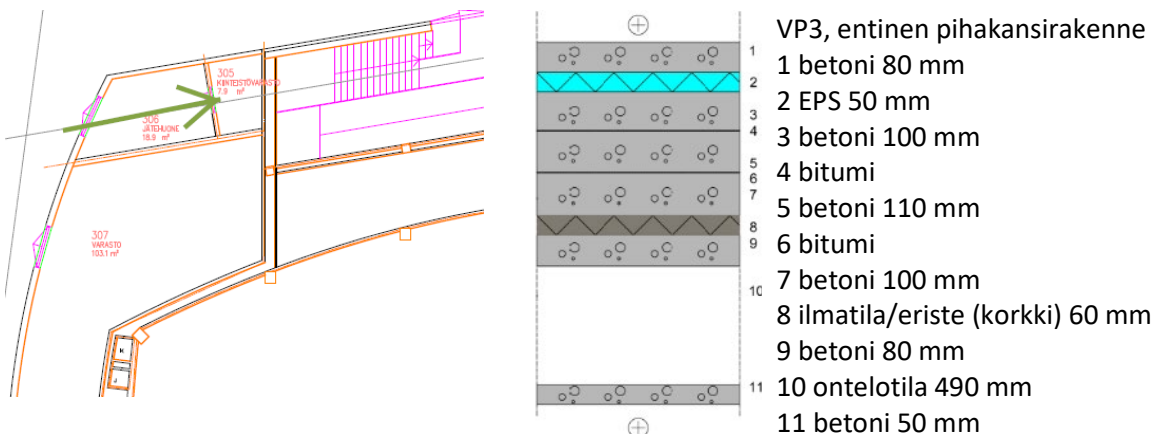


Kuva 72. Välipohjan ontelon muottilaudoitusta on purettu pintalaatan aukon kautta. Tilaan on kuitenkin jätetty runsaasti puuainesta.



Kuva 73. Pikisivelty korkki palkin ja pintalaatan välissä.

Laajennusosan alapuolinen välipohja on toiminut aiemmin pihakantena. Vanhan rakenteen päälle on laajennustyön yhteydessä tehty uusi lattiarakenne. Avauksen R13 perusteella todettu rakenne on esitetty kuvassa 74. Rakenteen ontelotilaan laskettua merkkiainetta ei havaittu vuotavan alapuolisiin tiloihin.



Kuva 74. Laajennusosan lattiarakenne on tehty entisen pihakansirakenteen päälle.

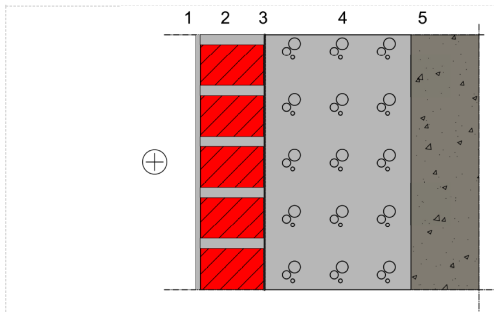
3.6 Ulkoseinät

Rakennuksen maan-/sulkutilan vastaisissa sisäpuolelta tiiliverhoiluissa betoniseinissä ei ole herkästi kosteudesta vaurioituvia materiaaleja. Yksittäisessä keilahallin sisäpuolelta levytetyssä seinässä todettiin akuutti kosteus- ja mikrobivaurio. Sokkelikorkeudella rakenteessa on korkkieristys, joka ei materiaalinäytteiden perusteella ole vaurioitunut. Maanpäällisten seinien patterisyvennyksien lastuvillaeristeissä ja ikkunoiden pella-variveissä todettiin paikallisia mikrobivaurioita. Maanpäällisistä seinistä todettiin merkkiainetutkimuksin merkittäviä systemaattisia ilmavuotoja sisätiloihin.

Maan-/sulkutilan vastaiset seinät kellarissa

Rakennuksen maanpinnan alapuoliset ulkoseinät ovat osin maanvastaiset ja osin sulk-/louhostilaan rajoittuvat. Lähtöaineistossa ei ollut tarkempia tietoja rakenteesta. Leikkauskuvien perusteella seinät ovat betonirakenteiset ja niiden sisäpintana on tiilimuuraus.

Keilahallin ulkoseinät vastaavat avauksen R13 sekä sulkutiloista tehtyjen havaintojen perusteella pääosin lähtötietoja (Kuvat 75–77). Tiiliverhoilun takana on kapea ilmarako, pikisively ja 300 mm betonimuuri. Rakenteessa ei ole vaurioituvia materiaaleja.



US 1 (maan-/sulkutilan vastainen seinä)

- 1 maali/tasoite
- 2 tiili 130 mm
- 3 ilmarako 0–20 mm + bitumi
- 4 betoni 300 mm
- 5 maatyttö/louhos/sulkutila

Kuva 75. Yleisin maanvastainen ulkoseinärakenne US1.



Kuva 76. Kellarin keilahallin ulkoseinät ovat pääosin sisäpuolelta tiiliverhoillut.



Kuva 77. Keilahallin ulkoseinän tiilimuurauksen takana on ilmarako (tässä kulkuluukun kohdalla täytetty laastilla), piki-sively ja betonimuuri.

Lounaan puoleisella seinustalla rakenne poikkeaa muista sisäpintamateriaaliltaan. Seinän alaosassa on lähes koko pituudeltaan poikkeavaa kosteutta. Tilassa K7 betonimuurin sisäpinnalla on puurunko ja alaosaan kosteusvaurioitunut puukuitulevytyks, josta otetussa materiaalinäytteessä (M1) todettiin aktiivista mikrobikasvua (kuva 78). Pukuhuone- ja pesutiloissa sisäpintana on maali ja tasoite tai keraaminen laatta. Keilahallin takaseinässä on äänenvaimennusmateriaalina betoniseinään liimattua, suurelta osin täysin pinnoittamatonta mineraalivillaa, joka toimii mineraalikuitujen lähteenä.



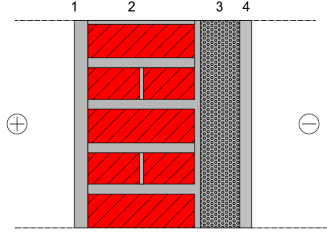
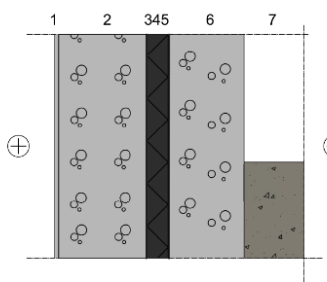
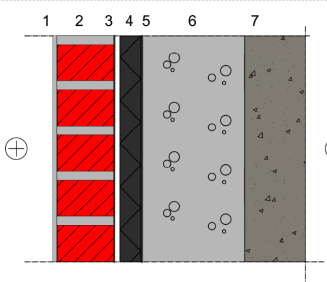
Kuva 78. Tilassa K7 betonimuurissa kiinni oleva puurunko on kosteusvaurioitunut, sisäpinnan puukuitulevyssä todettiin aktiivista mikrobikasvua (M1).



Kuva 79. Keilahallin takaseinässä betonimuurin sisäpinnalla on iäkäs akustointi, joka toimii mineraalikuitujen lähteenä.

Ajorampin vastainen, osin maanvastainen seinä

Maanvastaista ulkoseinärakennetta on myös rakennuksen ylemmissä kerroksissa kaakonpuoleiselle, ajorampiin rajoittuvalla seinustalla (kuvat 4 ja 13). Maanpinnan yläpuolella ulkoseinä on tiilirakenteinen, ulkopinnassa on lämmöneristeenä kevytbetonia (kuva 80). Sokkelikorkeudella seinä vaihtuu betonirakenteiseksi ja korkkieristeiseksi (kuva 81). Sokkelirakenteen alapuolella seinärakenne vastaa edellä esitettyä rakennetta US1 (kuva 75), mutta sisäpuolisen tiilverhouksen takana on korkkieriste (kuva 82). Syvemmällä maanpinnasta korkkieriste jää pois.

	<p>US2, ulkoseinä maanpinnan yläpuolella (koillisseinä, ajoramppi)</p> <p>1 tasoite 30 mm 2 tiili 270 mm 3 kevytbetoni 100 mm 4 rappaus 30 mm</p>
<p>Kuva 80. Koillisen puoleinen, ajorampin viereinen ulkoseinä sokkelin yläpuolella.</p> 	<p>US3 (ulkoseinä sokkelikorkeudella)</p> <p>1 tasoite/rappaus 30 mm 2 tiili 130 mm 3 bitumi 4 korkki 30 mm 5 bitumi 6 betoni 7 ilma/maatäyttö</p>
<p>Kuva 81. Ulkoseinä sokkelikorkeudella US3.</p> 	<p>US4 (mv. seinä sokkelin alapuolella)</p> <p>1 tasoite 30 mm 2 tiili 130 mm 3 ilmaväli 4 korkki 50 mm 5 bitumi 6 betoni 250 mm 7 maatäyttö</p>
<p>Kuva 82. Maanvastainen seinärakenne sokkelin alapuolella US4.</p>	

Luoteen puoleinen ulkoseinä

Luoteen puolella maanpinnan taso vaihtelee voimakkaasti (ks. kuvat 3 ja 14) minkä vuoksi lattiapinta ja seinän patterisyvennys ulottuvat paikoin sokkelikorkeudelle. Rakenneaavausten perusteella sokkelikorkeudella seinän lämmöneristeenä on koko rakennuksen alueella – myös patterisyvennyksissä – korkki (kuva 83). Patterisyvennyksissä sokkelin yläreunan tasolla lämmöneriste vaihtuu lastuvillalevyksi (kuva 84). Patterisyvennyksien välissä seinä on tiilirakenteinen (kuva 85). Sokkelin yläpuolella ulkoseinän ulkopinnassa on rapattua kevytbetonia, joka toimii myös lämmöneristeenä. Ikkunatilkkeenä todettiin olevan pellavarivettä.

Ulkoseinärakenteen korkkieristeistä sokkelikorkeudelta otetuista 8 materiaalinäytteestä (M8, M10–M11, M14–M15, M25, M28 ja M30) yhdessäkään ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa (Taulukko 1). Patterisyvennyksien lastuvillaeristeistä otetuista 9 materiaalinäytteestä (M12, M17, M18, M19, M21, M22, M24, M27 ja M29)

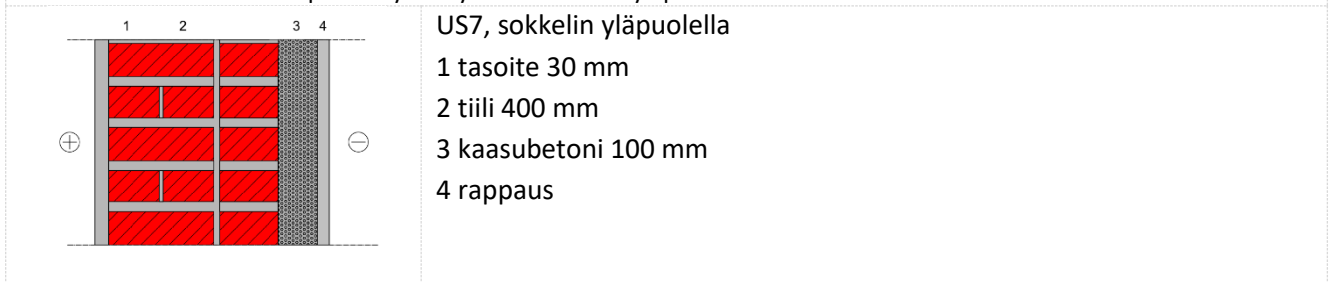
kolmessa esiintyi mikrobikasvua. Neljästä ikkunatilkkeestä otetusta näytteestä (M13, M20, M23 ja M26) kahdessa esiintyi mikrobikasvua.



Kuva 83. Sokkelikorkeudella ulkoseinärakenteen lämmöneristeenä on koko rakennuksen alueella korkki.

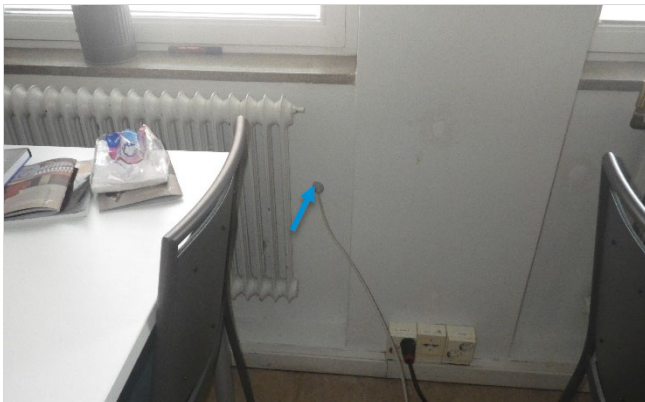


Kuva 84. Ulkoseinärakenne patterisyvennyksissä sokkelin yläpuolella.

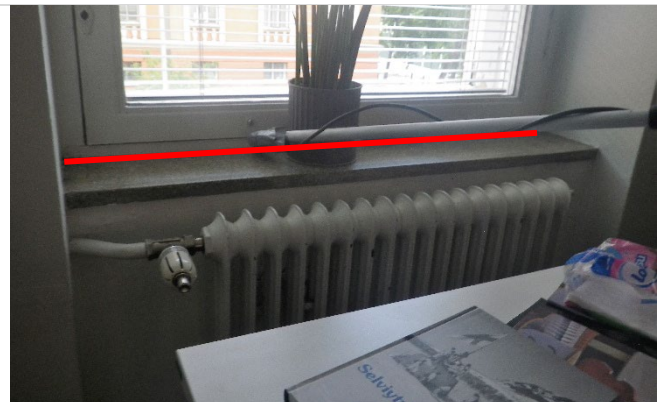


Kuva 85. Ulkoseinärakenne sokkelin yläpuolella.

Merkkiainetutkimuksissa todettiin ulkoseinärakenteesta merkittäviä, systemaattisia ilmavuotoja ikkunapenkien ja ikkunoiden liittymistä, patterikannakkeista ja patteriputkien läpivienneistä (kuvat 86–89).



Kuva 86. Ulkoseinärakenteen tiiveyttä tutkittiin tilassa 236 patterisyvennyksen eristetilaan lasketulla merkkiaineella.



Kuva 87. Merkittävää ilmavuotoa todettiin ikkunapenkien ja ikkunan liittymästä (punainen merkintä).



Kuva 88. Patteriputkien läpivienneistä havaittiin merkittävää ilmavuotoa...



Kuva 89. samoin patterikannakkeiden kohdalta (punaiset korostukset).

3.7 Väliseinät

Rakennuksen väliseinät ovat pääosin tiili- ja betonirakenteiset. Yksittäinen kosteus- ja mikrobivaurio todettiin materiaalinäyttein keittiön 122 ja tarjoilutilan 124 välisen seinän alaosassa.

Rakennuksen väliseinät ovat alkuperäisten pohja- ja leikkauskuvien perusteella pääosin tiili- tai betonirakenteiset. Leikkauskuvien perusteella seinät lähtevät pintalaatan päältä.

Keittiön 122 ja tarjoilutilan 124 välisen oven ympäristössä havaittiin poikkeavaa kosteutta, ovesa ja kevytrakenteisissa väliseinissä on myös kosteusvauriojälkiä (kuvat 90 ja 91). Seinän kipsilevyn kastuminen on materiaalinäytteen **M3** perusteella johtanut myös mikrobivaurioon.

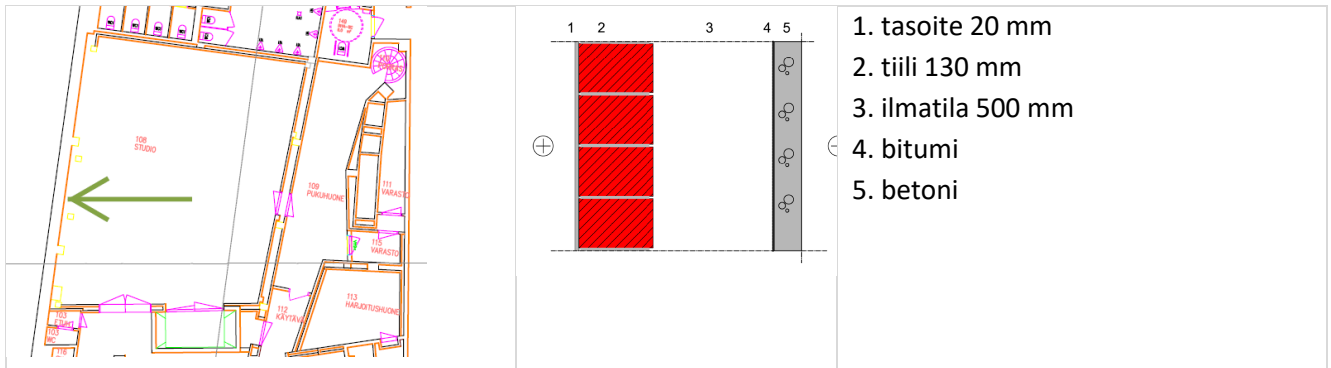


Kuva 90. Keittiön 122 ja tarjoilutilan 124 väliseinässä ja ovesa havaittiin kosteusvaurio.



Kuva 91. Seinän kipsilevyn kastuminen on johtanut materiaalinäytteen **M3** perusteella myös mikrobivaurioon.

Studio 108 ammatti-instituutin vastainen seinä on rakennettu irti rakennuksen rungosta. Sisäpuolisen tiiliverhouksen takana on laaja ilmatila, jossa on tervapaperipäällysteisiä mineraalivillaseinäkkeitä (kuvat 92–94).



Kuva 92. Studion 108 seinä on erotettu rakennuksen rungosta.



Kuva 93. Seinän ilmatilassa havaittiin mineraalivilla seinäkerkeitä,...



Kuva 94. ...joissa oli tervapaperipinta.

3.8 Yläpohjat

Konserttisalin päällä olevassa korkeassa ullakkotilassa on runsaasti asbestieristeisiä ilmanvaihtokanavia sekä avoimia mineraalivillapintoja. Lämmöneristeenä toimiva lastuvillalevytys on materiaalinäytteiden perusteella laaja-alaisesti kosteus- ja mikrobivaurioitunut. Matalalla osalla on todettu toistuvia kattovuotoja, joita on saatu estettyä osaan vesikattoa tehdyllä pinnoituksella. Vuotoalueilla yläpohjan orgaaniset lämmöneristeet ovat todennäköisesti mikrobivaurioituneita.

Rakennuksen yläpohjarakenteista ei ole tarkempia tietoja lähtöaineistossa. Kävelyhallin 250 katossa on aiemmin ollut vesivuotoja, jotka käyttäjiltä saadun tiedon mukaan ovat kuitenkin loppuneet vuonna 2022 tehdyn katon osan pinnoituksen ansiosta. Samassa yhteydessä kupuosan Puutorin puoleisen pystyseinän vaakasaumat on tarkastettu ja tiivistetty massalla. Katon kuntoa on samassa yhteydessä tarkastettu lähtöaineiston valokuvien perusteella laajemmaltakin alueelta, mutta tästä ei ollut raporttia saatavilla. Kuntoarvioraportissa (Raksystems 2015) todettiin ullakkotiloista tehdyssä tarkastuksessa konserttisalin kupolikatossa kaksi akuuttia vesivuotoa ja yksittäisiä vuotojälkiä. Alkuperäisten leikkauskuvien perusteella alumiinilevykatteen alla on puualusrakenne ja lämmöneristys on toteutettu kuitulevyillä.

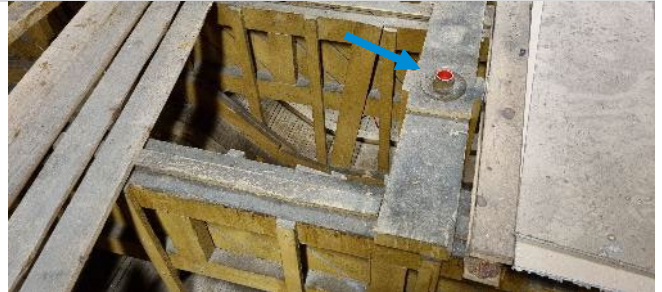
Kupumainen osa

Konserttisalin päällä olevan, korkean ullakkotilan puu- ja teräsrakenteet ovat aistinvaraisesti pääosin hyväkuntoiset (kuvat 95 ja 96). Konserttisalin muotoiltu sisäkatto on toteutettu puurimoituksena. Akustiikan parantamiseksi katossa on tuhansia reikiä, joissa on eri mittaisia pahviputkia, jotka on alkujaan olleet suljettu puutulpilla. Tulppia on vuosien saatossa irronnut ja kadonnut, minkä vuoksi niitä on viime vuosina korvattu muovitulpilla. Avonaiset tulpat mahdollistavat ja tehostavat hallitsemattomia ilmapuotoja salin ja ullakon välillä. Salista voi

kulkeutua runsaasti vesihöyryä sisältävää lämmintä ilmaa ullakkotilaan. Toisaalta ullakon jäähtynyttä ilmaa voi valua reikien kautta saliin aiheuttaen vetoa. Ilmavuotojen myötä ullakkotilasta voi kulkeutua myös epäpuhtauksia saliin.



Kuva 95. Kupolin korkeassa ullakkotilassa yläpohjan puu- ja teräsrakenteet olivat aistinvaraisesti arvioituna pääosin hyväkuntoiset.



Kuva 96. Konserttisalin muotoiltu sisäkatto on toteutettu puurimoituksena. Akustiikan vuoksi katossa on tuhansia pahviputkittuja reikiä, joiden alkuperäiset puutulpat on pääosin korvattu muovitulpilla (nuoli).

Ullakkotilassa kulkee runsaasti mineraalivilla- ja asbestieristeisiä ilmanvaihtokanavia (kuvat 97 ja 98). Sekä kupolin pysty- että vaakasuorissa osissa on sisäpuolisena lämmöneristeenä lastuvillalevyä (100 mm), jonka takana on ilmarako, laudoitus ja vesikatteena alumiinilevyt (kuvat 99 ja 100). Lastuvillaeristeistä otetuista kuudesta materiaalinäytteestä (**M31**, **M32**, **M33**, **M34**, **M35** ja **M36**) viidessä todettiin aktiivista mikrobikasvua.



Kuva 97. Ullakkotilassa kulkee runsaasti ilmanvaihtokanavia, joista osa on eristetty päällystämättömällä mineraalivillalla,...



Kuva 98. ...ja osa on asbestieristeisiä.



Kuva 99. Kupoliosassa on sisäpuolisena lämmöneristeenä lastuvillalevy.



Kuva 100. Lastuvillalevyn ulkopinnassa on ilmarako, laudoitus ja vesikatteen alumiini.

Vesikate ja katon matala osa

Kuvun ulkopuolella puurunkoinen yläpohjatila on paikoin matala (kuva 101). Tilassa on lämmöneristeenä vaihtelevasti turvetta, selluvillaa ja lastuvillalevyä sekä puuta ja erilaista orgaanista roskaa (kuvat 102–104).



Kuva 101. Yläpohjatila on paikoin matala eikä mahdollista tilan tarkastamista ilman vesikatteen avaamista.



Kuva 102. Yläpohjatilan eristeenä mm. puhallusvillaa ja lastuvillalevyä (pystypinta taka-alalla) ja..



Kuva 103. ...turvetta sekä...



Kuva 104. ...erilaista orgaanista jätettä.

Vesikaton tiedetään vuotaneen toistuvasti ainakin kävelyhallin 250 ja orkesterilämpöön alueella. Käyttäjiltä saadun tiedon mukaan vuotoja ei ole ollut katon näille osille tehdyn pinnoitustyön jälkeen (kuvat 105–108). Pinnoitus on tehty myös rakennuksen pohjoisnurkassa orkesterilämpöön päälle. Pinnoitetulla alueella pinnoite on nostettu myös kupolin pystyseinä alaosaan.

Matalan yläpohjan eristemateriaaleista ei otettu näytteitä, koska niitä ei olisi saatu kattavasti edustavilta alueilta ilman vesikatteen avaamista. Oletuksena on, että ainakin vesivuotoalueilla orgaanisissa eristeissä esiintyy mikrobikasvua.



Kuva 105. Lounaanpuoleisella lappeella vesikate on pinnoitettu.



Kuva 106. Pinnoitetun alueen raja.



Kuva 107. Pinnoite on nostettu kupolin pystyseinälle.



Kuva 108. Pinnoitusta on tehty myös rakennuksen pohjoisnurkassa orkesterilämpöön päällä.

3.9 Mikrobit materiaalinäytteistä

Yhteenveto rakennetutkimuksissa otettujen materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tuloksista on esitetty taulukossa 1 rakennusosittain. Tulosten perusteella yläpohjan lastuvillaeristeet ovat laaja-alaisesti (vaurio 5/6 näytteessä) kosteus- ja mikrobivaurioituneet. Ulkoseinissä esiintyy paikallisia vaurioita ikkunatilkkeissä ja patterisyvennysten lastuvillaeristeissä (5/13). Sen sijaan sokkelin korkkieriteissä ei materiaalinäytteiden perusteella esiinny poikkeavaa mikrobistoa (0/8). Alapohjan ja väliseinien vauriot liittyvät paikallisiin kosteusvaurioihin. Koko rakennuksen läpi ulottuvan liikuntasauaman puukuitulevystä otetuista kolmesta näytteestä yhdessä havaittiin poikkeavaa lajistoa.

Taulukko 1. Yhteenveto materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tuloksista.

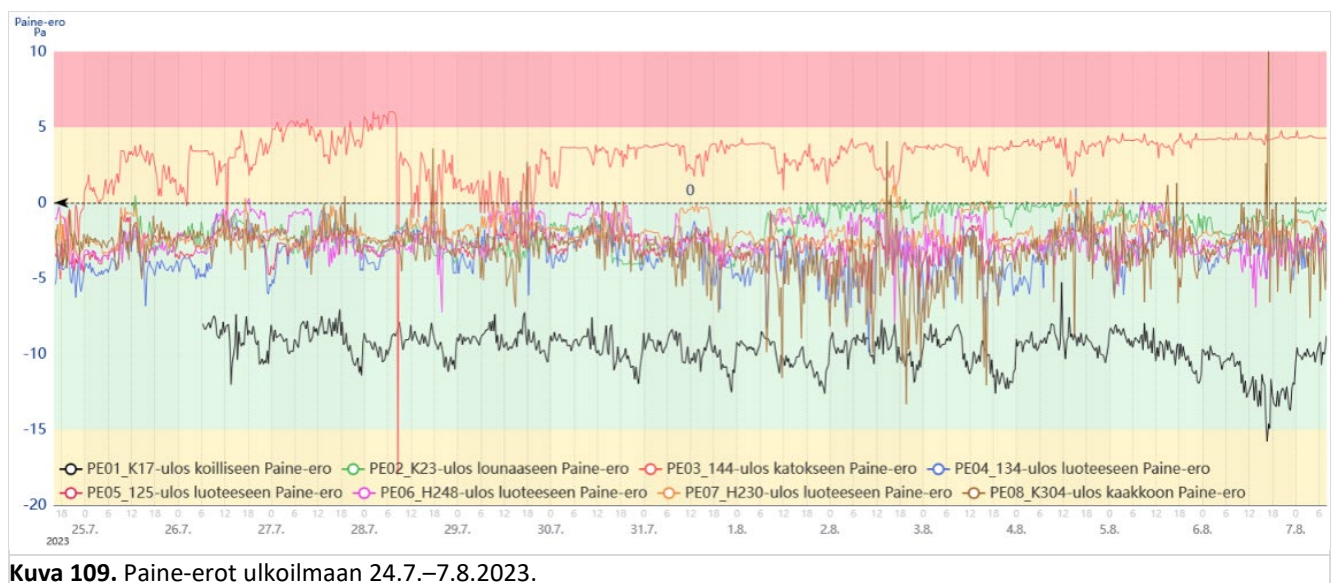
Tila	Rakenneosa	Tarkenne	Materiaali	Näyte	Tuloksen tulkinta
K9	AP	alapohjan lattiapäällyste	juuttipohjamatto	M2	mikrobikasvu
125	AP	alapohjan lämmöneriste	lastuvilla	M4	ei kasvua
K7	US/MVS	maanvastainen seinä sisäpinnan levytys	puukuitulevy	M1	mikrobikasvu
145	US	ulkoseinä, sokkeli	korppi	M8	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, sokkeli	korppi	M10	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, sokkeli	korppi	M11	ei kasvua
224	US	ulkoseinä, sokkeli	korppi	M14	ei kasvua
224	US	ulkoseinä, sokkeli	korppi	M15	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, patterisyvennys, sokkeli	korppi	M25	ei kasvua
132	US	ulkoseinä, patterisyvennys, sokkeli	korppi	M28	ei kasvua
134	US	ulkoseinä, patterisyvennys, sokkeli	korppi	M30	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M12	ei kasvua
236	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M17	mikrobikasvu
233A	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M18	mikrobikasvu
238	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M19	ei kasvua
240	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M21	ei kasvua
243	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M22	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M24	mikrobikasvu
132	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M27	ei kasvua
138	US	ulkoseinä, patterisyvennys	lastuvilla	M29	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, ikkunatilke	pellava	M13	mikrobikasvu
238	US	ulkoseinä, ikkunatilke	pellava	M20	mikrobikasvu
243	US	ulkoseinä, ikkunatilke	pellava	M23	ei kasvua
125	US	ulkoseinä, ikkunatilke	pellava	M26	ei kasvua
125	US	ulkoseinän liikuntasäula	puukuitulevy	M5	Poikkeava lajisto
125	LS	pilarin liikuntasäula	puukuitulevy	M6	ei kasvua
152	LS	pilarin liikuntasäula	puukuitulevy	M7	ei kasvua
124	VS	väliseinän levytys	kipsilevy	M3	mikrobikasvu
108	VS	väliseinän akustointi	mineraalivilla	M9	ei kasvua
216	VS	väliseinän eriste	mineraalivilla	M16	ei kasvua
YP1	YP	yläpohja, eriste	lastuvilla	M31	mikrobikasvu
YP2	YP	yläpohja, pystyseinä, eriste	lastuvilla	M32	mikrobikasvu
YP3	YP	yläpohja, eriste	lastuvilla	M33	mikrobikasvu
YP4	YP	yläpohja, eriste	lastuvilla	M34	ei kasvua
YP5	YP	yläpohja, projekt.h., eriste	lastuvilla	M35	mikrobikasvu
YP6	YP	yläpohja, pystyseinä, eriste	lastuvilla	M36	mikrobikasvu

4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

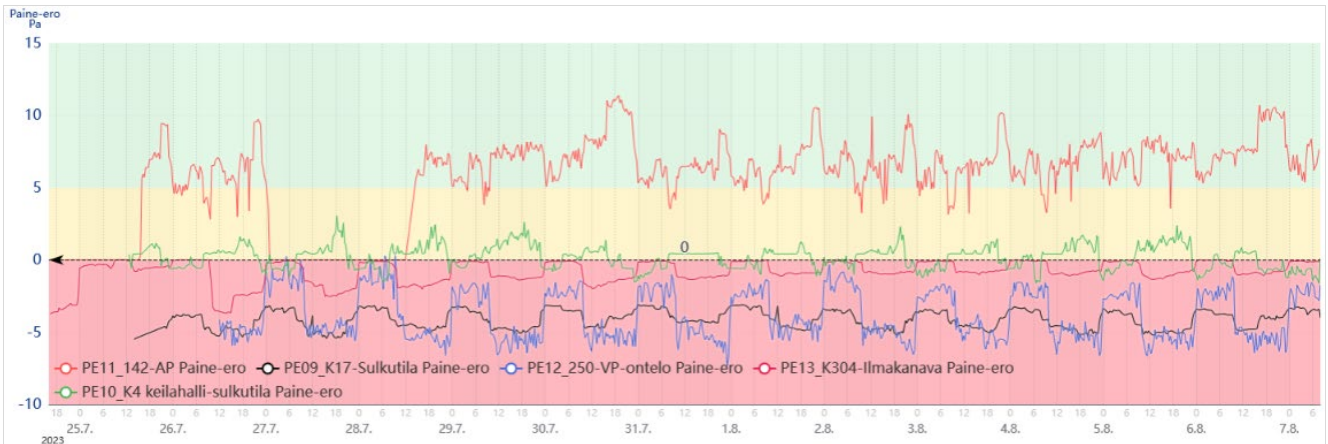
4.1 Painesuhteet

Rakennus on pääosin suositusten mukaisesti lievän alipaineinen ulkoilmaan nähden. Kellarin käytävän muita tiloja voimakkaampi alipaineisuus ulkoilmaan ja samalla etenkin sulkutiloihin mahdollistaa epäpuhtauksien kulkeutumisen ilmvirtausten mukana sulkutiloista sisäilmaan.

Paine-ero seurantojen perusteella rakennus on pääosin suositusten mukaisesti lievän alipaineinen (0...-5Pa) ulkoilmaan (Kuva 109). Kellarikerroksen tilat olivat muita tiloja voimakkaammin alipaineiset (n. 10 Pa). Poikkeuksena muihin, 1. kerroksen lipunmyyntitilat olivat ylipaineiset ulkoilmaan nähden.

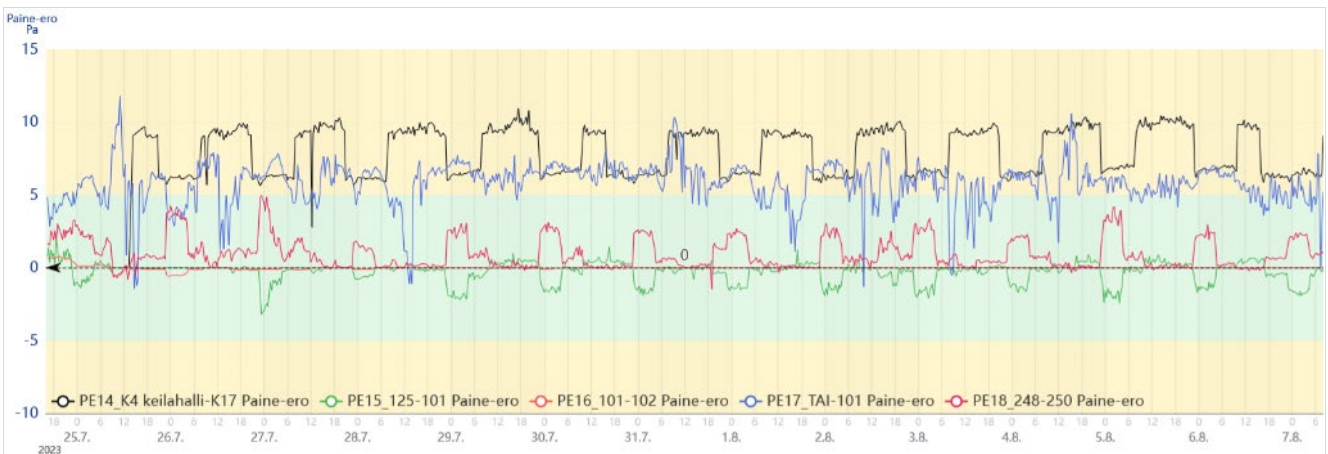


Kellarin käytävä K17 on voimakkaasti alipaineinen myös sulkutiloihin nähden, mikä mahdollistaa epäpuhtauksien kulkeutumisen ilmvirtausten mukana sisätiloihin (PE09, kuva 110). Käytävän päässä olevien, ulkoilmaan johtavien ovien avaaminen nolaa paine-eron ulkoilmaan, jolloin käytävältä saattaa kulkeutua ilmaa muihin sisätiloihin. Arviointikäynnillä sulkutilaan nähden voimakkaasti alipaineiseksi todetun keilahallin paine-ero (PE10) vaihteli seurantamittauksissa nollan molemmin puolin. Tällöin ilman virtaussuunta tilojen välillä vaihtuu. Kävelyhalli 250 oli lievästi alipaineinen alapuolisen välipohjan onteloon ja käytävä K304 salin vierellä kulkevaan ilmakanavaan nähden. Näissä tilanteissa ilman kulkeutuminen likaisemmasta tilasta kohti puhtaampaa on mahdollista.



Kuva 110. Paine-erot sisätiloista sulkutilaan ja rakenneonteloihin 24.7.–7.8.2023. Punaisella taustavärjättyssä tilanteessa, ilman kulkusuunta on kohti sisätiloja.

Eri sisätilojen välillä tehdyissä seurannoissa keilahalli oli selvästi ylipaineinen käytävään nähden, mikä estää epäpuhtauksien kulkeutumisen käytävältä halliin (PE14, kuva 111). Mittauksen PE17 perusteella konserttitalon tilat ovat ylipaineiset ammatti-instituutin tiloihin nähden. Muiden sisätilojen välillä ei mittauksissa havaittu merkittäviä paine-eroja.



Kuva 111. Painesuhteet eri sisätilojen välillä 24.7.–7.8.2023.

Konserttitalin ja viereisten tilojen välillä ei seurantamittausten perusteella ole merkittävää paine-eroa. Ullakko-tila on lievästi ylipaineinen saliin nähden, mikä mahdollistaa ilman kulkeutumisen ullakkotilasta sisätiloihin (Kuva 112).



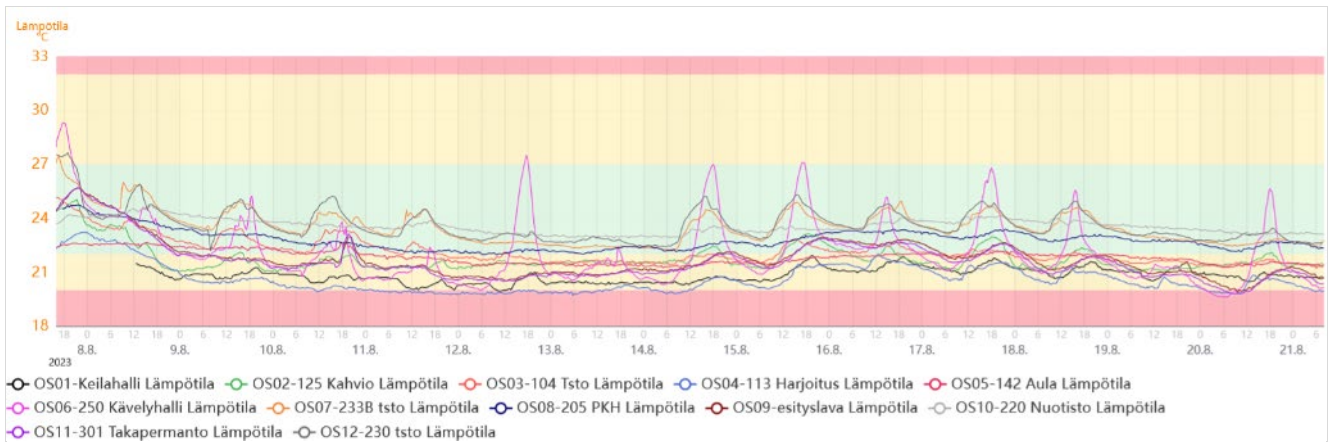
Kuva 112. Paine-ero konserttisalista viereisiin tiloihin ja ullakolle.

4.2 Sisäilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteita mitattiin kahden viikon seurantaan 7.–21.8.2023. Tulokset on esitetty seuraavien kappa-
leiden kuvaajissa ja mittauspisteet liitteen 3 pohjakuivissa.

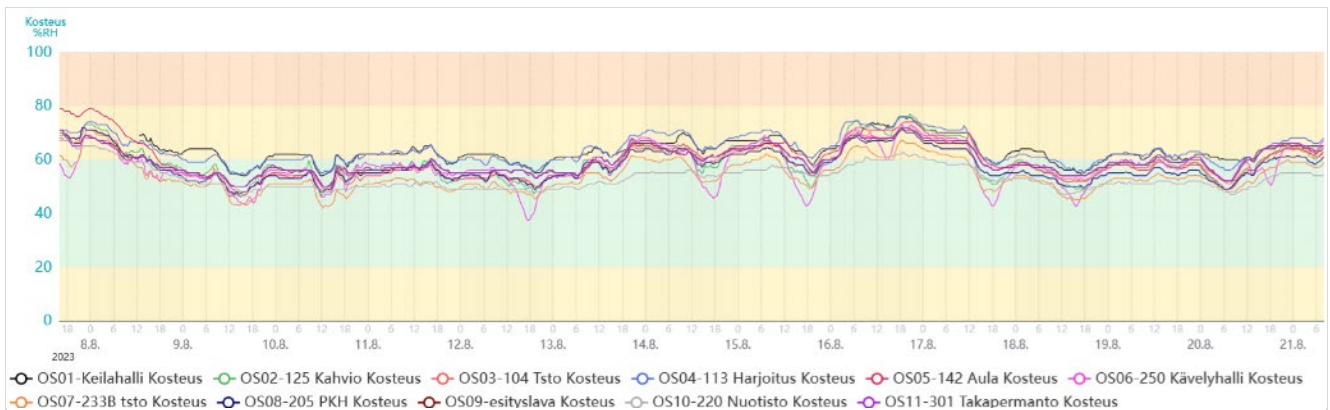
4.2.1 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisäilman lämpötilat olivat elokuun loppuun sijoittuneella seurantajaksolla pääosin suositusten mukaiset ja vä-
lillä 20–25 °C (kuva 113). Etenkin kävelyhallin 250 lämpötilat nousevat kuitenkin lämpiminä, aurinkoisina iltoina
n. 27 °C:een vaikka tila ei hiilidioksidiseurannan mukaan ollut käytössä. Mittari sijaitsee tilan takaosassa suojassa
suoralta auringonpaisteelta.

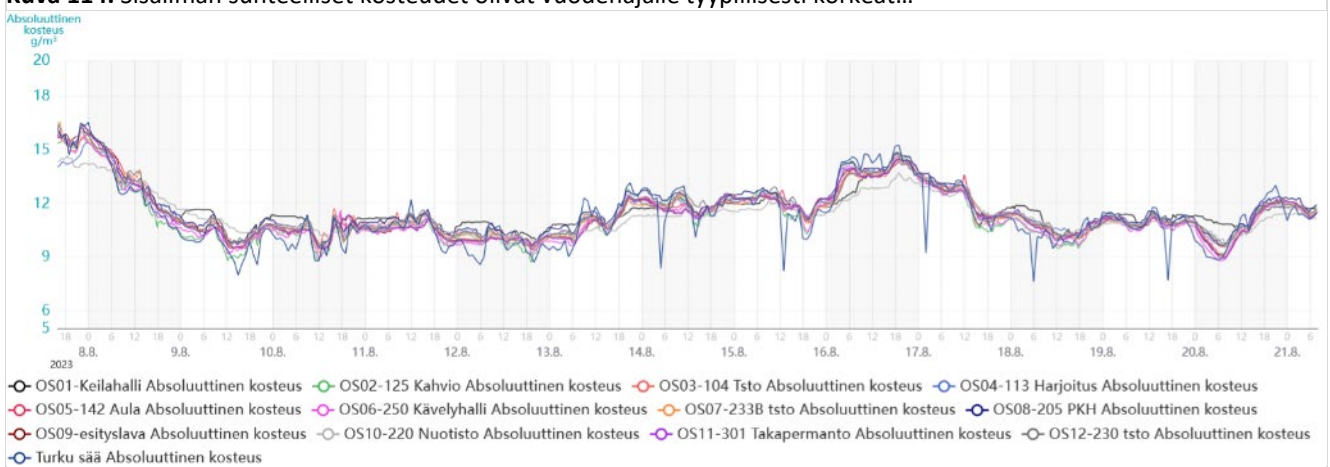


Kuva 113. Sisäilman lämpötilat seurantajaksolla 7.–21.8.2023 tilojen palautuessa kesälomien jälkeen normaalikäyttöön.

Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat seurantajaksolla vuodenajalle tyypillisesti korkeat, välillä 50–80 %RH
(kuva 114). Vertaamalla huoneilman sisältämiä absoluuttisia kosteuksia ulkoilmaan voidaan todeta, että sisäil-
man suhteelliset kosteudet seuraavat tarkasti ulkoilman olosuhteita (kuva 115). Kuvaajasta havaitaan myös, että
rakennuksen käytöstä ei aiheudu mitattavissa olevaa kosteuslisää.



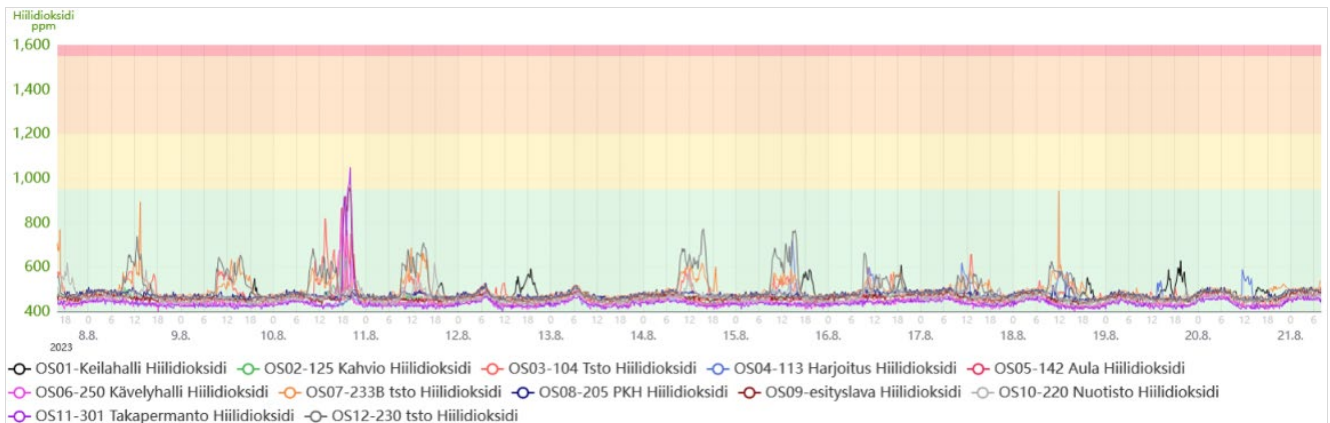
Kuva 114. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenajalle tyypillisesti korkeat...



Kuva 115. ...ja seurasivat tarkasti ulkoilman olosuhteita. Sähävaintoaseman mittausdata erottuu siinä esiintyvien yksittäisten poikkeavien arvojen (mittausvirheet, piikit alaspäin) sisätilojen mittausdatasta.

4.2.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet olivat koko seurantajakson matalat ja selvästi alle asumisterveysasetuksen toimenpiderajan (kuva 116). Seurantajaksoilla erottuu 10.8. iltana, jolloin yleisötilojen ja konserttisalin hiilidioksidipitoisuudet nousivat tiloissa järjestetyn konsertin takia muita iltoja korkeammaksi, enimmillään kuitenkin vain niukasti yli 1000 ppm.



Kuva 116. Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet seurantajaksolla 7.–21.8.2023. Punainen taustavärjäys vastaa Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittymistä, oranssi Sisäilmastoluokituksen S3-luokan ylitystä ja keltainen S2-luokan ylitystä.

4.3 Teolliset mineraalikuidut

Teollisten mineraalikuitujen esiintymistä sisäilmassa selvitettiin 14 vrk pölylaskeumasta geeliteippinäyttein. Yhteenveto näytteiden analyysituloksista on esitetty taulukossa 2. Mittauspaikat on esitetty liitteen 3 pohjakuvissa ja analyysivastaus liitteenä 6.

Keilahallista otetuista kolmesta näytteestä kaikkien pitoisuudet ylittivät selvästi asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Yksittäisten näytteiden keskiarvona saatu tulos, josta on vähennetty mittausepävarmuus 25 % on yli viisinkertainen toimenpiderajaan verrattuna ja viittaa merkittävään kuituongelmaan tiloissa. Merkittävänä kuitulähteenä tiloissa on takaseinän akustoinnin laajat, pinnoittamattomat mineraalivillalevyt, mahdollisesti myös rakennusaineinen tuloilmakanava.

Muissa tutkituissa tiloissa keskiarvot eivät mittausepävarmuus huomioituna ylittäneet toimenpiderajaa. Tilan 247 kaikista kolmesta näytteestä havaittiin kuituja, kahdessa näytteessä toimenpiderajan ylittävänä pitoisuuksina. Yksittäisten näytteiden keskiarvo ei kuitenkaan ylittänyt toimenpiderajaa. Tulosta voidaan kuitenkin pitää selvästi tavanomaisesta poikkeavana. Muissa tiloissa kuitupitoisuudet olivat pieniä, kahviossa 125 ja salin takapermannolla yksittäisten näytteiden pitoisuudet olivat lievästi koholla.

Taulukko 2. Yhteenveto kuitunäytteiden analyysituloksista.

Kuidut sisäilmasta, huonepinnoille 14 vrk aikana laskeutunut pöly, epävarmuutena käytetty laboratorion ilmoittamaa lukemaepävarmuutta 25 %						
Tila	Näyte-tunnus	Kuituja [kpl/näyte]	Kuituja [kpl/cm ²]	Keskiarvo [kpl/cm ²]	Tulos [kpl/cm ²] (epävarmuus huomioiden)	Tulkinta
K4, keilahalli	K1.1	17	1,21	1,36 (1,018-1,696)	1,02	Poikkeava
	K1.2	22	1,57			
	K1.3	18	1,29			
108 studio	K2.1	0	0,00	0,00 (0-0)	0,00	Normaali
	K2.2	0	0,00			
	K2.3	0	0,00			
125 kahvio	K3.1	3	0,21	0,10 (0,071-0,119)	0,07	Lievästi koholla
	K3.2	0	0,00			
	K3.3	1	0,07			
135 tsto	K4.1	0	0,00	0,02 (0,018-0,03)	0,02	Normaali
	K4.2	1	0,07			
	K4.3	0	0,00			
146 lipunmyynti	K5.1	0	0,00	0,00 (0-0)	0,00	Normaali
	K5.2	0	0,00			
	K5.3	0	0,00			
247 tsto	K6.1	3	0,22	0,19 (0,143-0,239)	0,14	Koholla
	K6.2	1	0,07			
	K6.3	4	0,29			
252 lava	K7.1	0	0,00	0,00 (0-0)	0,00	Normaali
	K7.2	0	0,00			
	K7.3	0	0,00			
238 harjoitus	K8.1	1	0,07	0,05 (0,036-0,06)	0,04	Normaali
	K8.2	1	0,07			
	K8.3	0	0,00			
222 puhallins.	K9.1	0	0,00	0,02 (0,018-0,03)	0,02	Normaali
	K9.2	1	0,07			
	K9.3	0	0,00			
310 takapermanto	K10.1	1	0,07	0,10 (0,071-0,119)	0,07	Lievästi koholla
	K10.2	3	0,21			
	K10.3	0	0,00			

4.4 VOC-yhdisteet sisäilmasta ja materiaalista

Tiloissa havaittujen poikkeavin hajujen selvittämiseksi otettiin tilojen sisäilmasta näytteitä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) määrittämiseksi. Yhteenveto analyysituloksista yhdessä viitearvojen kanssa on esitetty taulukossa 3, mittauspaikat liitteessä 3 ja analyysivastaus liitteenä 9.

Taulukko 3. VOC-analyysin tulokset, Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat ja Työterveyslaitoksen viitearvot (6) toimistotyyppisten rakennusten sisäilman VOC-yhdisteille. Yhdisteiden pitoisuudet on määritetty yhdisteen omalla vasteella.

Yhdiste	Toimenpideraja [µg/m ³]	TTL viitearvo [µg/m ³]	134 [µg/m ³]	142 [µg/m ³]	233A [µg/m ³]	205 [µg/m ³]	220 [µg/m ³]
Aromaattiset hiilivedyt							
Tolueeni		2	0,5	0,5		0,5	0,8
Bentseeni		1	-			0,5	0,5
Ksyleenit (m,o,p) yhteensä		4	-			0,5	0,5
p-symeeni		2	0,7		0,7		
Aldehydit ja ketonit							
Bentsaldehydi		2	1	0,7	0,6	0,9	2
Nonanaali		4	2	1	1	0,9	6
Dekanaali		2	1	1	0,7	0,9	1
Heksanaali		5	5	0,9	1	0,7	4
Oktanaali		1	1	0,5	0,5		
Pentanaali		2	2	0,5	0,5	0,5	2
Heptanaali		1	0,9				1
Asetofenoni		1				0,5	0,5
6-Metyyli-5-hepte-2-oni							0,6
2-Furfuraali			0,5	0,9		0,6	6
Alkoholit							
Butanoli		3	4	1	0,7	1	6
2-Etyyli-1-heksanoli (2EH)	10	6	0,9	0,6			1
1-Heptanoli			0,5				
1-Pentanoli			4				2
Esterit							
Texanol		9					2
TXIB	10	3					
n-Butyyliasettaatti		3					0,7
gamma-Butyrolaktoni							1
2-Metoksi-1-metyylietyyliasettaatti							0,6
Glykolit ja glykolieetterit							
1,2-Propanidioli		9					11
2-Etoksietanoli							0,6
2-(Etoksietoksi)etanoli		6			2	5	46 (26)
Dipropyleeniglykolimonometyyliieetteri							8
2-(2-Butoksietoksi)etanoli		7					2
2-Butoksietanoli		3	4	0,7	0,6	0,6	2
1-Metoksi-2-propanoli		4					0,9
Orgaaniset hapot							
Heksaanihappo		5					6
Propanihappo		3	2	1	2	1	16
Oktaanihappo							4
Pii-yhdisteet							
Dekametyylisyklopentasiloksaani		6	0,7			0,5	2
Oktametyylisyklotetrasiloksaani		3					1
Dodekametyylisykloheksasiloksaani							2
Tetradekametyylisykloheptasiloksaani							1
Terpeenit							
α-Pineeni		6	0,7				1
Kareeni		4					0,6
Limoneeni		4	22		1		
Limoneenidiepoksidi							2
Mentoli							2
Y-Terpineeni							0,6
TVOC	400	> 80	60	10	10	20	100

Näytetulosten perusteella sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet että haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) alittivat selvästi Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat. Toimistossa 134 ja nuotistossa 220 pitoisuudet olivat muita tiloja korkeammat ja saattavat osaltaan selittää tiloissa koettuja hajuhaittoja. Nuotiston TVOC-pitoisuus ylitti ilman mittausepävarmuuden huomioimista lievästi Työterveyslaitoksen toimistotyypisten rakennusten sisäilman ohjearvon. Mittausepävarmuus huomioituna ohjearvo ei ylittynyt.

Toimistossa 134 havaittu limoneeni on sisäilmassa useimmiten peräisin joko puumateriaaleista tai ihmisen toiminnasta, kuten hajusteista tai elintarvikkeista. (8) Nuotistossa havaittu 2-(etoksietoksi)etanol (cas: 111-90-0) on yleinen kaupallisissa sovelluksissa käytetty liuotin mm. musteille, väriaineille, nitroselluloosalle ja hartseille.

Pääaulassa aistitun ominaisuoksen arveltiin johtuvan tilan lattiapäällysteestä, josta otetun materiaalinäytteen VOC-yhdisteiden pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä ja alittivat työterveyslaitoksen viitearvot (Liite 10).

4.5 PAH-yhdisteet sisäilmasta

Rakennuksessa havaittiin käytetyn laaja-alaisesti piki-, terva yms. sivelyjä sekä rakenteiden pinnoilla että niiden sisällä. Niiden mahdollisesti sisältämien ja niistä mahdollisesti sisäilmaan vapautuvien PAH-yhdisteiden vuoksi selvitettiin niiden sisäilmapitoisuudet ilmanäyttein. Yhteenveto analyysin tuloksesta on esitetty taulukossa 4, näytteenottoaikat liitteessä 3 ja analyysivastaus liitteenä 8.

Taulukko 4. Yhteenveto ilmanäytteiden PAH-analyysin tuloksista.

Tila	Kuvaus	Näyte	Tulkinta
K17	kellarin käytävä, alipaineinen sulkutiloihin, joissa sivelyjä	PAH-1	Normaali
K4	keilahalli, sulkutilan oven vierestä	PAH-2	Normaali
101	kellarikäytävälle johtava porrashuone	PAH-3	Normaali
146	lipunmyynti, viereisessä varastossa sivelyjä	PAH-4	Normaali
251	konserttitalin varauuskäynti	PAH-5	Normaali

Kaikissa näytteissä havaittiin pieniä määriä PAH-yhdisteitä, mutta niiden pitoisuudet olivat pieniä. Naftaleenin pitoisuudet alittivat selvästi Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja olivat enimmilläänkin vain kymmenesosan Työterveyslaitoksen esittämästä tiukemmasta enimmäistavoitetasosta ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.6 Asbesti pyyhintänäytteestä

Rakennuksessa on käytetty runsaasti asbestipitoisia materiaaleja, joiden mahdollista poistoa ei ollut lähtöaineistossa dokumentoitu. Työturvallisuuden varmistamiseksi ja tilojen käytettävyyden arvioinnin tueksi rakennuksesta kerättiin 5 kpl pintapölynäytteitä asbestin määrittämiseksi (Taulukko 5). Näytteenottoaikat on esitetty liitteessä 3 ja analyysivastaus on liitteenä 13.

Taulukko 5. Yhteenveto pyyhintänäytteiden asbestianalyysin tuloksista.

Tila	Näyte	asbestityyppi	Tulos
K4	ASB-pk1		Ei sisällä asbestia
142	ASB-pk2		Ei sisällä asbestia
252A	ASB-pk3		Ei sisällä asbestia
251A	ASB-pk4	krysotiili (vähän)	Sisältää asbestia
228A	ASB-pk5		Ei sisällä asbestia
Sulkutilat	ASB-pk6	krysotiili ja antofylliitti (vähän)	Sisältää asbestia

Tulosten perusteella sulkutiloista otetussa koantinäytteessä (**ASB-pk6**) esiintyi laskeutuneessa pölyssä asbestia, *krysotiiliä* sekä vähän *antofylliittiä*. Lisäksi kävelyhallin tarjoilupisteestä 251A otetussa pölyssä esiintyi vähän *krysotiiliä* asbestia.

4.7 Asbesti sisäilmasta

Koska rakennuksen käyttötiloista otetuista laskeutuneen pölyn näytteistä yhdessä havaittiin pieniä määriä asbestia, otettiin ko. tilasta Asumisterveysasetuksen ja sen soveltamisoppaan mukaisesti 3 ilmanäytettä. Näytteet otettiin ns. aggressiivisena keräyksenä, jossa tilapintoja harjataan pinnoille laskeutuneen pölyn nostamiseksi ilmaan. Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukossa 6, näytteenottoaikat liitteessä 3 ja analyysivastaus liitteenä 14.

Taulukko 6. Yhteenveto ilmanäytteiden asbestianalyysin tuloksista.

Tila	Näyte	Tulos (kuitua/cm ³)	Tulkinta
251B	ASB-1	< 0,010	Ei ylitä toimenpiderajaa
251A	ASB-2	< 0,010	Ei ylitä toimenpiderajaa
250	ASB-3	< 0,010	Ei ylitä toimenpiderajaa

Analyysivastauksen perusteella yhdessäkään ilmanäytteissä ei havaittu asbestikuituja.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2) perusteella tilanteissa, joissa asbestikuituja esiintyy huonepinoilla, mutta ilmapitoisuus jää alle 0,01 kuitua/cm³, on ilmapitoisuuden toimenpideraja määräävämpi tekijä. Huonepinoilla voi joissain tapauksissa esiintyä yksittäisiä asbestikuituja ilman, että rakennuksessa on varsinaista asbestilähdettä.

5 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on toteutettu viidellä tuloilmakoneella ja yli kymmenellä erillispoistolla. Tuloilmakoneet on uusittu vuonna 2006 ja huollettu 2014. Järjestelmää on kunnostettu ja ilmamääriä säädetty vuosina 2015–2016. Ilmanvaihtojärjestelmää, sen puhtautta ja mahdollisia teollisten mineraalikulujen lähteiden olemassaoloa järjestelmässä selvitettiin pistokoemaisesti tuloilmakoneisiin ja -kanaviin tehtävin visuaalisin tarkastuksin LVI 39-10409 -ohjekorttia (7) soveltaen. Visuaalisen tarkastuksen tueksi otettiin geeliteippinäytteitä tuloilmakanavista.

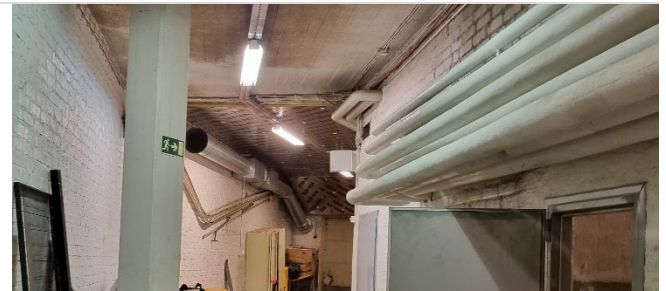
5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän yleiskuvaus

Tuloilma kellarissa sijaitseville tuloilmakoneille TK1, TK2, TK3 ja TK5 otetaan käytävän K17 huolto-oven päällä olevan raitisilmasäleikön kautta ja johdetaan käytävän katossa kulkevan rakennusaineisen kanavan kautta konehuoneeseen (kuvat 117 ja 118). Kuvissa on havaittavissa myös käytävän K17 alipaineistuksen peltikanava. Ilmastointikeskuksen K16 sivuhuoneessa päällekkäin sijaitsevat tuloilmakoneet TK1 (Studio, pukuhuoneet yms.) ja TK3 (musiikkijuhlat, lämпиö yms.) palvelevat esiintyjien käytössä olevia tiloja (kuva 119). Yleisötiloja palvelevat tuloilmakone TK2 ja poistoilmakone PK2 sijaitsevat ilmastointikeskuksessa K16 siten, että tila välivineen muodostavat ilmanvaihtokoneen kammiot (kuva 120). Keilahallia palvelevat TK5/PK5 -koneet sijaitsevat erillisessä konehuoneessa, johon on käynti tikkailla keilahallin ylemmän puolikerroksen tasolta (kuva 121). Kahviota ja 2. kerroksen toimistoja palveleva TK4 sijaitsee keittiön katossa ja siihen raitisilma otetaan katutasolta (kuva 122). Nuotistoa palvelee lisäksi tilakohtainen tuloilmapuhallin (Mobair).

Ilmanvaihtokanavat ovat pääosin rakennusaineisia ja kulkevat monin paikoin alapohjassa tai rakenteiden sisällä. Ilmanvaihtokoneen kammioina toimivien huoneiden, kanavien ja niiden sisällä kulkevien putkien materiaalit sisältävät haitta-aineita, myös asbestia. Kanavien tarkastaminen ja puhdistaminen on käytännössä mahdotonta ja siihen sisältyy merkittävä riski haitta-aineiden leviämiseksi ilmanvaihdon kautta käyttötiloihin.



Kuva 117. Raitisilmasäleikkö huoltokatoksessa käytävän K17 päässä ulko-ovien päällä.



Kuva 118. Käytävän K17 katossa kulkee rakennusaineinen raitisilmakanava, joka on jälkikäteen osittain eristetty ulkopuolelta. Raitisilmakanavan alla oleva pyöreä peltikanava liittyy käytävän alipaineistukseen.



Kuva 119. Tuloilmakoneet TK1 ja TK3.



Kuva 120. TK2 tuloilmakam-mio ja puhaltimet.



Kuva 121. Keilahallin (TK5/PK5) IV-konehuone.

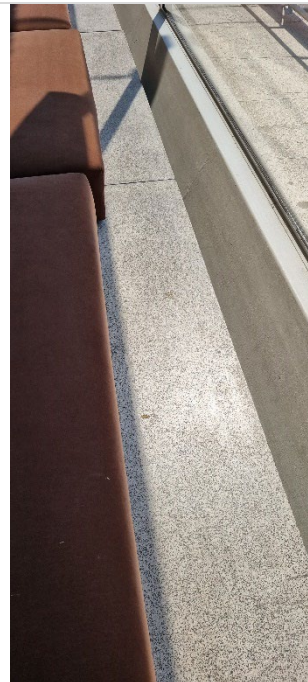


Kuva 122. Keittiön TK4-koneen raitisilmasäleikkö.

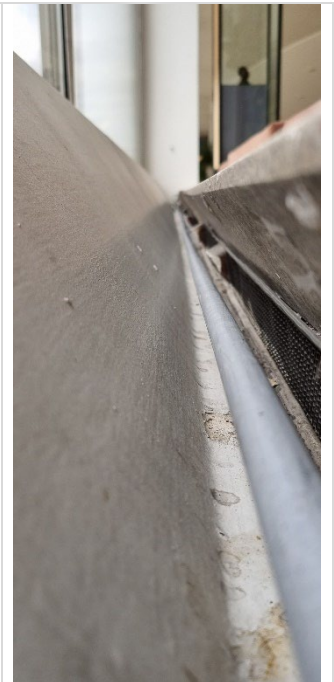
Tuloilmanjako on toteutettu usein eri menetelmin. Tavanomaisten venttiilien ja hajottajien lisäksi ilmaa jaetaan mm. konserttisalin katosta ja penkkien alta (kuva 123) sekä kävelyhallissa ikkunoiden alta lattianrajasta (kuva 124).



Kuva 123. Tuloilmaa jaetaan salissa katon lisäksi myös penkkien alta.



Kuva 124. Kävelyhallin tuloilmanjakoa lattian rajasta ikkunan edustalta.



5.2 Tuloilmajärjestelmän puhtaus

Tuloilmajärjestelmän puhtautta tarkasteltiin pistokoemaisesti tuloilmakoneista ja mahdollisuuksien mukaan käyttötiloissa sijaitsevista kanavista.

Tuloilmakoneet TK1 ja TK3 (esiintyjätilat)

Esiintyjien tiloja palveleville, nykyaikaisille tuloilmakoneille TK1 ja TK3 raitisilma otetaan käytävän K17 katossa kulkevasta rakennusaineisesta kanavasta (kuva 125). Koneen TK3 raitisilmapelti sulkeutuu automaattisesti koneen sammussa – kuten kuuluukin – mutta koneen TK1 pelti ei (kuva 126). Molemmissa koneissa suodattimet ovat hyväkuntoiset ja asentuvat tiiviisti (kuva 127). Koneen merkintöjen mukaan suodattimet on vaihdettu vuosittain. Koneiden sisäpinnat ovat visuaalisesti arvioituna puhtaat (kuva 128) ja puhallinkammion sisäpinoilta otetuissa geeliteippinäytteissä (KK7 ja KK8) esiintyi vain vähän kuituja. Tuloilmakoneissa ei ole erillistä äänenvaimennuskammiota, koneen TK3 runkokanavassa IV-konehuoneen puolella on kanavavaimennin, jonka äänenvaimennusvilla on suojattu reikäpellillä (kuva 129). Mahdollista kankaan olemassaoloa pellin takana ei vaimentimen sijainnin vuoksi kyetty varmistamaan. Tuloilmakanavasta rakennuksen 2. kerroksesta otetun geeliteippi-näytteen (KK13) kuitupitoisuus oli kuitenkin pieni. Koneen TK1 mahdollisia äänenvaimentimia ei kyetty paikallistamaan. Käyttötiloista kanavasta otetun näytteen (KK14) kuitupitoisuus oli poikkeavan suuri.



Kuva 125. Raitisilma johdetaan K17 katossa kulkevasta kanavasta alas koneille TK1 (alla) ja TK3 (päällä).

Kuva 126. Koneen TK3 raitisilmapelti sulkeutuu koneen sammussa (päällä), koneen TK1 ei (alla).



Kuva 127. Koneiden TK1 (kuvassa) ja TK3 suodattimet asennuvat tiiviisti.



Kuva 128. Koneet TK1 ja TK3 ovat aistinvaraisesti hyväkuntoiset ja puhtaat.



Kuva 129. Koneen TK3 runkokanavassa olevan äänenvaimentimen mineraalivilla on suojattu reikäpellillä ja mahdollisesti kankaalla.

Tuloilmakone TK2 (yleisötilat)

Yleisötiloja palvelevan tuloilmakoneen TK2 raitisilma johdetaan käytävän K17 katosta rakennusaineiseen suodattinkammioon (kuva 130) ja lämmöntalteenottoon (LTO, kuva 131). Osa poistokoneelta PK2 (kuva 132) tulevasta ilmasta johdetaan jäteilmaksi LTO:lle, osa palautusilmaksi kostutinkammioon, jossa se sekoittuu raitisilmaan ja

johdetaan tuloilmapuhaltimille TK2 (kuvat 133–135). Ennen LTO:a otetun geeliteippinäytteen (**KK3**) kuitupitoisuus oli pieni. Poistoilmasuodattimien jälkeen sijaitseva PK2 puhallinkammio on pinnoitettu reikäpellitetyllä mineraalivillalla (Kuva 132). Myös tuloilman runkokanavan sisäpintana on mineraalivillaa, joka on peitetty ainoastaan reikäpellillä (kuvat 136-137). Tuloilmajärjestelmän sisäpinnoilta otetuista geeliteippinäytteistä kuitenkin vain tuloilmakammion (**KK4**) kuitupitoisuus oli poikkeavan suuri.



Kuva 130. TK2:n raitisilmakanavat vasemmalla ja suodattimet oikealla.



Kuva 131. TK2/PK2 LTO-kiekko.



Kuva 132. Poistoilmakoneen puhallinkammio on pinnoitettu ainoastaan reikäpellillä suojatulla mineraalivillalla, poistoilma tulee kammioon kuvan suodattimien läpi.



Kuva 133. Raitisilma johdetaan vasemmalla olevaan kostutinkammioon lattia-rajasta, palautusilma sen päältä peltikanavasta.



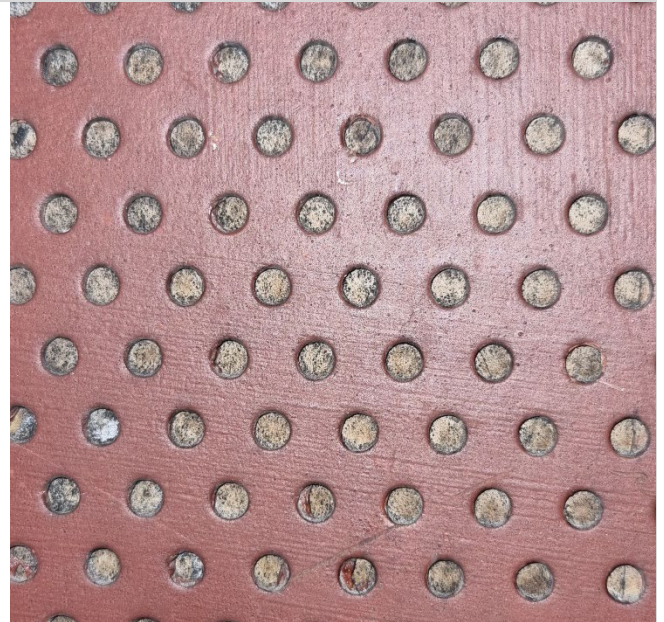
Kuva 134. Kostutinkammioista palautusilmaa sisältävä tuloilma johdetaan puhallinkammioon ja...



Kuva 135. ...edelleen rakennusaineiseen runkokanavaan.



Kuva 136. Myös tuloilman runkokanavan sisäpintana on mineraalivilla, joka on peitetty...



Kuva 137. ... ainoastaan reikäpellillä.

Tuloilmakone TK5 (Keilahalli)

Keilahallia palveleva, nykyaikainen tulo-/poistoilmakone TK05/PK05 sijaitsee erillisessä konehuoneessa, jonne on käynti PKII tasolta keilahallista. Raitisilma johdetaan käytävältä K17 (kuva 138). Rakennusaineisessa kanavassa oli puiset tikapuut. Tuloilmakone on pääosin puhdas (kuva 139), koneen pohjalla on kuitenkin paikoin merkkejä kosteudesta (kuva 140). Tuloilmakanava on rakennusaineinen, osin kalliopintainen ja sen sisällä kulkee paikoin putkia (kuva 141). Koneen suodatinkammioista ja runkokanavasta otetuissa näytteissä (**KK1** ja **KK2**) ei esiintynyt poikkeavasti kuituja, vaikka keilahallin laskeumanäytteen kuitupitoisuus ylitti toimenpiderajan. Tuloilma jaetaan keilahallin katosta, eikä kyseistä kanavanosaa päästy tarkastamaan (kuva 142). Tuloilmajärjestelmän vaikutusta hallin kuitutulokseen ei pystytty siis täysin sulkemaan pois.



Kuva 138. Keilahallin tuloilmakoneen TK5 raitisilmakanava alla. Yläpuolella olevan luukun takana tuloilmakanava.



Kuva 139. Kone oli pääosin puhdas.



Kuva 140. Koneen pohjalla oli paikoin merkkejä kosteudesta.



Kuva 141. Keilahallin tuloilmakanava.



Kuva 142. Tuloilma jaetaan katon rajassa olevasta rakennusaineisesta kanavasta, jota ei kyetty tarkastamaan.

Tuloilmakone TK4 (Kahvio, toimistot)

Keittiötiloja, kahviota 125 ja 2. kerroksen toimistoja palveleva tuloilmakone TK4 sijaitsee keittiön katossa, jossa sen tarkastus ja huolto ovat hankalia toteuttaa (kuva 143). Kirjausten mukaan vuosittain vaihdettavat suodatimet asentuvat tiiviisti, mutta niiden painumista koneen pohjalle ei ole estetty. Koneen sisäpinnat olivat melko

likaiset. Koneen sisällä ei havaittu merkittäviä kuitulähteitä, mutta koneen vierestä on katosta poistettu akustiikkalevyjä. Koneen suodatinkammioista ja tuloilman päätelaitteesta otettujen näytteiden (**KK9** ja **KK12**) kuitupitoisuudet olivat poikkeavan korkeat, tuloilmakanavassa (**KK10**) kuituja oli vähän.



Kuva 143. Tuloilmakone TK4 sijaitsee keittiön katossa. Suodattimet on kirjausten perusteella vaihdettu vuosittain.



Kuva 144. Suodatinkammio on melko likainen, suodattimien painumista kammion pohjalle ei ole estetty.

5.3 Teolliset mineraalikuidut tuloilmakanavista

Visuaalisen tarkastuksen tueksi tuloilmakoneiden ja -kanavien sisäpinnoilta kerättiin geeliteippinäytteitä mineraalikuituanalyyysiin. Tulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 7, näytteenottoapaikat liitteessä 3 ja analyysivastaus on liitteenä 7. Tulokset on käsitelty tuloilmakonekohtaisesti edellisessä kappaleessa.

Taulukko 7. Yhteenveto tuloilmajärjestelmän sisäpinnoilta otettujen geeliteippinäytteiden kuituanalyysin tuloksista.

Teolliset mineraalikuidut tuloilmakanavista, tuntematon laskeuma-aika					
Tila	Näytetunnus	Näytteenotto-paikka	Tuloilmakone	Tulos [kpl/cm ²]	Tulkinta
IVKH	KK8	puhallinkammio	TK1	0,9	Normaali
218	KK14	tuloilmakanava	TK1	35,0	Poikkeava
IVKH	KK3	tuloilmakone	TK2	1,5	Normaali
IVKH	KK4	puhallinkammio	TK2	36,0	Poikkeava
IVKH	KK5	runkokanava	TK2	2,4	Normaali
IVKH	KK6	kierrätys- ja kostutus	TK2	5,9	Normaali
301	KK11	päätelaite	TK2	0,3	Normaali
IVKH	KK7	puhallinkammio	TK3	1,4	Normaali
243	KK13	tuloilmakanava	TK3	1,2	Normaali
122	KK9	suodatinkammio	TK4	58,0	Poikkeava
125	KK10	tuloilmakanava	TK4	5,4	Normaali
238	KK12	päätelaite	TK4	90,0	Poikkeava
IVKH	KK1	runkokanava	TK5	0,6	Normaali
IVKH	KK2	suodatinkammio	TK5	7,9	Normaali

5.4 Ilmamäärämittaukset

Rakennuksen ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmamäärät on mitattu kattavasti vuonna 2016 (M-ventti). Tässä tutkimuksessa ilmanvaihdon tehokkuutta suhteessa tilojen käyttöön arvioitiin ensisijaisesti hiilidioksidimittausten ja paine-eroseurantojen avulla. Lisäksi mitattiin tulo- ja poistoilmamääriä pistokoemaisesti.

6 Johtopäätökset

Vuonna 1952 valmistunut konserttitalo on suunniteltu ja toteutettu rakennusajankohta huomioiden kunnianhimoisesti ja siinä on jo rakennusvaiheessa otettu käyttöön teknisiä toteutuksia, jotka eivät tuolloin olleet vielä vakiintuneet yleiseen käyttöön. Näiden toteutuksissa onkin käytetty nykyisistä käytänteistä poikkeavia ratkaisuja. Rakennusajan mukaisin, haitta-aineita sisältävin materiaalein toteutetut rakenteet vastaavat pääosin suunnitelmia ja yläpohjaa lukuun ottamatta niissä todettiin vain yksittäisiä paikallisia vaurioita.

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella ehdoton ehto tilojen käytön jatkamiselle 1–5 vuoden ajaksi on varmistaa, etteivät tiloissa oleskelevat voi altistua asbestikuiduille ja -pölylle. Kellarikerrosta ympäröivissä laajoissa sulkun-/louhostiloissa on runsaasti asbestipitoista ainesta, pikisivelyjä ja kosteusvaurioitunutta orgaanista materiaalia. Sulkutilojen pinnoille laskeutunut pöly sisältää asbestikuituja ja tiloissa on asbestipölyvaara. Tilojen kulkuluukut eivät ole tiiviitä ja sisätilat ovat toistuvasti alipaineiset sulkutilaan, mikä mahdollistaa ilman kulkeutumisen niistä käyttötiloihin. Ilman kulkeutuminen sulkutiloista sisätiloihin tulee estää. Tilat tulee merkitä asianmukaisesti ja asiaton pääsy niihin estää. Kaikissa rakenteisiin kajoavissa huolto- ja kunnostustöissä tulee selvittää ja huomioida asbestipitoiset materiaalit.

Koko rakennuksen sisäilman laadun kannalta merkittävin tekijä on ilmanvaihdon toiminta. Seurantamittausten perusteella järjestelmä on käyttöön nähden teholtaan riittävä ja pääosin hyvin tasapainossa, mikä on tärkeää hallitsemattomien ilmapuotojen hallitsemiseksi rakenteista ja sulkutiloista. Järjestelmä on kuitenkin vanha ja siinä käytetään palautusilmaa; rakenneaineiset kanavat sisältävät haitta-aineita, ja niiden tarkastaminen ja puhdistaminen ovat käytännössä mahdotonta tehdä riskittömästi tilojen ollessa käytössä. Kellarin käytävän voimakas alipaineisuus lisää riskiä epäpuhtauksien kulkeutumiselle sulkutiloista sisäilmaan.

Paikallisesti sisäilman laadun kannalta merkittävimmät tekijät sulkutiloista kulkeutuvien epäpuhtauksien lisäksi ovat keilahallissa teolliset mineraalikuidut sekä lattian ja maanvastaisen seinän paikallinen kosteus- ja mikrobivaurio. Luoteen puoleisella seinustalla ulkoseinien patterisyvennysten lastuvillaeristeissä ja ikkunatilkkeiden pel-lavariveissä todettiin materiaalinäyttein paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita, joista merkkiainetutkimuksin havaittiin merkittäviä ilmapuotoja sisäilmaan. Keittiön 124 väliseinärakenteissa todettiin myös paikallinen kosteus- ja mikrobivaurio. Merkittävää sisäilmahaittaa aiheuttavat myös tiloja käytettäessä vaihtelevasti esiintyvät viemärin hajut.

Peruskorjauksen kannalta merkittävimmät rakenteelliset vauriot todettiin yläpohjassa. Kupumaisen katonosan lämmöneristeenä käytetty lastuvillalevy on laaja-alaisesti kosteus- ja mikrobivaurioitunutta. Matalalla katonosalla on ollut toistuvia vesivuotoja, ja yläpohjan lämmöneristeet ovat suurelta osin orgaanista, herkästi kosteusvaurioituvaa materiaalia. Matalaa yläpohjatilaa ei ilman vesikaton avaamista päästy tutkimaan kattavasti, mutta on todennäköistä, että ainakin vuotoalueilla orgaaniset eristemateriaalit ovat mikrobivaurioituneet. Ilmanvaihdon hyvän tasapainon vuoksi yläpohjan vaurioilla on enintään vähäisiä vaikutuksia sisäilman laatuun. Yläpohjan ilmapuodot on kuitenkin suositeltavaa kartoittaa kattavasti pakkaskaudella tehtävällä lämpökuvauksella.

Mahdollisen peruskorjauksen yhteydessä tulee edellä esitettyjen lisäksi huomioida todetut rakenteiden kosteustekniseen toimintaan ja käytettyihin materiaaleihin liittyvät riskit: Maanvastaiset alapohjarakenteet ovat lämmöneristämättömiä kaksoisbetonilaattoja, joiden kosteuden nousua maaperästä estää vain laattojen välissä olevan teknisen käyttöikänsä ylittänyt sively. Alapohjassa kulkee myös lastuvillaeristettyjä putkikanaaleja, jotka ovat laatan reunoilta ilmayhteydessä sisätiloihin. Sulkutiloihin rajoittuvat alapohjat ja välipohjat ovat pääosin ontelollisia alalaattapalkistoja. Onteloissa ei ole täyttöjä, mutta pintalaatan muottilaudat on jätetty rakenteesseen. Ulkoseinärakenteessa on sokkelikorkeudella korkkieristys, joka ei materiaalinäytteiden perusteella ole vaurioitunut. Patterisyvennysten lastuvillaeristeissä todettiin paikallisia vaurioita.

7 Toimenpidesuositukset

Tehtyjen tutkimusten perusteella suosittelemme seuraavia, nopealla aikataululla tehtäviä toimenpiteitä tilojen käytön jatkamiseksi 1–5 vuodelle:

1. Altistumismahdollisuus asbestikuiduille ja pölylle tulee estää siten, että
 - a) ilman kulkeutuminen sulkutiloista sisätiloihin estetään:
 - i. Sulkutilan kulkuaukkojen olemassa olevat ovet tulee sulkea ja ilmatiiveys tarkastaa (myös ilmanvaihtokeskuksen luukut ja ammatti-instituutin putkikanaaliin johtava ovi). Teknisen tilan oviaukkoon tulee asentaa ilmatiivis ovi.
 - ii. Sulkutilat on suositeltavaa alipaineistaa koneellisesti muihin tiloihin nähden. Alipaineistuksen pysyvyyttä on suositeltavaa seurata jatkuvatoimisin hälytyksellä varustetuin ja etäluettavin paine-eroseurannoin;
 - b) sulkutiloihin kulku estetään ja tilat merkitään asianmukaisesti asbestipölyvaaran vuoksi;
 - c) sulkutiloihin tehtäviä pakollisia huoltokäyntejä varten laaditaan ohjeistus, jossa huomioidaan asianmukainen suojautuminen ja pölynhallinta (pölyn leviämisen estäminen sulkutiloista muihin tiloihin);
 - d) kaikissa rakenteisiin kajoavissa huolto-, korjaus- ja asennustöissä tulee selvittää ja huomioida mahdolliset asbestipitoiset materiaalit, ja tätä varten
 - e) rakennuksessa tehtyjen asbestikartoitusten tulokset tulee kerätä yhteen dokumenttiin ja täydentää havaittujen puutteiden osalta. Ennen mahdollisia korjaus- ja purkutöitä kartoitus tulee täydentää nykyohjeistusten mukaista haitta-ainetutkimusta vastaavaksi.
2. Ilmanvaihtojärjestelmä tulee pitää käynnissä ja sen toimintaa seurata:
 - a) Riittävä korvausilman määrä ja painesuhteiden pysyminen nykyisellä tasolla on keskeistä epäpuhtauksien kulkeutumisen estämisessä sisäilmaan, minkä vuoksi on suositeltavaa valvoa IV-järjestelmän toimintaa esim. säännöllisin tarkastuksin ja/tai jatkuvatoimisilla paine-eroseurannoilla jokaisen tuloilmakoneen palvelualueelta.
 - b) Kellarin käytävän K17 alipaineistusta on suositeltavaa jatkaa. Samalla tulee kuitenkin varmistaa, että käytävä ei jää alipaineiseksi sulkutiloihin nähden.
3. Teollisten mineraalikuitujen lähteet tulee poistaa keilahallista, minkä jälkeen tiloissa on suositeltavaa tehdä ns. kuitusiivous.
4. Paikalliset sisäpinnoilla todetut kosteus- ja mikrobivauriot tulee korjata keilahallissa ja keittiössä 124
5. Epäpuhtauksien kulkeutuminen ulkoseinien vaurioalueilta sekä alapohjasta tulee estää tiivistyskorjauksin:
 - a) Koillisen puolen ulkoseinärakenteessa todetut ilmavuodot on suositeltavaa tiivistää. Samassa yhteydessä on suositeltavaa tiivistää alapohjan ja ulkoseinän liittymä
 - b) Ilmavuodot alapohjasta liikuntasauaman kautta tulee estää tiivistyskorjauksin.
6. Käytönaikaisen viemärin hajun lähde tulee selvittää esim. viemärikuvauksin (kahvio 125, 1. kerroksen toimistokäytävä, kellarin käytävä K17)
7. Yläpohjan mahdolliset ilmavuodot on suositeltavaa kartoittaa lämpökuvauksella seuraavalla pakkas-kaudella rakennuksen normaaleissa olosuhteissa. Sulkutilojen asbestipölyvaaran vuoksi kuvausta ei tule tehdä tehostetussa alipaineessa.

Mahdollisen tulevan peruskorjauksen yhteydessä suositeltavat toimenpiteet riippuvat korjauslaajuudesta ja tilojen tulevasta käytöstä. Korjauksissa tulee huomioida edellä esitettyjen lisäksi ainakin ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisvaltainen saneeraus, kosteus- ja mikrobivaurioitunut yläpohja, haitta-aineiden poisto rakenteista, alapohjan ja ulkoseinien herkästi kosteusvaurioituvat materiaalit sekä ala- ja välipohjien onteloiden muottilaudoitukset.

Allekirjoitukset

Turussa 9.10.2023

Sirate Group Oy



Mika Mantere
vanhempi asiantuntija, RI
Rakennusterveysasiantuntija C-26480-26-21
Rakenteiden kosteuden mittaaja C-27254-24-22



Vesa Koskinen
projektijohtaja, FM
Rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15
Sisäilma-asiantuntija C-23577-38-17
Rakenteiden kosteuden mittaaja C-20645-24-14
Rakennusten tiivyyden mittaaja C-27325-31-23

Liitteet

1. Tutkimusmenetelmät
2. Pohjakuvat, rakenne- ja kosteustekniset tutkimukset
3. Pohjakuvat, sisäilman olosuhteet ja epäpuhtausmittaukset
4. Analyysivastaus, mikrobit materiaaleista, Turun yliopisto, Aerobiologia, 10.8.2023
5. Analyysivastaus, mikrobit materiaaleista, Turun yliopisto, Aerobiologia, 11.8.2023
6. Analyysivastaus, teolliset mineraalikuidut, 14 vrk laskeuma, Turun yliopisto, Aerobiologia, 25.8.2023
7. Analyysivastaus, teolliset mineraalikuidut, tuloilmakanava, Turun yliopisto, Aerobiologia, 4.8.2023
8. Analyysivastaus, PAH-yhdisteet sisäilmasta, Työterveyslaitos, 18.8.2023
9. Analyysivastaus, VOC-yhdisteet sisäilmasta, Työterveyslaitos, 3.8.2023
10. Analyysivastaus, VOC-emissiot materiaalista, Työterveyslaitos, 7.8.2023
11. Analyysivastaus, rakennusmateriaalinäytteen asbestianalyysi, Taklab, 21.7.2023
12. Analyysivastaus, rakennusmateriaalinäytteen asbestianalyysi, Taklab, 31.7.2023
13. Analyysivastaus, pyyhintänäytteen asbestianalyysi, Taklab, 31.7.2023
14. Analyysivastaus, ilmanäytteen asbestianalyysi, Taklab, 7.8.2023

Kirjallisuus

1. **Asumisterveysasetus 2015.** Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
2. **Asumisterveysasetuksen soveltamishoje 8/2016.** Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Valvira, 2016. Dnro 2731/06.10.01/2016.
3. **RT 14-11197.** Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu merkkiainekokein, ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS, 2015.
4. **RT 103501.** Haitalliset aineet rakennuksissa - Tutkijan ohje. Rakennustieto, lokakuu 2022.
5. **RT 07-11299.** Sisäilmastoluokitus 2018, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS 2018.
6. **Työterveyslaitos, VOC- ja mikrobiviitearvot.** Työterveyslaitos 10.3.2021.
7. **LVI 39-10409.** Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkistus -ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-keskusliitto 2007.

8. **VOC-katsaus 2021.** *Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyypissä työympäristöissä.* Wallenius, Hovi, Mahiout, Remes, Rautiala, Jokela, Leino, Liukkonen, Työterveyslaitos 2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:9789522619570>.
9. **RT 103333.** *Betonin suhteellisen kosteuden mittaus -ohjekortti.* Rakennustietosäätiö RTS 2021.
10. **Merikallio 2007.** *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet.* Merikallio T, Niemi S, Komonen J, Suomen Betonitieto Oy, 2007.
11. **Laboratorio-opas 2018.** *Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät.* Pessi, A-M, Jalkanen, K, Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy, 2018.
12. **VNa 205/2009.** *Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.* Voimaan 1.6.2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>.
13. **Laki 684/2015.** *Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista.* Voimaan 1.1.2016. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150684>.
14. **VNa 798/2015.** *Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015.* Voimaan 1.1.2016. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150798>.
15. **Ratu 82-0347.** *Asbestia sisältävien rakenteiden purku. Menetelmät.* Rakennustieto 2009.
16. **Laki 646/2011.** *Jätelaki.* Voimaan 1.5.2012. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>.
17. **VNa 978/2021.** *Valtioneuvoston asetus jätteistä.* Voimaan 1.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978>.
18. **RakMk D2 2012.** *Suomen rakentamismääräyskokoelma. D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet.* Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2010.
19. **Ilmanvaihtoasetus 2017.** *Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.* Ympäristöministeriö 2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>.
20. **Seppänen 2019.** *Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa.* Seppänen O, ym. The Finnish Association of HVAC Societies (FINVAC), 2019 . <https://finvac.org/iv-opaat/>.
21. **Tyosuojelu.fi.** Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot>.
22. **TTL Kuidut 2016.** *Teolliset mineraalikuidut.* Työterveyslaitos 2016. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/Teolliset-mineraalikuidut.pdf>.
23. **Keinänen 2013.** *Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin.* Keinänen H, Opinnäytetyö, Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio, 2013.
24. **Ympäristöopas 2016.** *Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.* Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2016.
25. **TTL Kuitukatsaus 2020.** *Teolliset mineraalikuidut toimistotyypissä työtiloissa.* Tuomi, Wallenius, Mahiout, Rautiala, Lappalainen, Työterveyslaitos 2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:9789522619167>.
26. **Kollanen 2016.** *Sisäilman kuitukorjaukset.* Kollan, T. Opinnäytetyö, Rateko 2016. www.hometalkoot.fi/guides.
27. **Ratu 82-0383.** *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Menetelmät.* Rakennustieto, 2011.
28. **Ratu S-1225.** *Pölyntorjunta rakennustyössä.* Rakennustieto 2009.
29. **Ympäristöopas 2019.** *Kosteus- ja mikrobivauriotuneiden rakennusten korjaus.* Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>.

Liite 1. Tutkimusmenetelmät

Rakenne- ja kosteustekniset tutkimukset

Kosteusmittaukset

Rakennusten kivirakenteisille pinnoille suoritettiin kattava pintakosteuskartoitus, jossa selvitettiin pintakosteudenosoittimella poikkeavat kosteusalueet. Poikkeavilta kosteusalueilta tehtiin tarkentavia muovimaton alapuolisia kosteusmittauksia viiltomittauksin. Kosteusmittaukset tehtiin RT 103333 -ohjekortin (9) mukaisesti sertifioidun rakenteiden kosteudenmittaajan (Eurofins) toimesta. Kosteusmittausten tulokset on esitetty viitteellisesti liitteen 2 pohjakuvissa.

Pintakosteuskartoitus

Huonetilojen kivirakenteiset lattia- ja seinäpinnat kartoitettiin pintakosteudenosoittimella mahdollisten kosteuspoikkeamien havaitsemiseksi. Pintarakenteiden kosteuden arviointiin käytettiin GANN Hydromette UNI1/UNI2 -laitetta LB71/LB70 -mittapäillä. Mittaustulokset ovat suuntaa antavia ja saadut arvot mittalaitte-koh-taisia. Pintakosteudenilmaisimen lukemiin vaikuttavat kosteuden lisäksi kosteuden rakenteen pintaa nostamat suolakerrostumat, teräkset 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). (9) Tehty viilto ja mittapään rajapinta tiivistettiin kitillä ja mittapään annettiin tasaantua päällysteen alla oleviin olosuhteisiin vähintään 15 min. Mittauksen aikana sisäilman, viillon alapuolisen ilmatilan ja mitta-anturin 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. (10)

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, ilmatiiivit paikkaukset. Rakenneavaukset ja materiaalinäytteet on merkitty liitteen 2 pohjakuviin ja tekstissä olevat tilanumeroinnit viittaavat liitteen 2 numerointiin. Materiaalinäytteiden tulokset on merkitty tekstin joukkoon ja kuviin kolmiportaisella värikoodilla: **vihreä** – ei poikkeavaa mikrobikasvua, **oranssi** – ei aktiivista kasvua, näyte on lajistoltaan poikkeava ja **punainen** – aktiivista mikrobikasvua. Vastaavaa värikoodausta ongelman/vaurion asteesta on sovellettu myös muihin näytteisiin.

Mikrobinäytteet materiaaleista

Näytteenotto paikat perustuivat lähtötietoihin ja kohteessa tehtyihin havaintoihin. Näytteet pyrittiin ottamaan vaurioituneimmasta kohdasta tai sellaisesta kohdasta rakennetta, jossa vaurioitumisen todennäköisyys on suurin. Näytteenotto paikat on merkitty liitteen 2 pohjakuviin.

Suoraviljelymenetelmä

Materiaalinäytteet kerättiin puhtailla välineillä puhtaaseen muovipussiin ja toimitettiin viimeistään kolmen päivän sisällä analysoitavaksi laboratorioon. Näytteet analysoitiin suoraviljelymenetelmällä akkreditoitussa ja Ruokaviraston hyväksymässä laboratoriossa (Turun yliopisto, Aerobiologia). Tarkempi menetelmäkuvaus on esitetty analyysivastauksessa.

Mikrobinäytteiden viitearvot – suoraviljelymenetelmä

Suoraviljelymenetelmän tulokset ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa seuraavasti:

Taulukko 8. 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 analyyseillä 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. (1) 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 aktinomykeettejä 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 mikrobipitoisuuden säilytyksen aikana. Näytteet säilytetään kylmässä (+4...+8 °C) ennen viljelyä sekä mahdollisen suoramikroskopointitarpeen ja/tai uudelleenviljelytarpeen varalta. (2; 11)

Haitta-ainenäytteet materiaaleista

Kuntotutkimuksen yhteydessä ei tehty haitta-ainekartoitusta. Rakennetutkimuksissa havaituista materiaaleista, jotka voivat sisältää asbestia ja joista voi irrota asbestikuituja sisäilmaan, otettiin työturvallisuuden takaamiseksi materiaalinäytteet ennen töiden jatkamista. Näytteenotto ei vastaa RT 103501 -ohjekortin (4) mukaista haitta-ainekartoitusta, joka on tehtävä ennen rakennuksessa tehtäviä korjaus- tai purkutöitä. (12)

Materiaalinäytteet otettiin puhtailla välineillä alumiinifolioon ja uudelleensuljettaviin muovipusseihin. Näytteet analysoitiin akkreditoitussa laboratorioissa (Taklab Oy). Analyysien tarkemmat menetelmäkuvaukset on esitetty raportin liitteinä olevissa analyysivastauksissa.

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. (13) Asetuksessa 798/2015 on säädetty asbestityöhön liittyviä menettelyjä ja esitetty asbestipurkutyön suunnitelmien, menetelmien, työvälineiden sekä henkisuojainten käyttöön liittyviä vaatimuksia. (14) Asbestipurkutyössä noudatetaan myös Ratu-kortissa 82-0347 (15) annettuja ohjeita. Asbestipitoisen jätteen käsittely tehdään jätelain 646/2012 (16) ja valtioneuvoston jäteasetuksen (17) mukaisesti. Lisäksi on noudatettava paikallisen Ympäristökeskuksen ja Aluehallintoviraston antamia ohjeita (esim. normaalista poikkeavien purkumenetelmien käytön hyväksyttäminen).

Asbestia on poistettava purettavista rakenteista tilan turvallisen käytön kannalta riittävästi ja tarkoituksenmukaisesti. Rakenteisiin jätetty asbesti on peitettävä ja tarvittaessa merkittävä asianmukaisesti. Asbestia sisältävien rakenteiden purku on tehtävä siten, että asbesti ja asbestipitoiset materiaalit poistetaan ennen kuin rakenteet muuten puretaan, jollei poistamisesta aiheudu työntekijöille suurempaa altistusta kuin asbestin paikoilleen jättäminen heille aiheuttaisi. (14)

Ilmavuototutkimukset merkkiaineella

Merkkiainetutkimuksella selvitettiin RT 14-11197-ohjekortin (3) mukaisesti rakenteiden tiiveyttä sekä ilmavuotoja alueilta, jotka voivat heikentää sisäilman laatua. Merkkiainetta (viisiprocenttista vedyn ja typen seosta) laskeettiin 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 rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän avulla. **Sulkutiloissa todetun asbestipölyvaaran ja tilojen epätiiviuuden kulkuaukkojen vuoksi sisätiloja ei erikseen alipaineistettu.** Paine-eroa tutkittavan rakenteen yli seurattiin paine-eroantureilla. Tutkimusten apuna käytettiin merkkisavua.

Tulosten tulkinta

Ilmavuotohavainnot luokiteltiin soveltaen RT 14-11197-ohjekorttia: ”Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein” pistemäisiksi, vähäisiksi tai merkittäviksi. (3)

Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

Painesuhteet

Ilman kulkusuuntien sekä ilmanvaihdon yleisen toiminnan selvittämiseksi rakennuksessa tehtiin 2 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 %/HK Instruments DPT250-R8-AZ-D, mittausalue ± 50 Pa, mittaustarkkuus $1\% + \pm 1$ Pa) ja tulokset tallennettiin 2,5 minuutin välein LoraWAN yhteyden kautta pilvipalvelimelle (Mairi.fi). Mittausten aikana ilmanvaihtojärjestelmä oli tavanomaisissa käyttöasetuksissaan. Mittauspaikat on esitetty liitteen 3 pohjakuivissa.

Painesuhteiden ohjearovot

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. (18) Jos rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pa, tulee sen syy selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa. (2)

Ympäristöministeriön asetukseen (19) perustuvan, vuonna 2019 julkaistun oppaan mukaan uusien, muiden kuin asuinrakennusten, kokonaistulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi siten, ettei rakennusvaipan yli synny haitallisia paine-eroja. Ilmavirtojen lopullinen asettelu/säätö on tehtävä siten, ettei ilmanvaihto aiheuta ylipainetta rakennuksen ulkovaipan yli eikä alipaine ole haitallisen suuri (yleensä alle 5 Pa). (20)

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. (19)

Sisäilman olosuhdeseurannat

Sisäilman olosuhteita (lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, suhteellinen kosteus) mitattiin 2 viikon mittaisiin seurantamittauksiin etäluettavilla ilmanlaatumittareilla (lotsu L2 AQ05, mittaustarkkuudet: LT ± 0,5 °C, RH ± 2%, CO₂ ± 30 ppm + 3% lukemasta/Elsys ERS CO2, mittaustarkkuudet LT ± 0,2 °C, RH ± 2%, CO₂ ± 50 ppm / 3% lukemasta). Tulokset tallennettiin 2,5 minuutin välein LoraWAN yhteyden kautta pilvipalvelimelle (Mairi.fi).

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 2 100 mg/m³ (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. (1) 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 epäpuhtauksien käyttöön, on terveyshaitan ehkäisemiseksi ensisijaisesti tehtävä muutoksia tilojen käyttötapaan. Hiilidioksidi itsessään ei aiheuta kyseisissä pitoisuuksissa terveyshaittaa. (2)

Sisäilmastoluokitus 2018 (5) mukaiset tavoitearvot sisäilman hiilidioksidipitoisuuslisälle (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 osin myös korjausrakentamisessa

Huoneilman lämpötilan toimenpideraja

Toimenpideraja huoneilman lämpötilalle lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa on lämmityskaudella 20–32 °C. (2)

Toimistoympäristöissä ei työntajaa sitovia lämpöoloja ole määritelty. Työsuojeluhallinnon lämpötilasuositus kevyessä istumatyössä on 21–25 °C. Työnantajan on ryhdyttävä työolojen parantamiseen erityisesti, kun työpaikan ilman lämpötila ylittää 28 °C tai alittaa kevyessä istumatyössä lämpötilan 20 °C. (21)

Sisäilmastoluokitus 2018 (5) mukaiset tavoitearvot sisäilman lämpötiloille lämmityskaudella ovat:

- 21–22 °C; luokka S1, yksilöllinen sisäilmasto
- 20–22°C; luokka S2, hyvä sisäilmasto
- 20–23 °C; luokka S3, tyydyttävä sisäilmasto.

Huoneilman suhteellinen kosteus

Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä. (1) 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)

Työsuojeluhallinnon suosituksen mukaan ilman suhteellinen kosteus tulisi työpaikoilla olla noin 30–50 prosenttia. (21)

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 (Turun yliopisto, Aerobiologia).

Teollisten mineraalikuitujen viitearvot

Teollisten mineraalikuitujen toimenpiderajana on kahden viikon pölylaskeumasta määritettynä 0,2 kuitua/cm². (1) 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 fenoliformaldehydihartsia voi herkistää ihoa ja limakalvoja. (22)

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

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) sisäilmasta

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet määritettiin sisäilmasta kerätyillä aktiivisilla VOC-näytteillä. VOC-näytteet kerättiin pumpun avulla Tenax TA-Carbograph 5TD -adsorbentteihin. Pumpun virtausnopeus oli n. 0,2 l/min ja näytekoko n. 9 dm³. Näytteet analysoitiin akkreditoidussa ja Ruokaviraston hyväksymässä laboratorioissa (Työterveyslaitos) käyttäen ISO 16000-6 -standardiin pohjautuvaa analyysimenetelmää, jossa näytteet analysoidaan kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS).

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 400 µg/m³. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m³. (1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat haihtuvien orgaanisten yhdisteiden huoneilman tolueenivasteella lasketuille pitoisuuksille on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yksittäisille VOC-yhdisteille

Yhdiste	Toimenpideraja
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyyraatti (TXIB)	10 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	10 µg/m ³
Naftaleeni	ei saa esiintyä hajua, 10 µg/m ³
Styreeni	40 µg/m ³

Työterveyslaitoksen viitearvot toimistotyypisille työympäristöille

*Työterveyslaitoksen viitearvot toimistotyypisille työympäristöille on päivitetty maaliskuussa 2021 Työterveyslaitoksen tekemän katsauksen (8) pohjalta. Aineisto perustuu Työterveyslaitoksen vuosina 2010–2019 analysoimisiin näytteisiin (toimistot n = 3872, koulut n = 3583, päiväkodit n = 727, terveydenhuollon tilat n = 1607, kaikki yhteensä n = 9789). Viitearvoiksi on valittu aineiston P90-pitoisuudet (**Taulukko 10.**). Taulukossa on esitetty yksittäisten yhdisteiden esiintyvyydet ko. näyteaineistossa.*

Taulukko 10. Työterveyslaitoksen viitearvot (6) ja esiintyvyys (8) toimistotyyppisten työympäristöjen sisäilman VOC-yhdisteille. Yhdisteiden pitoisuudet on C9-alkoholeja (*) lukuun ottamatta määritetty yhdisteen omalla vasteella.

Yhdiste	CAS-numero	TTL viitearvo [µg/m ³]	Esiintyvyys [%]
Alifaattiset hiilivedyt			
Heptaani	142-82-5	2	15
Aromaattiset hiilivedyt			
Tolueeni	108-88-3	2	81
Bentseeni	71-43-2	1	65
Ksyleenit (m,o,p) yhteensä		4	60
Etylibentseeni	100-41-4	2	23
1,2,4-Trimetyyli-bentseeni	95-63-6	1	15
Aldehydit ja ketonit			
Bentsaldehydi	100-52-7	2	78
Nonanaali	124-19-6	4	80
Dekanaali	112-31-2	2	62
Heksanaali	66-25-3	5	56
Oktanaali	124-13-0	1	38
Pentanaali	110-62-3	2	32
Heptanaali	111-71-1	1	17
Asetofenoni	98-86-2	1	23
Alkoholit			
Butanoli	71-36-3	3	73
2-Etyyli-1-heksanoli (2EH)	104-76-7	6	64
Bentsyylialkoholi	100-51-6	7	19
2-Metyyli-1-propanoli	78-83-6	2	21
C ₉ -alkoholit		10*	
Esterit			
Texanol (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti)	25265-77-4	9	23
TXIB (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyraatti)	6846-50-0	3	23
n-Butyyliasetaatti	123-86-4	3	14
Etyylisasetaatti	141-78-6	5	14
Fenolit			
Fenoli	108-95-2	2	20
Glykolit ja glykolieetterit			
1,2-Propaanidioli	57-55-6	9	56
2-(Etoksietoksi)etanoli	111-90-0	6	21
2-Fenoksietanoli	122-99-6	2	22
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	112-34-5	7	17
2-Butoksietanoli	111-76-2	3	19
1-Metoksi-2-propanoli	107-98-2	4	14
Orgaaniset hapot			
Heksaanihappo	142-62-1	5	39
Propaanihappo	109-52-4	3	19
Pentaanihappo	109-52-4	2	12
Pii-yhdisteet			
Dekametyylisyklopentasiloksaani	541-02-3	6	72
Oktametyylisyklotetrasiloksaani	556-67-2	3	
Terpenit			
α-Pineeni	80-56-8	6	64
Kareeni	498-15-7	4	32
Limoneeni	138-86-3	4	25
TVOC		> 80	

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) materiaaleista

Materiaalinäytteet otettiin puhtain välinein lattiapäällysteistä sekä pintalaatasta kahdelta eri syvyydeltä. Näiden perusteella arvioitiin VOC-yhdisteiden imeytymistä betonilaatista. Näytteet analysoitiin akkreditoitussa laboratorioissa (Työterveyslaitos).

Yleisesti hyväksytyt ja käytössä olevat haihtuvien orgaanisten eli VOC-yhdisteiden pitoisuusmäärittäytävät ovat ilmanäytteet, pintaemissionäytteet (FLEC) sekä materiaalinäytteet betonista tai lattiapäällysteestä (bulk). (23) Asumisterveysasetuksessa (1) 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 11, (6)).

Taulukko 11. Työterveyslaitoksen viitearvoja eri materiaalien bulk-emissioille

Materiaali/yhdiste	Viitearvo
PVC, jossa pehmittimenä DEHP (di-etyyliheksyyliiftalaatti)	
TVOC	200 µg/m ³ g
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	70 µg/m ³ g
PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DNP 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
Linoleum	
TVOC	650 µg/m ³ g
Propaanihappo	100 µg/m ³ g

PAH-yhdisteet sisäilmasta

PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt) ovat aromaattisia hiilivetyrenkaita sisältäviä, usein voimakkaan hajuisia yhdisteitä, joista monet ovat terveydelle haitallisia. PAH-yhdisteitä analysoidaan materiaalinäytteistä mm. purkujätteen jäteluokan määrittämiseksi, rakennusmateriaalien sisäilmavaikutusten arvioimiseksi ja tilassa aistitun, PAH-yhdisteille tunnusomaisen ”ratapölkyn hajun” lähteen paikantamiseksi. Näytteestä analysoidaan Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviranomaisen EPA:n (United States Environmental Protection Agency) suositusten mukaiset 16 PAH-yhdistettä. (24) Naftaleeni, joka on PAH-yhdisteryhmän haihtuvin, on yleensä höyryjakeen pääkomponentti. Höyryjakeessa esiintyvät myös asenaftyleeni, asenafteeni, fluoreeni, fenantreeni sekä antraseeni. Fluoranteeni ja pyreeni esiintyvät sekä höyry- että hiukkasjakeessa. Hiukkasjakeen yhdisteet ovat vaikeasti huoneenlämpötilassa haihtuvia (kiehumispisteet 375–545 °C).

Työministeriön päätöksen (838/1993 ja muutos 1014/2003) mukaan PAH-yhdisteet luokitellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi ja päätöksen 1044/1991 mukaan PAH-yhdisteet luokitellaan myös perimälle, sikiölle ja lisääntymiselle vaaraa aiheuttaviksi tekijöiksi. Lisäksi PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit saattavat aiheuttaa ihon ja silmien ärsytystä, punoitusta sekä valoherkistymistä.

PAH-ilmanäytteet kerättiin virtausnopeudella 1,0 l/min XAD-adsorptioputkeen (Orbo 43). Näytteet analysoitiin akkreditoitussa laboratorioissa (Työterveyslaitos).

PAH-yhdisteiden viitearvot

Asuntojen ja muiden oleskelutilojen ilmanäytteiden toimenpideraja naftaleenille tolueenin vasteella laskettuna on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; hajua ei saa esiintyä. (1) Työterveyslaitoksen tavoitetaso työpaikoilla on naftaleenille $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sisäilma, hajua ei saa esiintyä) ja bentso(a)pyreenille $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (6)

Pölyn koostumus

Huonepölyn koostumusta ja tilojen kuitu- ja hiukkaslähteitä tutkittiin pyyhintäpölynäytteiden avulla. Pyyhintänäytteitä kerättiin pinnoille laskeutuneesta pölystä uudelleensuljettaviin muovipusseihin. Näytteet analysoitiin akkreditoitussa laboratorioissa (Taklab Oy).

Tulosten tulkinta

Asbestikuitujen esiintymistä pinnoille laskeutuneessa pölyssä pidetään toimenpiderajan ylittymisenä. (1)

Asbesti sisäilmasta

Asbestiin esiintymistä huoneilmassa selvitettiin ilmanäyttein ns. aggressiivisena mittauksena, jossa ennen näytteenottoa ja sen aikana tilan pintoja harjataan pölyn nostattamiseksi. Harjauksella pyritään saamaan mittaustilanne samanlaiseksi kuin tilan ollessa normaalissa käytössä. Näytteenkeräys perustuu soveltuvin osin standardiin SFS 3860. Asbesti ja keraamiset kuidut kerätään ilmasta polykarbonaattisuodattimelle akkukäyttöisellä vakiovirtauspumppulla virtausnopeudella $2,75 \text{ l}/\text{min}$, keräysaika oli 120 minuuttia. Näytteet analysoitiin akkreditoitussa Taklabin laboratorioissa.

Tulosten tulkinta

Sisäilman asbestikuitujen pitoisuus ei saa ylittää $0,01 \text{ kuitua}/\text{cm}^3$. (1)

Tilanteissa, joissa asbestikuituja esiintyy huonepinnoilla, mutta ilmapitoisuus jää alle $0,01 \text{ kuitua}/\text{cm}^3$, on ilmapitoisuuden toimenpideraja määrävämpi tekijä. Huonepinnoilla voi joissain tapauksissa esiintyä yksittäisiä asbestikuituja ilman, että rakennuksessa on varsinaista asbestilähdettä. (2)

LVI-järjestelmien tutkimukset

Ilmamäärämittaukset

Tulo- ja poistoilmamääriä mitattiin pistokoemaisesti pääte-elimistä SwemaFlow 126 -huppumittarilla. Tuloksia verrataan suunnitteluarvoihin, Asumisterveysasetukseen ja sen soveltamisohjeeseen sekä tarvittaessa rakennusajankohtana voimassa olleisiin rakennusmääräyksiin.

Ilmanvaihdon ohjearvot

Ulkoilmavirran tulee olla kouluissa, päiväkodeissa ja muissa vastaavissa oleskelutiloissa käytön aikana vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohden. Ulkoilmavirta saa kuitenkin olla $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohden, jos varmistetaan siitä, etteivät sisäilman epäpuhtauspitoisuudet tai lämpötila 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 $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$ vaatimuksen mukaisesti, voidaan kuitenkin sallia ilmanvaihto, joka on vähintään $4 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. Tällöin on kuitenkin erikseen huolehdittava siitä, että terveyshaittoja ei synny kosteuslisän, lämpökuorman tai epäpuhtauksien näkökulmasta. (2)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja teolliset mineraalikuidut

Ilmanvaihtojärjestelmää, sen puhtautta ja mahdollisia teollisten mineraalikuitujen lähteiden olemassaoloa järjestelmässä selvitettiin pistokoemaisesti tuloilmakoneisiin ja -kanaviin tehdyin visuaalisin tarkastuksin LVI 39-10409-ohjekorttia (7) soveltaen. Visuaalisen tarkistuksen tueksi kerättiin geeliteippinäytteitä tuloilmakanavista. Kuitujen lukumäärät laskettiin valomikroskoopin avulla akkreditoidussa laboratoriossa (Turun yliopisto, Aerobiologia).

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. (25) Aineisto perustuu pääosin vanhemmista ja mahdollisesta kuituongelmallisista kohteista otettuihin näytteisiin, jotka on useimmiten otettu puhdistamattomista kanavista. Kymmenien kuitujen esiintyminen neliösenttimetriä kohden tuloilmakanavien pinnoilla on aina merkki mahdollisesta kuitulähteestä. (26)