

---

SISÄILMA- JA KOSTEUSTEKNINEN TUTKIMUS

---

Hangon kaupunki, Hagapuiston koulu



Jakelu:  
bengt.lindholm@hanko.fi (PDF)  
johanna.holmberg@symi.fi (PDF)  
Sisäilmari Oy, arkisto (PDF)

## Tiivistelmä

Kohteena on Hangon kaupungin koulurakennus, joka on rakennettu 1982. Rakennuksessa toimivat Hankoniemen yläaste ja lukio sekä Raaseporin musiikkiopisto.

Rakennuksesta on aiemmin tutkittu yksittäisiä tiloja, kosteusmittauksin myös koko rakennusta. Aiemmissa tutkimuksissa sekä oirekyselyissä on todettu viitteitä mahdollisista lattiapäällysteen vaurioista alakerrassa.

Tehdyissä tutkimuksissa todettiin vaurioita lattiapäällysteissä auditoriossa, 1.kerroksessa ja 2.kerroksessa. Auditoriossa ja 1.kerroksessa maakosteus nousee lattiapäällysteen alle aiheuttaen mattoliiman ja pinnoitteen vaurioita. Osassa pinnoitteita todettiin myös mikrobivauriota.

Seinä rakenteissa todettiin kosteuden aiheuttamia mikrobivaurioita aiemmin korjaamattomissa ulkoseinissä; kuvaamataidonluokan erkkerissä sekä ruokalan/käytävän sisäseinissä.

Ilmanvaihtokojeet on pääosin uusittu 2000-luvulla. Ruokalan osalta käytössä on vanha ilmanvaihtokoje, jossa todettiin kuitulähteitä. Teollisia mineraalivillakuituja ei kuitenkaan mittauksissa havaittu. Kuituja mitattiin ruokalasta, auditoriosta sekä musiikkiluokasta.

## Sisällys

Tiivistelmä.....	2
1. Yleistiedot.....	4
Kohde.....	4
Tilaaja.....	4
Laatija .....	4
2. Yleistä .....	4
3. Rakennuksen taustatiedot.....	4
4. Aiemmat tutkimukset ja niiden perusteella tehdyt toimenpiteet .....	5
5. Käytetyt menetelmät ja laitteet .....	5
6. Tekninen riskiselvitys.....	6
7. Analyysitulokset.....	10
8. Ilmanvaihto.....	21
9. Johtopäätökset .....	23

## 1. Yleistiedot

### Kohde

Hangon kaupunki  
Hagapuiston koulu  
Hanko

### Tilaaja

Bengt Lindholm  
Hangon kaupunki  
Puh. 040 5046 272  
[bengt.lindholm@hanko.fi](mailto:bengt.lindholm@hanko.fi)

### Laatija

Sisäilmari Oy  
Tatu Keinänen  
Rakennusterveysasiantuntija (VTT sertifikaatti VTT-C-21588-26-15)  
Ympäristötekniikan insinööri (AMK)

## 2. Yleistä

Koulurakennuksessa on koettu huonoon sisäilmaan viittaavia oireita.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kattavasti sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena on antaa lähtötiedot korjaussuunnitteluun.

Tutkimukset on tehty 20.7.-18.8.2016 välisenä aikana.

## 3. Rakennuksen taustatiedot

Kohde on rakennettu 1982 koulurakennukseksi. Kohteen käyttötarkoitus on pysynyt samana koko käyttöiän.

Rakennuksessa toimivat Hankoniemen yläaste ja lukio sekä Raaseporin musiikkiopisto.

Rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihto on lähes kokonaan uusittu 2000-luvulla. Ruokalan osalta käytössä on alkuperäinen tuloilmakoje. Ilmanvaihdon toimintaa on esitetty tarkemmin omissa kappaleissaan jäljempänä.

#### 4. Aiemmat tutkimukset ja niiden perusteella tehdyt toimenpiteet

Rakennuksessa on aiemmin tehty useita erilaisia sisäilmatutkimuksia ja kosteusmittauksia rakennuksen historian aikana. Rakennuksen julkisivut on kolmelta sivulta uusittu 2000-luvun alussa.

Viimeisten kahden vuoden aikana tehdyt tutkimukset on esitetty aiemmassa tutkimussuunnitelmassa. Kokonaisvaltaista sisäilmateknistä tutkimusta ei ole aiemmin tehty.

#### 5. Käytetyt menetelmät ja laitteet

Ilman lämpötila ja kosteus: Gann Hydromette Compact RH-T, Vaisala HM40 mittalaite ja HM42 mittapäät

Pintakosteusosoitin: Gann Hydromette Compact B, Gann B50 anturi ja LG1 mittalaite

Puunkosteusmittari: Gann Hydromette BL Compact S

Ilmamäärämittaus: SwemaFlow 234

Ilmanpaine: TSI Airflow PVM620

Rakennekosteus: Vaisala HMP40S mittari ja HMP44 mittapäät, Vaisala HM40 mittalaite ja HM42 mittapäät

Kuitunäytteen analysointi: Työterveyslaitos

Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit: Työterveyslaitos

VOC-analyysit FLEC- ja BULK näytteistä: Työterveyslaitos

Materiaalinäytteenotto tehtiin asumisterveysoppaan mukaisesti. Kuitunäytteenotto ja VOC-mittaukset tehtiin Työterveyslaitoksen ohjeistuksen mukaisesti.

Kosteusmittaukset tehtiin RT 14-10984 mukaisesti.

## 6. Tekninen riskiselvitys

### 6.1 alapohja ja lattiat

	<p>Alakerrassa on käytetty lattiapäällysteenä pääasiassa muovimattoa ja linoleumia. Linoleum on monin paikoin kulunut ja halkeillut. Osin jopa puhki kulunut.</p> <p>Alakerrassa todettiin paikoittain ilmavuotoja lattian ja seinän välistä. Lattialaatan alta tulevat ilmavuodot heikentävät sisäilman laatua.</p>
	<p>Linoleumpäällyste on monin paikoin huonossa kunnossa, kuva yläkerran luokasta 255B.</p>





Alakerran lattioissa todettiin paikoin kohonneutta kosteutta. Kuva ruokalan lattiasta.





Auditorion korokkeen alla on salaojakaivo, josta tulee reilusti vuotoilmaa auditorioon. Kaivossa on voimakas mikrobiperäinen hajua. Ilmavuodot tulevat pääosin salaojaputkea pitkin kaivoon ja siitä auditorioon.

Lattiasta mitattiin alakerrassa useasta kohtaa kohonneita kosteuspuitoisuuksia. Muovimaton ja linoleumin alta mitattiin paikoin 80-95 % RH kosteuksia. Kosteusmittaustulokset on esitetty jäljempänä.

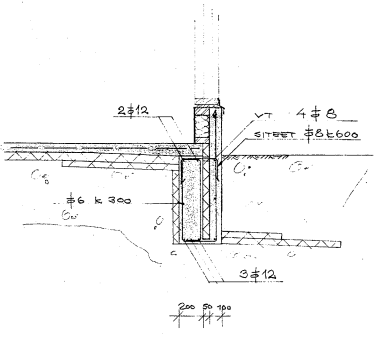
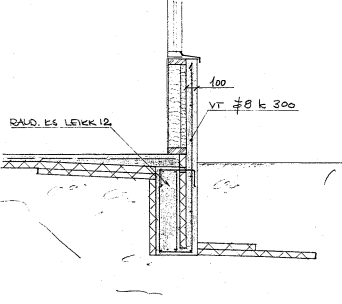
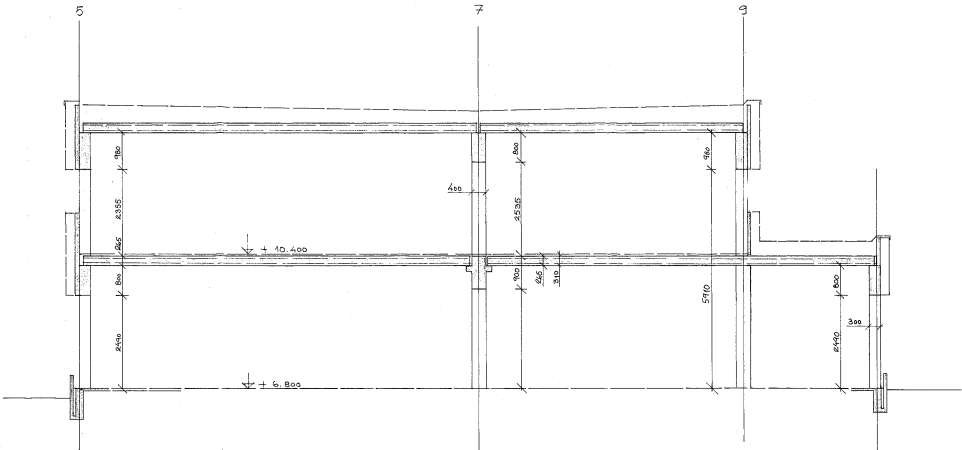
## 6.2 yläpohja

Yläpohjan tutkimuksia ei ole vielä tehty. Poikkeuksena auditoriosta otettiin yläpohjasta kaksi materiaalinäytettä seinän ja yläpohjalaatan välistä.

	<p>Auditorion yläpohja, vanhoja kosteusjälkiä. Villassa seinän ja laatan välissä on heikko viite kosteus- ja mikrobivauriosta. Rakenteesta on selvää ilmavuotoa sisäilmaan. Ilmavuodot todettiin merkkisavun avulla.</p>
	<p>Auditorion yläpohjasta seinän ja laatan välistä ei todettu tutkimushetkellä kosteuspoikkeamia.</p>



### 6.3 seinärakenteet

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>12 — 12</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>13 — 13</p>  </div> </div>	<p>Ulkoseinät on pääosin korjattu aiemmin julkisivukorjausten yhteydessä. Nyt tutkitut rakenteet ovat alkuperäisiä.</p> <p>Kohteessa esiintyvä aiemmin korjaamaton sokkelirakenne ei ole kosteusfysikaalisesti toimiva.</p>
<div style="text-align: center;"> <p>A — A</p>  </div>	<p>Tutkimuksessa keskityttiin niihin rakenteisiin joita ei ole aiemmin tutkittu.</p> <p>Yläpohjan osalta tutkimukset ovat kesken.</p>



## 7. Analyysitulokset

Näytteet otettiin liitteinä olevien pohjakuvien osoittamista paikoista. Pohjakuviin on merkitty VOC- ja BULK mittauspaikat mustalla ja numeroitu "V" merkinnällä, materiaalinäytteet punaisella ja "N" merkinnällä ja kosteusmittauspaikat sinisellä ja "K" merkinnällä. Tulokset ovat esitettynä alla olevien otsikoiden mukaisesti. Laboratorion analyysivastauksen on liitteissä 1-5, pohjakuviin merkityt näytepisteet on liitteessä 6.

### 7.1 Materiaalinäytteet rakenteista

Materiaalinäytteitä otettiin yhteensä 15 kpl.

Alla olevissa kuvissa on esitetty huomioita materiaalinäytteenotosta sekä näytteenottoaikat. Näytteenottoaikat on merkitty myös liitteenä oleviin pohjakuviin.

	<p>Materiaalinäyte 1 otettiin ruokalan ulkoseinän villaeristeestä. Näytteessä on vahva viite kosteus- ja homevauriosta.</p>
	<p>Näyte 2 otettiin käytävän kohdalta ulkoseinästä. Näytteessä on viite kosteus- ja homevauriosta. Eristetilassa kosteus on koholla. Betonisokkeli siirtää maakestutusta eristeisiin.</p> <p>Kosteusmittaus eristeestä; 20,3 °C / 70 %RH / 12,3 g/m<sup>3</sup></p>





Tekstiililuokan erkkeriin tehtiin rakenneavaus ulkoseinän alaosaan.

Erkkerin kohdalla ulkoseinän alaosan eristetila on märkä. Eristetilan kosteus 18,9 °C / 86 %RH / 14,0 g/ m<sup>3</sup> Luokkatila on ulkoilmaan nähden n 4...5 Pa alipaineinen. Seinärakenteesta on ilmavuotoja sisäilmaan.



Tekstiililuokka; seinän kohdalla on alajuoksu on lahonnut ja märkä. Styroxista otettiin näyte 3. Seinän villaeristeestä ylemmää (n. 40 cm lattiasta) otettiin näyte 4. Laatan alta valupaperista otettiin näyte 5.

Näytteissä 3-5 on kaikissa vahva viite kosteus- ja homevauriosta.



Alakerran luokissa (tekstiililuokka, musiikkiluokka, kotitalousluokat) todettiin alapohjasta olevan ilmavuotoja sisäilmaan lähinnä pilareiden kohdalla. Ilmavuotojen kautta pääsee epäpuhtauksia sisäilmaan.



	<p>Kotitalousluokasta otettiin läheltä porraskäytävän seinää lattian linoleum-päällysteestä materiaalinäyte 7. Näytteessä on vahva viite kosteus- ja mikrobivauriosta. Lattian kosteus on koholla linoleumin alla viiltomittauksessa; 20,5 °C / 85 %RH / 15,1 g/ m<sup>3</sup></p>
	<p>Kotitalousluokan lattiapäällysteestä otettiin käsienspesualtaan kohdalta näyte 10. Näytteessä on vahva viite kosteus- ja mikrobivauriosta.</p> <p>Tekstiililuokan lattiapäällysteestä otettiin myös materiaalinäyte, näyte 6. Näytteessä on vahva viite kosteus- ja mikrobivauriosta.</p>
	<p>Auditorion etuosan yläpohjasta otettiin villasta näytteet 8 ja 9. Näyte 8 otettiin vasemmalta ylhäältä, näyte 9 oikealta ylhäältä. Molemmissa näytteissä on heikko viite vauriosta.</p>



Luokasta 215 otettiin näyte 11 ulkoseinän villaeristeestä. Näytteessä on vahva viite kosteus- ja mikrobivauriosta. Eristetilasta on ilmavuotoja sisäilmaan pilareiden ja ikkunoiden liittymien kohdalla. Kosteus eristetilassa 23,0 °C / 74 %RH / 15,3 g/ m<sup>3</sup>.

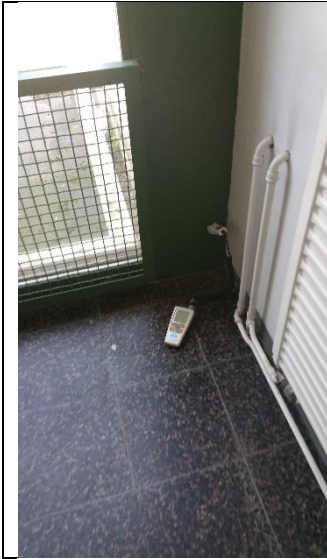


Opettajanhuoneen erkkeriin tehtiin rakenneavaus. Eristeestä otettiin näyte 12. Näytteessä ei ole viitettä vauriosta. Rakenteet olivat kuivat.



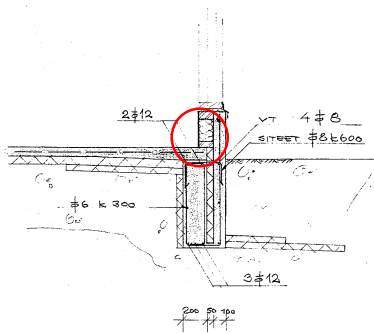
Luokista 217 ja 255B otettiin materiaalinäytteet ulkoseinän alaosasta samoin kuin luokasta 215. Näyte 13 otettiin luokasta 217. Näytteessä on vahva viite kosteus- ja mikrobivauriosta. Näyte 14 otettiin luokasta 255B, näytteessä on heikko viite vauriosta. Kuvassa näkyy vaurioitunut lattiapinnoite luokassa 255B.



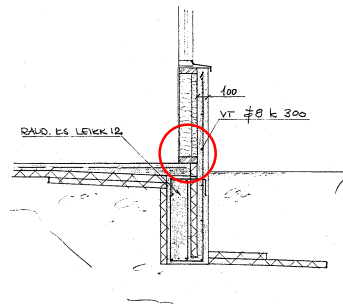


Porraskäytävästä otettiin näyte 15 ulkoseinästä ikkunan vierestä. Näytteessä on heikko viite vauriosta. Kosteus eristetilassa 21,1 °C / 81 %RH / 14,9 g/m<sup>3</sup>

12 — 12

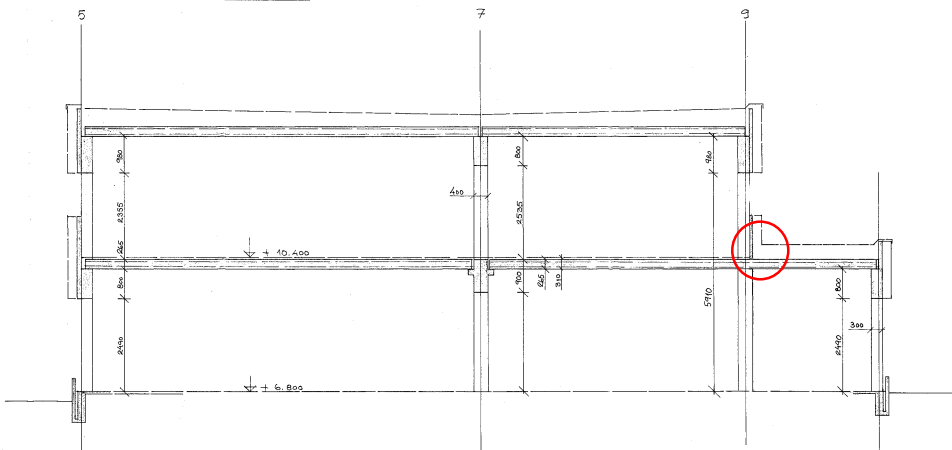


13 — 13

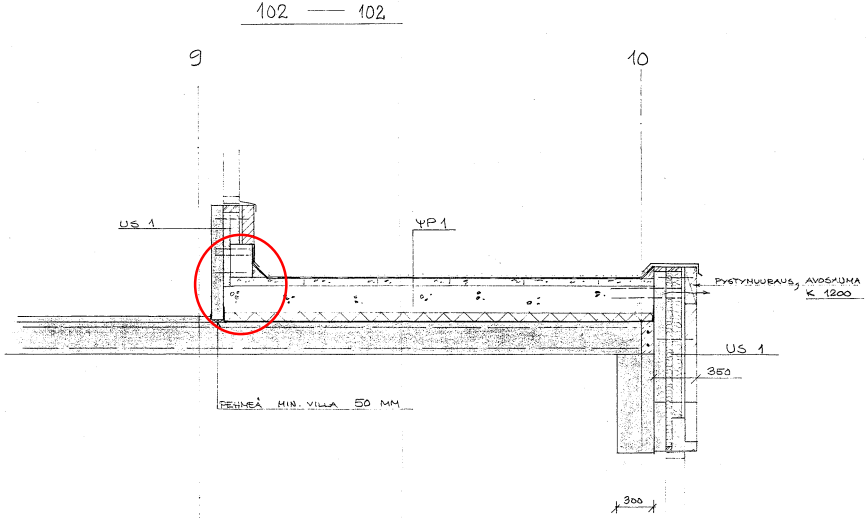
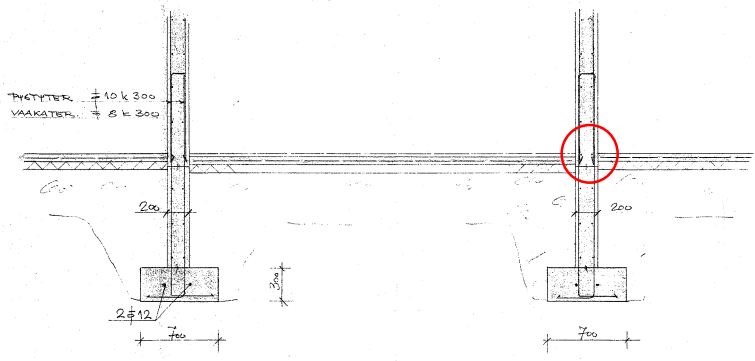


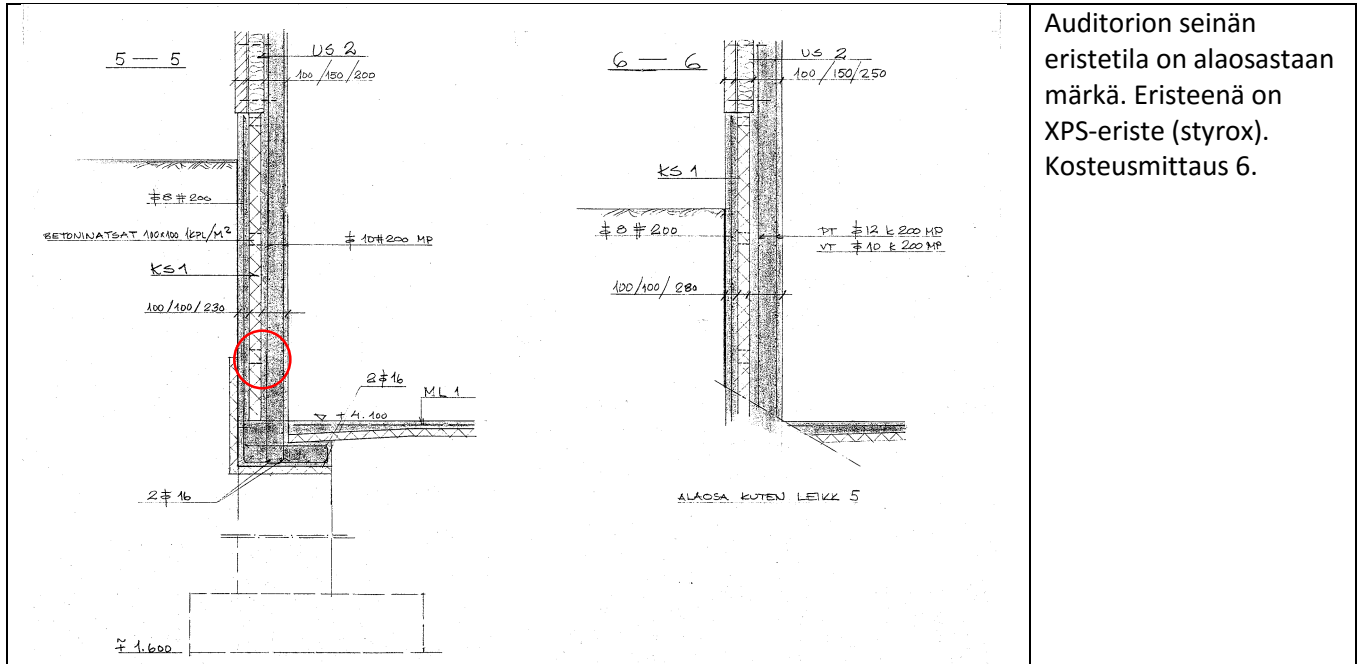
Leikkaus 12-12, ruokailutilan sisäpihan seinä. Eristeet ovat vaurioituneet, kosteus siirtyy sokkelin kautta eristeisiin. Leikkaus 13-13 on tekstiililuokan erkkeri, jossa eristeet ja puurakenteet ovat vaurioituneet.

A — A



Yläkerran luokkien vaurioitunut seinärakenne. Ulkopuolinen kosteus pääsee rakenteeseen.

	<p>Luokka 215 ja 217 seinän alaosan rakenne. Seinässä on betoniseinän takana villaeriste alas asti, sen takana lecasora. Seinässä kosteus on koholla. Seinärakenteesta on ilmavuotoja sisäilmaan. Villaeriste on mikrobivaurioitunut.</p>
	<p>Porraskäytävän ja kotitalousluokan välinen seinä. Seinän alaosassa kosteus on kohonnut. Seinien kohdalla on ilmavuotoja lattian alta alapohjasta.</p>



Auditorion seinän eristetila on alaosastaan märkä. Eristeenä on XPS-eriste (styrox).  
Kosteusmittaus 6.

## 7.2 Kuitunäytteet kahden viikon laskeumasta

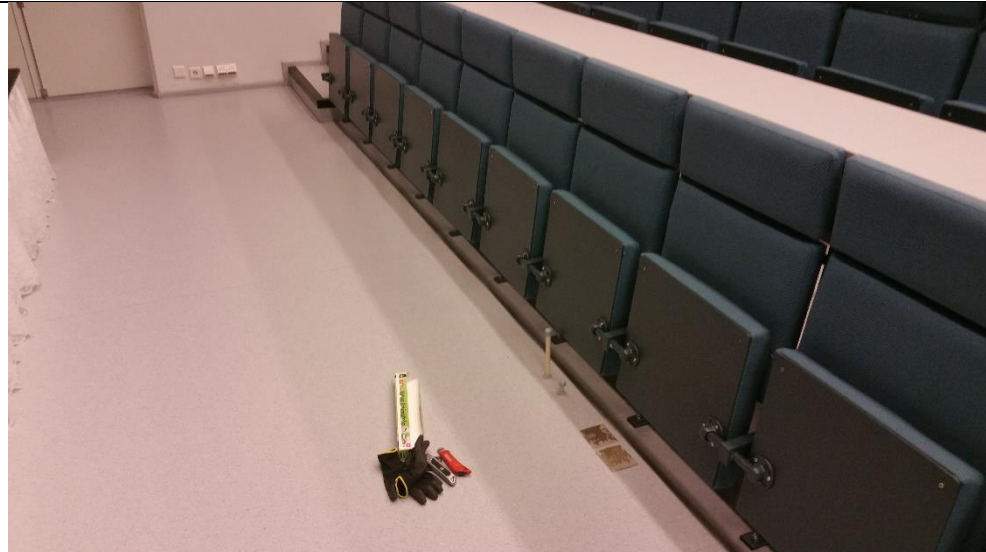

Teollisten mineraalikuitujen esiintymisen arvioimiseksi kerättiin sisäilman laskeumaa petrimaljoille, 22.7.-11.8.2016. Näytteet otettiin kolmesta tilasta; auditorio, ruokala sekä musiikkiluokka.

Laskeumanäytteestä laskettiin valomikroskooppia käyttäen yli 20 mikrometriä pitkien teollisten mineraalikuitujen määrä pinta-alayksikkö kohti. Viitearvoksi Työterveyslaitos suosittelee kahden viikon laskeumalle 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>.

Kaikki kolme näytettä alittivat viitearvon 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>. Laboratorion analyysivastaus on liitteenä 5.

### 7.3 FLEC- ja BULK analyysit lattiapäällysteistä sekä kosteusmittaukset

Lattiapinnoitteiden kunnon arvioimiseksi tehtiin FLEC- ja BULK-näytteenotto. FLEC-mittauksessa mitataan lattiapäällysteestä (tässä tapauksessa muovi- ja linoleumpäällyste) haihtuvia VOC-yhdisteitä. Bulk-analyysissa mitataan irrotetusta lattiapinnoitteesta laboratorio-olosuhteissa vapautuvia yhdisteitä. Mittausten yhteydessä tehtiin myös aistinvaraisia havaintoja sekä kosteusmittauksia. Huomiot näytteenotosta on esitetty seuraavissa kuvissa. Näytteenottoaika on merkitty liitteenä oleviin pohjakuviin mustalla ja näytepisteet numeroitu "V" tunnuksella.

	<p>Auditorion näytteenotto tehtiin penkkirivistön edestä. FLEC-näytteessä ei todettu poikkeamia, BULK-näytteessä ei todettu poikkeamia. Aistinvaraisesti matossa todettiin lievä haju. Muovimaton alla lattia on märkä, ks. kosteusmittaus 9.</p>
	<p>Ruokalan muovimatossa todettiin FLEC- ja BULK analyyseissä poikkeamana 2-etyyli-1-heksanolipäästöjä, jotka viittaavat muovimaton vaurioitumiseen. Aistinvaraisesti todettiin matossa selvä haju. Lattiassa on kosteus koholla, ks. kosteusmittaukset 3 ja 4.</p>





Musiikkiluokka. FLEC-näytteessä ei todettu poikkeamia, BULK-näytteessä todettiin lieviä poikkeamia, viitearvoja ei ylitetty. Aistinvaraisesti linoleumissa oli selvä haju.

Lattiassa on kosteus koholla  
Viilto: 20,7 °C / 81 %RH / 14,7 g/m<sup>3</sup>.



Kotitalousluokka, V4. FLEC-näytteessä ei todettu poikkeamia, BULK-näytteessä todettiin lieviä poikkeamia, viitearvoja ei ylitetty.

Lattiassa on kosteus koholla.  
Viilto: 20,7 °C / 81 %RH / 14,7 g/m<sup>3</sup>.



Yläkerran luokka 214. FLEC-näytteessä todettiin poikkeamia, BULK-näytteessä todettiin poikkeamia, jotka viittaavat linoleumpäällysteen vaurioihin. Lattiassa ei todettu kosteuspoikkeamia pintakosteusosoittimella. Aistinvaraisesti päällysteessä ei todettu hajua. Luokassa on selvää haju, mikä voi peittää päällysteen hajun.

#### 7.4 Kosteusmittaukset

Kosteusmittaukset tehtiin porareikä, koepala sekä viiltomittauksina.

Liitteenä olevissa pohjakuvissa on merkitty kosteusmittauspaikat sinisellä, numeron edessä on tunnus "K".

VOC-mittausten yhteydessä tehdyt viiltomittaukset on osin esitetty edellisessä kappaleessa.

Alla olevassa taulukossa on esitetty kosteusmittausten tulokset.

numero	paikka	lämpötila °C	RH %	abs.kost. g/m <sup>3</sup>	syvyys mm
1	lattia	19,5	98	16,5	260
1	lattia	20,6	76	13,7	30
1	seinä n 50 mm	20,6	91	16,3	50
1	seinä n. 200 mm	21,1	74	13,7	40
2	lattia	18,7	99	15,8	200
2	lattia	20,8	75	13,5	40
2	lattia	21,1	72	13,2	15
3	lattia	20,0	93	16,0	200
3	lattia	20,7	93	16,7	50
3	lattia	20,9	89	16,2	20
4	lattia	21,0	91	16,7	viilto
sisäilma		21,3	69	12,9	
5	lattia	21,1	80	14,7	200
5	lattia	21,3	85	15,9	10
6	lattia	16,8	80	11,4	200
6	lattia	18,7	76	12,2	10
6	seinä lattiantaso	18,0	88	13,5	eristetila 250
6	seinä lattiantaso	18,6	74	11,8	30
7	lattia	16,0	92	12,6	200
7	lattia	18,6	78	12,3	10
8	lattia	18,8	90	14,5	viilto
9	lattia	18,6	99	15,7	200
9	lattia	19,7	89	15,2	25
9	lattia	19,9	94	16,2	viilto
sisäilma		19,8	74	12,7	
10	seinä lattiantaso	19,7	85	14,4	25
10	seinä n. 10 cm	20,6	59	10,6	25
10	lattia	19,3	95	15,7	100
10	lattia	19,9	86	14,8	20
11	lattia	18,1	97	15,0	200

## 8. Ilmanvaihto

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto. Ilmanvaihto on järjestetty osin luokkakohtaisesti, osin käytössä on yhteisiä koneita. Tässä tutkimuksessa tutkittiin isot tulo/poistoilmakoneet.

	<p>Tulo/poistoilmakone 101 oli pääosin puhdas ja suodattimet olivat juuri vaihdettuja. Suodatinkammiossa todettiin pieniä määriä siitepölyä ja lehtiroskaa. Roskat ja siitepölyt on siivottava pois. IV-konehuoneessa todettiin voimakas liuottimen haju joka voi olla peräisin lattian muovimatosta.</p>
	<p>Auditorion tuloilmapuhallin on siisti ja puhdas.</p>





Ruokalan tuloilmakojeessa todettiin suodattimien jälkeen kuitulähteitä (pinnoittamia villoja), paljon likaa, sekä lämmityspatterin on lähes umpeen muurautunut.

Ilmanvaihtokoneiden ohjausta ei pystytty todentamaan. Tutkimushetkellä kojeet olivat päällä.

## 9. Johtopäätökset

Rakennuksessa todettiin useita vaurioita jotka heikentävät sisäilman laatua. Vauriot ovat osin paikallisia, osin laajempia.

1.kerroksen lattiat ovat monin paikoin vaurioituneet. Vauriot johtuvat maanvaraisen laatan liiallisesta kosteudesta. Lattioissa todettiin homevaurioita linoleumpäällysteissä. Muovimatoissa todettiin kosteuden aiheuttamia vaurioita ruokalassa. Auditorion alatasanteella muovimaton alapuolinen kosteus on korkea, ja aiheuttaa jollakin aikavälillä muovimaton vaurioitumisen.

Yläkerran lattioiden linoleum-pinnoitteet ovat vaurioituneet. Monessa luokassa todettiin aistinvaraisesti linoleumista aiheutuvaa hajua. Haju aiheutuu osin linokorkki-ilmoitustauluista, pääosin kuitenkin tulosten perusteella lattioista. Yläkerran lattiat ovat kuivat. On mahdollista, että lattiat ovat vaurioituneet ikääntymisen tai väärän hoidon vuoksi.

1.kerroksen ulkoseinissä todettiin vaurioita tekstiililuokan erkkerin kohdalla sekä ruokalan ja käytävän sisäpihan puoleisen ulkoseinän kohdalla. Seinärakenne ei ole kosteusfysikaalisesti toimiva.

1.kerroksen lattioiden ja seinien rajapinnasta todettiin ilmavuotoja alapohjasta. Ilmavuotojen mukana voi sisäilmaan kulkeutua epäpuhtauksia. Auditoriossa todettiin ilmavuotoja sisäilmaan myös salaojakaivosta.

2.kerroksen sisäpihan puoleisissa ulkoseinissä (luokat 215,217) todettiin kosteus- ja homevaurioita.



Tatu Keinänen  
Sisäilmari Oy  
Rakennusterveysasiantuntija  
Ympäristötekniikan insinööri (AMK)

Liitteet      Liite 1: 160720198 Liite 1 TTL analyysivastaus 338216VOC  
Liite 2: 160720198 Liite 2 TTL analyysivastaus 338216VOC\_a  
Liite 3: 160720198 Liite 3 TTL analyysivastaus 338423  
Liite 4: 160720198 Liite 4 TTL analyysivastaus 338461  
Liite 5: 160720198 Liite 5 TTL analyysivastaus 343136  
Liite 6: pohjakuviin merkityt näytepisteet