

TUTKIMUSSELOSTUS

Vieremän päiväkoti

Rakenne- ja sisäilmatutkimukset

24.3.2017



Sisällysluettelo

1	Yleistiedot.....	4
1.1	Tutkimuksen kohde.....	4
1.2	Tutkimuksen tilaaja.....	4
1.3	Tutkimusselostus.....	4
1.4	Tutkimuksen tavoite.....	4
2	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.....	4
2.1	Taustatietoa.....	4
2.2	Tutkitut VOC näytteet.....	5
2.3	VOC-mittausten viitearvoja.....	6
2.4	Tulokset.....	6
2.5	Virhearviointi.....	7
2.6	VOC-mittausten johtopäätökset.....	8
3	Mikrobinäytteet.....	8
3.1	Mikrobien ilmanäytteet.....	8
3.2	Mikrobien pintanäytteet.....	9
3.3	Mikrobien materiaalinäytteet.....	10
4	Teolliset mineraalikuidut.....	11
4.1	Teollisten mineraalikuitujen määrittäminen pintapölystä.....	11
4.2	Teollisten mineraalikuitujen pitoisuuden määrittäminen 2 viikon laskeutumapinnoilta.....	12
4.3	Muut teollisten mineraalikuitujen selvitykset.....	12
4.4	Johtopäätökset teollisten mineraalikuitujen näytteistä.....	12
5	Ilmavuotomittaukset.....	13
6	Lämpökuvaus.....	14
7	Rakenneavaukset.....	14
7.1	Tilan 145 väliseinän tilan 142 korotetun lattian suuntaan.....	14
7.2	Tilan 145 ulkoseinä.....	15
7.3	Tilan 142 väliseinän yläosan ullakkoon rajoittuva yläosan seinä.....	15
7.4	Tilan 142 ulkoseinä.....	16
8	Olosuhdemittaukset.....	16
8.1	Hiilidioksidimittaus.....	16
8.2	Lämpötilan seurantamittaus.....	17
8.3	Suhteellisen kosteuden seurantamittaus.....	18
8.4	Paine-eron seurantamittaus.....	19
9	Muut havainnot.....	20
9.1	Ryömintätila.....	20
9.2	Toimistohuone 140.....	21
10	Johtopäätökset.....	21
10.1	VOC mittaukset.....	21
10.2	Ilmavuotomittaus.....	22
10.3	Lämpökuvaus.....	22
10.4	Olosuhdemittaukset.....	22
10.5	Muut havainnot.....	22
10.6	Johtopäätösten yhteenveto.....	23
11	Suosituksat jatkotoimenpiteiksi.....	23
12	Tutkimusten taustatietoa.....	24
12.1	VOC-mittaukset.....	24
12.2	Teolliset mineraalikuidut.....	26

12.3	Paine-eromittaukset	26
12.4	Sisäilman lämpötila	27
12.5	Sisäilman suhteellisen kosteus	27
12.6	Mikrobimittaukset	28
12.7	Sisäilman hiilidioksidi	28

1 Yleistiedot

1.1 Tutkimuksen kohde

Vieremän päiväkoti
Siltalantie 19
08700 LOHJA

1.2 Tutkimuksen tilaaja

Lohjan kaupunki
Tekninen toimi/Tilapalvelut
Kari Koljonen
08101 LOHJA

1.3 Tutkimusselostus

Ideastructura Oy
Tapani Kostilainen
RI, rakennusterveysasiantuntija
Työterveyshuollon tekninen asiantuntija
040 763 7828

1.4 Tutkimuksen tavoite

Vieremän päiväkodissa on tehty useita korjauksia sisäilmaongelmien vuoksi. Tällä hetkellä ongelmallisia tiloja ovat rakennuksen sivuosan tilat 145 ja 142. Tilojen käyttäjät (Kiviset) ovat siirtyneet väistötiloihin korjaustöiden ajaksi.

Laajalla rakenne- ja sisäilmatutkimuksella haluttiin selvittää päiväkodin tilojen 145 ja 142 rakenteiden toimivuutta ja sisäilmaongelmiin vaikuttavia tekijöitä korjaustoimia varten.

Tutkimusta varten pidettiin 10.2.2017 tutkimuksen suunnittelukokous päiväkodissa. Tutkimukset tehtiin 15.2-7.3.2017 välisenä aikana. Viimeiset sisäilmanäytteiden analyysivastaukset on saatu 22.3.2017.

2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

2.1 Taustatietoa

Haihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi eli VOC (Volatile Organic Compounds) nimitetään niitä, joiden kiehumapiste on 50–260°C välillä. Tavanomaisimpia VOC-yhdisteitä ovat alkaanit, terpeenit, aromaattiset hiilivedyt, halogenoidut yhdisteet, aldehydit, ketonit, alkoholit ja esterit.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden lähteitä ovat rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä maalit, mutta myös kalusteet ja tekstiilit. Myös ihmisen oma toiminta ja aineenvaihdunta, kemikaalien kuten pesu- ja puhdistusaineiden käyttö, tupakointi sekä ulkoilman saasteet ja liikenteen pakokaasut lisäävät sisäilman kemiallisia epäpuhtauksia.

Yli puolet sisäilman VOC-yhdisteistä arvioidaan olevan peräisin rakennusmateriaaleista. Uusissa tai vastakorjatuissa rakennuksissa rakennusmateriaalien päästöt ovat yleensä suurimmillaan mutta vähenevät tavallisesti muutamien kuukausien kuluessa.

Tunnusomainen "uutuuden" haju on yleensä helposti aistittavissa. Yleensä noin puolen vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta primaariemissiot ovat tasolla, josta ei enää pitäisi olla sisäilman kannalta haittaa.

Vähitellen rakennusmateriaaleissa tapahtuu kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden aiheuttamia muutoksia, jotka voivat synnyttää mahdollisesti jatkuvaakin, sekundaarista emissiota. Näitä materiaalien hajoamista edistäviä tekijöitä ovat esim. kosteus, otsoni, kuumuus, UV-valo, huoltotoimet ja kuluminen. Sekundaariemissio on tavallisesti määrältään kuitenkin huomattavasti rakennusmateriaalien primaaripäästöjä vähäisempää.

Erityisesti PVC muovimattojen ja linoleumin emissiotuotteiden on todettu aiheuttavan sisäilmaan epämiellyttävää hajua. Myös muovimateriaalit voivat vaurioitua kulumuksen, lämmön, kosteuden tai mikrobien aiheuttaman hajoamisen seurauksena, jolloin muodostuu erilaisia hajoamistuotteita sekundaariemissiona. PVC-muovin ja sen pehmittimenä yleisesti käytetyn dietyyliheksyyliiftalaatin (DEHP) hajoamistuotteen tavallinen emissioyhdiste on 2-etyyli-1-heksanoli, jolla on tunnusomainen kitkerän-makea haju. Muoveista vapautuvien VOC-yhdisteiden on todettu hajuhaittojen ohella aiheuttavan hengitysteiden ja silmien ärsytysoireita. Näyttää myös siltä että jotkut näistä tekijöistä voivat olla synnyttämässä tai ainakin pahentamassa astmaoireita.

PVC lattiapäällysteissä käytetty pehmitin DEHP on nykyään korvattu muilla pehmittimillä (DINP ja DIDP). Emäksisen hydrolyysin seurauksena muovimatoissa käytetty pehmitin hajoaa, jolloin syntyy alkoholeja ja karboksyylihappoja. TTL:n Muovimattojen pehmittimien hajoamistestien perusteella. Uusien pehmittimien on todettu hajoavan alhaisemmissa kosteuksissa kuin vastaavat DEHP: hajoaminen ja siten C₉-alkoholeja ei voida yksiselitteisesti käyttää PVC-päällysteiden kosteusvaurioindikaattoreina.

Tavallisin sisäilman orgaanisiin yhdisteisiin liitetty haitta on haju, joka yleensä on viihtyvyshaitta. Terveyshaitaksi se muodostuu silloin kun sen aiheuttaa haitalliseksi tunnetut yhdisteet ja niiden pitoisuudet ovat riittävän korkeita. D2 Rakentamismääräyskokoelmassa mainitaan, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyvyyttä alentavia hajuja.

2.2 Tutkitut VOC näytteet

Tutkimuksessa selvitettiin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia sisäilmassa sekä mattopinnoitteissa. VOC-ilmanäytteitä otettiin lasikuvulla mattopinnoilta. Tällöin voidaan vertailla sisäilman ja mattopinnojen emissioita, ja siten arvioida mattopinnojen vaikutusta sisäilman emissiolähteenä. mittauksien tulokset ilmoitetaan yksikössä µg/m³.

Lisäksi selvitettiin mattomateriaalin sekä maton ja liimakerroksen emissioita mattopalonäytteillä, jotka toimitettiin laboratorioon analysoitavaksi. Mattomateriaalin emissiot on mitattu FLEC-kupunäytteenä laboratoriossa ja tulos ilmoitetaan yksikössä µg/m²h. Matto- ja liimanäytteestä on tehty yhdistelmä FLEC BULK näyte laboratoriossa murskatusta materialista ja tällöin tulos ilmoitetaan yksikössä µg/m³g.

Eri mittauksien tulokset eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Tutkimuksessa on käytetty vertailukohteena matto-ongelmallista kohdetta, jossa ongelmana on ollut kaksi vuotta vanhojen mattojen hajuongelmat.

2.3 VOC-mittausten viitearvoja

Viitearvoina on käytetty VOC sisäilmanäytteissä Asumisterveysasetuksen raja-arvoa TVOC 400 µg/m³.

FLEC näytteiden vertailuarvona on VTT vertailudatana yli 12 kk vanhoille PVC-mattoille TVOC 120 µg/m²h.

Mattopalojen VOC BULK näytteiden viitearvoina on käytetty TTL viitearvoja PVC muovimatoille (pehmitin DEHP, DINP, DIDP) TVOC 500 µg/m³g.

2.4 Tulokset

VOC-mittausten kaikki tulokset on esitetty taulukossa 1. Harmaalla pohjalla olevia tuloksia ei voi verrata valkopohjaisiin sisäilma- ja kupunäytetuloksiin.

toimenpideraja-arvo TVOC	250 µg/m³															
Yksittäisen yhdisteen raja-arvo	50 µg/m³															
raja-arvo pitoisuus					4	4	5	3	4	1	3	6	5	7	7	6
tila	TVOC µg/m³	TVOC µg/m²h	TVOC µg/m³g	suorat hiilivedyt µg/m³	orgaaniset hiilivedyt µg/m³	2-ET µg/m³	Isotanol µg/m³	muut alkooholit µg/m³	Fenoli	Tolueni µg/m³	Bentseeni	Etyylibentseeni	1,4-kykyeni µg/m³	muut alkyylibentseenit µg/m³	Etyylisäntti	Muut esterit
Tila 145 sisäilma	87			4	0	3	1	0	2	10	7	4	14	5	1	19
Tila 145 mattopinta (kupunäyte)	82			4	0	4	2	3		10	5	3	10	5	1	8
Tila 145 VOC Bulk matto		21,62		<3	<3	2,04	<3	<3	1,43	<3	<3	<3	<3	<3	<3	14,9
Tila 145 VOC Bulk matto ja liima			754,55	0,73	<3	326,07	<3	19,27	21,96	<3	<3	<3	<3	2,93	<3	0
Tila 142 sisäilma	69			0	0	0	0	3	0	19	7	3	10	4	0	0
Tila 142 mattopinta (kupunäyte)	77			33	0	2	0	2	2	4	3	0	2	0	0	1
Tila 142 VOC Bulk matto		401,45		96,61	69,15	70,67	4,96	26,95	0,82	1,49	<3	16,02	2,9	0,3	<3	0
Tila 142 VOC Bulk matto ja liima			990,97	129,02	120,5	384,99	14,09	55,45	34,41	<3	<3	19,98	4,2	<3	<3	0
Tila 140 sisäilma	65			0	0	0	0	10	0	13	15	0	7	0	0	0
Tila 140 mattopinta (kupunäyte)	75			16	6	1	1	2	0	1	1	7	22	1	0	0
Tila 108 sisäilma	62			0	0	0	0	12	0	13	10	0	8	5	0	0
Tila 108 mattopinta (kupunäyte)	91			15	0	3	2	5	2	12	6	2	6	0	1	0

Taulukko 1. VOC-mittausten tulokset.

Taulukossa 2 on vertailtu Vieremän päiväkodin tilojen 145 ja 142 mattopaloista mitattuja VOC FLEC ja VOC FLEC BULK näytteitä toiseen matto-ongelmaiseen kohteeseen, jossa on ollut selkeä mattopinnoitteiden hajuongelma. Vertailukohteen matot ovat kaksi vuotta vanhoja ja siten lähellä Vieremän uusittujen mattojen ikää.

tila	TVOC µg/m³h	suorat hiilivedyt µg/m³	orgaaniset hiilivedyt µg/m³	2-ET µg/m³	Isotanol µg/m³	muut alkooholit µg/m³	Fenoli	Tolueni µg/m³	Bentseeni	Etyylibentseeni	1,4-kykyeni µg/m³	muut alkyylibentseenit µg/m³	Etyylisäntti	Muut esterit	TAB	Glykoleerit	Muut glykoleerit	Heksaani µg/m³	Oktaani	Bentakalehydi	Nonaani µg/m³	Asetofeeni	muut karbonyylit µg/m³	Etikkahappo µg/m³	muut orgaaniset hapot µg/m³	Pyridiinit	pienini
Tila 145 VOC Bulk matto	21,62		<3	2,04	<3		1,43	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	14,9	17,49	2,58	<3	<3	0,67	<3	6,58	15,25	<3	<3	<3	<3
Tila 142 VOC Bulk matto	401,45	96,61	69,15	70,67	4,96	26,95	0,82	1,49	<3	16,02	2,9	0,3	<3	0	<3	67,88	67,88	<3	0,74	0,35	<3	6,58		<3	<3	<3	<3
x kertainen pitoisuus 145	1,7	0,0		0,1													0,1										
x kertainen pitoisuus 142	12,7	24,7	10,6	23,3	3,5	2,4										42,2					4,8						
Vertailukohde, jossa 2 vuotta vanhoissa matoissa hajuongelma																											
keskiarvo	31,523	3,905	6,4967	3,035	1,43	11,1933										1,61					1,39						
m1	27,25	<3	8,62	1,94	2,31	9,73											0,78				1,24						
m2	2,96	0,62	0,78	<0,3	0,65	0,55										<0,3				<0,3							
m3	64,36	7,19	10,09	4,13	1,33	23,30										2,44				1,53							

Taulukko 2. VOC FLEC ja VOC FLEC BULK näytteiden vertailu ongelmalliseen kohteeseen.

Taulukossa 3 on vertailut samaisen kohteen sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia.

tila	TVOC µg/m³	suorat hiilivedyt µg/m³	reagenskaikat hiilivedyt µg/m³	2 EH µg/m³	hiilimäli µg/m³	muut alkoalolit µg/m³	Toluene µg/m³	Bentseeni	Etyylbentseeni	1,4-kylene µg/m³	muut alkyylibentseenit µg/m³	Etyylbenttaatti	muut esterit	TXB	hiilimäli µg/m³	Oktaani	Bentakolehyli	hiilimäli µg/m³	muut karbonyylit µg/m³	Etilakappe µg/m³	muut orgaaniset hapot µg/m³	Pipidikeet	pienei
Tila 145 sisäilma	87	4	0	3	1	0	10	7	4	14	5	1	19	0	1		2	0	4	0	0	10	1
Tila 145 mattopinta (kupu)	82	4	0	4	2	3	10	5	3	10	5	1	8	0	3	2	2	3	0	0	3	2	1
Tila 142 sisäilma	69	0	0	0	0	3	19	7	3	10	4	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	11	2
Tila 142 mattopinta (kupu)	77	33	0	2	0	2	4	3	0	2	0	0	0	1	5	1	2	8	1	4	0	1	1

Vertailukohde, jossa 2 vuotta vanhoissa matoissa hajuongelma

m1	38	<2	<2	1,4	1,1	<1	1,3				<1	0,4		0,8	8,3			4,6	<1	2,1	2,1		
m2	49	1,7	<2	1,2	1,2	<1	1,9				2,2	<1	1,1		5,7	11,4		4,8	<1	2,2	2,1		4,2
m3	65	<2	5,2	3,6	2,1	3,7	1,9				2,1	<1	1,8		1,5	10,6		6,8	3,1	3,4	1,1		4,9
m4	63	3,6	4,4	1,8	2,2	4,2	2,1				2,2	1	4,2		1,9	11,1		5,8	5,4	<1	<1		5
m5	61	2,5	2,2	1,7	1,8	1	1,8				2,8	<1	6,8		2,4	7,9		2,6	10,8	<1	<1		4,5
m6	32	<2	<2	1,9	1,2	<1	1,7				1,7	<1	1,5		2,3	5,4		3,4	2,5	<1	<1		2,3

Taulukko 3. Sisäilman vertailu ongelmalliseen kohteeseen yksittäisten yhdisteiden osalta sekä TVOC pitoisuuden osalta.

2.5 Virhearviointi

VOC-näytteiden virhemarginaali on $\pm 30\%$. Asumisterveysasetuksen mukaisesti raportoinnissa tulee esittää virhetarkastelu.

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty VOC tulosten $\pm 30\%$ vertailu.

toimenpideraja-arvo TVOC						250 µg/m ³				Kun pitoisuus on 30 %:n virhemäärin alempana mitatusta																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Yksittäisen yhdisteen raja-arvo						50 µg/m ³																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
raja-arvo pitoisuus										4		4				5		3		4		1		3		6		5		7		7		6				6		2		2		5				5		10		10		10		8																																																																																																																																																																																																																																																																													
tila		TVOC µg/m ³	TVOC µg/m ³	TVOC µg/m ³	TVOC µg/m ³	suorat hiilivedyt µg/m ³	reagenskaikat hiilivedyt µg/m ³	2 EH µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalit µg/m ³	hiilimäli µg/m ³

Taulukko 4. VOC analyysien tulokset, kun tulos on 30 % alle ilmoitetun pitoisuuden.

toimenpideraja-arvo TVOC				250 µg/m ³				Kun pitoisuus on 30 %:n virhemäärin ylempänä mitatusta																					
Yksittäisen yhdisteen raja-arvo				50 µg/m ³																									
raja-arvo pitoisuus				4				4	5	3	4	1	3	6	5	7	7	6		6	2	2	5		5	10	10	10	8
tila	TVOC µg/m ³	TVOC µg/m ^{2h}	TVOC µg/m ^{4g}	suorat hiilivedyt µg/m ³	reagenskaikat hiilivedyt µg/m ³	2 EH µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut alkoalolit µg/m ³	Fenoli	Tolueni µg/m ³	Betoloni	Etyylbentsoeni	1,4-Dikloori µg/m ³	muut alkyylibentseenit µg/m ³	Etyylbenttaatti	muut esterit	TXB	hiilimäli µg/m ³	muut glykolibentseerit	Oktaani	2-Fenylakrolehyli µg/m ³	hiilimäli µg/m ³	muut karbonyylit µg/m ³	Etilakappe µg/m ³	muut orgaaniset hapot µg/m ³	Pipidikeet	pienei		
Tila 145 sisäilma	113			5,2		3,9	1,3		2,6	13	9,1	5,2	18	6,5	1,3	24,7				1,3									
Tila 145 mattopinta (kupunäyte)	107			5,2		2,6	3,9			13	6,5	3,9	13	6,5	1,3	10,4				3,9	2,6	2,6	3,9			3,9	2,6	1,3	
Tila 145 VOC Bulk matto		28,106				2,652				1,859												0,87							
Tila 145 VOC Bulk matto ja liima			980,915	0,949		423,89		25,05	28,55					3,81					469,9	469,9		5,3			19,34				
Tila 142 sisäilma	90							3,9		24,7	9,1	3,9	13	5,2						2,6		3,9					14,3	2,6	
Tila 142 mattopinta (kupunäyte)	100			42,9		2,6		2,6	2,6	5,2	3,9		2,6				1,3			6,5	1,3	2,6	10		1,3	5,2	1,3	1,3	
Tila 142 VOC Bulk matto		521,89		125,59	89,9	91,871	6,448	35,04	1,066	1,94			20,826	3,8	0,39				88,24	88,24	0,96	0,46	8,55	19,83		8,13	4,6		
Tila 142 VOC Bulk matto ja liima			1288,26	167,73	156,6	500,49	18,317	72,09	44,73				25,974	5,4					221	214,8		1,61	23,1						
Tila 140 sisäilma	85					13				16,9	20									2,6		7,8					11,7	2,6	
Tila 140 mattopinta (kupunäyte)	98			20,8	7,8	1,3	1,3	2,6		1,3	1,3	9,1	29	1,3						10,4				7,8			1,3		
Tila 108 sisäilma	81					15,6				16,9	13		10	6,5						1,3		6,5	9,1						
Tila 108 mattopinta (kupunäyte)	118			19,5		3,9	2,6	6,5	2,6	15,6	7,8	2,6	7,8		1,3					14,3	2,6	2,6	18			3,9	1,3	1,3	

Taulukko 5. VOC analyysien tulokset, kun tulos on 30 % yli ilmoitetun pitoisuuden.

2.6 VOC-mittausten johtopäätökset

2.5.1 Tulosten vertailu

Sisäilman VOC-pitoisuudet olivat kokonaispitoisuuksiltaan (TVOC) tavanomaista tasoa ja alle Asumisterveysasetuksen raja-arvoa 400 µg/m³. Virhetarkastelu ei muuta tuloksia oleellisesti.

TVOC pitoisuudet ovat lähes kaksinkertaiset vertailukohteeseen nähden. Vieremän näytteissä oli usean yksittäisen yhdisteen pitoisuus yli TTL 10.6.2016 esittämien yksittäisten yhdisteiden viitearvojen (raja-arvo pitoisuus). Pitoisuudet ylittivät yksittäisten yhdisteiden osalta kaikissa näytteissä, mutta runsaimmin tilojen 145 ja 142 näytteissä.

Vertailukohteeseen verrattuna yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet olivat selkeästi korkeammat tolueeni, bentseenin, etyyliasetaatin, ksyleenien sekä esterien osalta.

VOC FLEC BULK näytteiden vertailussa Vieremän näytteissä tilassa 142 on 2,4-42 kertaisia pitoisuuksia vertailukohteen pitoisuuksiin verrattuna.

2.5.2 Jatkotoimenpiteet VOC mittausten perusteella

Suosittelaa huonetilojen 145 ja 142 mattopinnoitteiden uusimista.

- Nykyiset muovimatot ja liimakerros poistetaan
- Epoksinpinnoitteiden päällä olevat tasoitekerrokset tasoitetaan uudelleen
- Mattopinnoitteeksi asennetaan Gerflorin julkisten terveydenhoitotilojen muovimatto (<http://www.gerflor.fi/tuotteet/julkisiin-tiloihin/kaytto/terveydenhoito.html>), josta on ollut hyviä kokemuksia.

3 Mikrobinäytteet

3.1 Mikrobien ilmanäytteet

Mikrobien ilmanäytteet on otettu Asumisterveysasetuksen määrittämällä tavoin ja tulokset on analysoitu Metropolilabin mikrobilaboratoriossa Helsingin Viikissä. Näytteet kerättiin kolmella Andersen tyyppisellä HK10 hiukkaskeräimellä samanaikaisena näytteenottona tilavuusilmavirralla 28,3 l/min 10 minuutin näytteenottoajalla, jolloin mittauksen tarkkuus on 4 cfu/m³ (kasvupesäkkeitä muodostava yksikkö ilmaquutiota kohden).

Mikrobien ilmanäytteitä otettiin tutkittavista tiloista 145, 142 ja 140 sekä vertailutilasta 108.

3.2.1 Tulokset

Mesofiilisten eli suhteellisen kosteissa viihtyvien sienten 2 % mallasagar kasvualustoilla elinkykyisten sienien pitoisuudet olivat alahaisia ollen 4-7 cfu/m³.

Kuivassa viihtyvien sienien DG-18 -kasvualustoilla pitoisuudet olivat 11 cfu/m³ tilassa 145 ja 7 cfu/m³ tilassa 108.

Tiloissa 142 ja 140 pitoisuudet olivat alle määritysrajan (4 cfu/m³).

Bakteeripitoisuudet olivat alle 4500 cfu/m³ raja-arvo pitoisuuden.

3.2.2 Ilmanäytteiden johtopäätökset

Tutkittujen näytteiden elinkykyisten mikrobien pitoisuudet olivat analyysilausunnon mukaisesti tavanomaisia. Sienipitoisuudet olivat talvikaudelle tyypillisesti alhaisia. Bakteereja esiintyy näytteissä lähes aina. Sädesienien pitoisuudet olivat bakteerien kasvualustoilla alle määrittysrajan.

3.2 Mikrobien pintanäytteet

Mikrobien pintanäytteitä otettiin tasopinnoilta historiapölynäytteinä sekä kahden viikon laskeutumapölynäytteinä.

3.2.3 Keräntymäpintapölynäytteet

Keräntymäpölynäytteet on analysoitu Työterveyslaitoksella Kuopiossa.

Näyte 1. Huone 145. Kaapiston yläpinta, korkeus 2,2 m

Näytteessä oli elinkykyisten sienien pitoisuudet alhaisia. Kasvusto oli niukka.

Näytteessä esiintyi kolmea tyypillisesti kosteissa oloissa viihtyvää mikrobilajia niukkoina kasvustoina.

Bakteerien pitoisuus oli erittäin runsasta.

Näyte 2. Huone 142. Kaapiston päältä, korkeus 2,2 m

Näytteessä oli elinkykyisten sienien pitoisuudet alhaisia. Kasvusto oli niukka.

Näytteessä esiintyi yhtä tyypillisesti kosteissa oloissa viihtyvää mikrobilajia niukkana kasvustona.

Bakteerien pitoisuus oli erittäin runsasta.

3.2.4 Keräntymäpölynäytteiden tulosten tarkastelu

Näytteiden elinkykyisten sienien pitoisuudet olivat alhaisia ja tavanomaisia.

Bakteeripitoisuudet olivat erittäin korkeita,

3.2.5 2 viikon laskeutumapölyjen pintapölynäytteet

2 viikon keräntymäpölynäytteet on analysoitu MetropoliLabissa Viikissä.

Näytteitä otettiin kolmesta tilasta (142, 140 ja 108), joissa keräntymäalustat voitiin asettaa rauhalliseen kohtaan.

Näytteissä oli mikrobipitoisuudet alhaisia. Sienikasvustoja ei ollut lainkaan ja bakteerien pitoisuudet olivat alhaisia 7-33 kpl/näyte, kun raja-arvopitoisuutena on 100 000 kpl/g.

3.2.6 Mikrobien pintanäytteiden tulosten tarkastelu

Keräntymäpölynäytteiden tulosten perusteella mikrobipitoisuudet olivat tavanomaisia.

Keräntymäpinnoilla esiintyi erittäin runsaasti bakteereja. Bakteerien erittäin runsas kasvusto viittaa ensisijaisesti pintojen siivoamattomuuteen tai puutteelliseen ilmanvaihtoon.

2 viikon laskeutumapölynäytteissä esiintyneet yksittäiset poikkeavat lajit viittaavat ensisijaisesti ulkoilmälähteeseen. Vaatteiden ja toistuvan ikkunatuuletuksen mukana

sisäpinnoille kulkeutuu mikrobeja ulkoa. Ulkoilmassa on usein mikrobilajeja, jotka sisätiloissa esiintyessään tulkitaan poikkeaviksi lajeiksi.

3.3 Mikrobien materiaalinäytteet

Mikrobien materiaalinäytteitä otettiin rakenteista sekä tiloissa olevista tarvikkeista ja pölystä.

Näyte 1. Tilojen 145 ja 142 välisen seinäkipsilevyn kartonki seinärungon puolelta

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

Näytteessä oli niukka mikrobilajisto.

Näyte 2. Tilan 145 ulkoseinän kipsilevyn rungon puoleinen kartonkipinta

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

Näytteessä oli niukka mikrobilajisto.

Näytteessä esiintyi kahta poikkeavaa sienilajia niukkoina kasvustoina.

Näyte 3. Tilojen 145 ja 142 väliseinässä tilan 142 puolella oleva lekasoraharkko lat- tiakorokkeen kohdalla

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

Näytteessä oli niukka mikrobilajisto.

Näytteessä esiintyi yhtä poikkeavaa sienilajia niukkana kasvustona.

Näyte 4. Tilan 142 ulkoseinän lasivilla

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

Näytteessä oli niukka mikrobilajisto.

Näytteessä esiintyi yhtä poikkeavaa sienilajia niukkana kasvustona.

Näyte 5. Tilan keräätymäpöly kaapiston päältä

Näytteessä esiintyi kohtalaisesti sieniä sekä runsaasti bakteereja.

Näytteessä esiintyi kahta tyypillisesti kosteissa oloissa viihtyvää sienilajia niukkoina kasvustoina. Sädesieniä ei esiintynyt.

Näytteen sienilajisto oli runsas.

Näyte 6. Tilan 142 katosta roikkuva puunoksa

Näytteessä oli runsas bakteeri- ja sienikasvusto.

Näytteessä esiintyi kolmea tyypillisesti kosteissa oloissa viihtyvää sienilajia niukkoina kasvustoina.

Näytteen sienilajisto oli runsas.

Näyte 7. Tilan 142 varastohuoneen oven yläpuolen seinän eristevilla, tummentunut ilmavuoto kohta

Näytteessä oli niukka sienikasvusto ja kohtalainen bakteerikasvusto.

Näyte 8. Tilan 142 varastohuoneen oven yläpuolen seinän kipsilevyn kartonki

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

Näyte 9. Tilan 142 kaapiston päällä oleva kartonki- ja paperiteos

Näytteessä oli niukka sienikasvusto ja kohtalainen bakteerikasvusto.

Näyte 10. Tilan 142 ulkoseinä alaohjauspuun pinta

Näytteessä oli runsas bakteerikasvusto ja niukka sienikasvusto.

Näytteessä esiintyi yhtä poikkeavaa sienilajia niukkana kasvustona.

Näyte 11. Tilan 142 varastohuoneen oven yläpuolen seinän eristevilla, kirkas villa

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

Näyte 12. Tilan 142 ulkoseinän kipsilevyn rungon puoleinen kartonki

Näytteessä oli niukka mikrobikasvusto.

3.3.1 Mikrobien materiaalinäytteiden johtopäätökset

Tutkituista 12 mikrobien materiaalinäytteestä vain yhdessä oli runsas homekasvusto ja se ei liity rakennuksen rakenteisiin (näyte 6).



Kuva 1. Tilan 142 homeinen kalikka.

4 Teolliset mineraalikuidut

Teollisia mineraalikuituja selvitettiin tuloilmakanavasta, tasopinnoilta sekä kahden viikon laskeutumapölynäytteillä huonetiloista.

4.1 Teollisten mineraalikuitujen määrittäminen pintapölystä**Näyte 1. Tilan 145 tuloilmakanavan tuloilman tasaustilatiko päätelaitteen kohdalla.**

Näytteessä esiintyi 5-10 paino % vuorivillaa.

Näyte 2. Tilan 142 ylähyllä

Tilan 142 ylähyllän kerääntymäpölynäytteessä ei esiintynyt teollisia mineraalikuituja

Näyte 3. Tilan 142 oven yläpuolen kellon yläpinta

Näytteessä esiintyi 1-5 paino % vuorivillaa.

4.2 Teollisten mineraalikuitujen pitoisuuden määrittäminen 2 viikon laskeutumapinnoilta

2 viikon laskeutumapinnoilta otetuissa näytteissä tiloissa 142 ja 140 ohjearvon (0,2 kuitua/cm²) ylittäviä pitoisuuksia.

Vertailutilassa kuitupitoisuus jäi alle ohjearvon, mutta kuituja oli kuitenkin näytteessä.

4.3 Muut teollisten mineraalikuitujen selvitykset

Tilan 145 väliseinään on lisätty kerrossänkykomero. Asennusta varten on jouduttu poistamaan seinän akustiikkavillalevy osin. Komeron sisällä oli seinässä akustiikkavillan liimajälkiä ja liimapinnassa lasivillaa. Sänkykomeron petivaatteet nojaavat kiinni ollessa seinäpintaan.

Komeron takareunasta ja yläpuolelta näkyi myös akustiikkavillan leikattu ja avoin lasivillapinta.



Kuva 2. Seinän liimajäämissä oli näkyvää lasivillaa.

Korjaustyötarpeesta tiedotettiin tilaajaa.

4.4 Johtopäätökset teollisten mineraalikuitujen näytteistä

Rakennuksessa on yksi tuloilmakone. Tuloilman päätelaitteen teolliset mineraalikuidut, tasopintojen mineraalikuidut ja kahden viikon laskeutumapölynäytteet viittaavat selkeästi mineraalikuitulähteeseen tuloilmakanavistossa.

Mineraalikuitulähteenä voi olla rikkoontunut tuloilmakanavan ääneneristeen pinta tai tuloilmakoneen jokin liitos voi imeä laitteistoon mineraalikuituja iv-konehuoneen avoimelta villaseinäpinnalta.

IV-konehuoneen villaseinäpinta on mineraalivillaa. Tilan 145 tuloilman tuloilman ta-sauslaatikosta löytyi kuitenkin vuorivilla, samoin tilan 142 kellon päältä. Täten kuitulähteenä on iv-kanavan ääneneristysvilla tai vastaava lasivillalähde kanavistossa.

Tuloilmakanavan päätelaitteessa ei havaittu viitteitä vanhoista poistetuista päätelaitteen ääneneristeistä, joten lähde on kanavistossa.

5 Ilmavuotomittaukset

Rakennuksen sivuosan ryömintätilaan oli suljettu luukku huonetilan 140 lattiassa. Luukun kautta pääsi ryömimään keskikäytävän kohdalle asti. Ilmavuotomittausta varten välisokkelin aukosta työnnettiin 6 m lasikuituvapa tilan 145 ja 142 suuntiin.



Kuva 2. Merkkikaasun lasikuituvavan ujutusta keskisokkelin aukkoon tilojen 145 ja 142 suuntaan.

Ryömintätilaan laskettiin 5 % vetykaasua. Vetykaasun kulkeutumista alapohjan läpi tutkittiin Hydrogen –merkkikaasulaitteella.

Ilmavuotomittaus tehtiin tiloissa 145 ja 142 kahteen kertaan. Ilmavuotoja ei havaittu.

Tilan 145 kattorakenne on tiivistetty hiljattain Blowerbroof –ilmatiivistysaineella. Tilan 145 katon tiiveyttä tutkittiin ilmavuotolaitteistolla. Mittausta varten yläpohjaan johdettiin kattopaneelaukseen poratun reiän kautta merkkikaasua.

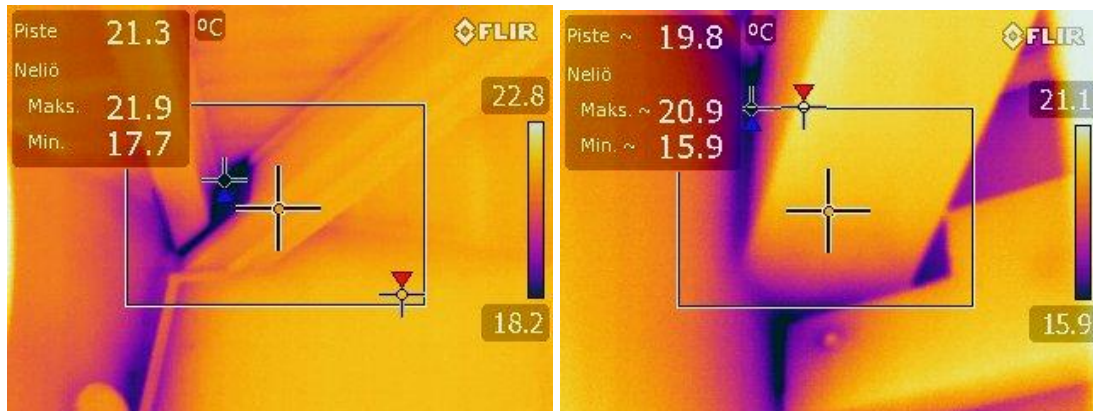


Kuva 3. Kaasuanalysointorin anturi jatkovarren päässä katon liitoskohdassa.

Ilmavuotoja havaittiin katon yläreunan sekundäärirakennakkeiden ja liimapuupalkin liitoskohdissa, joissa on metallikannakkeet.

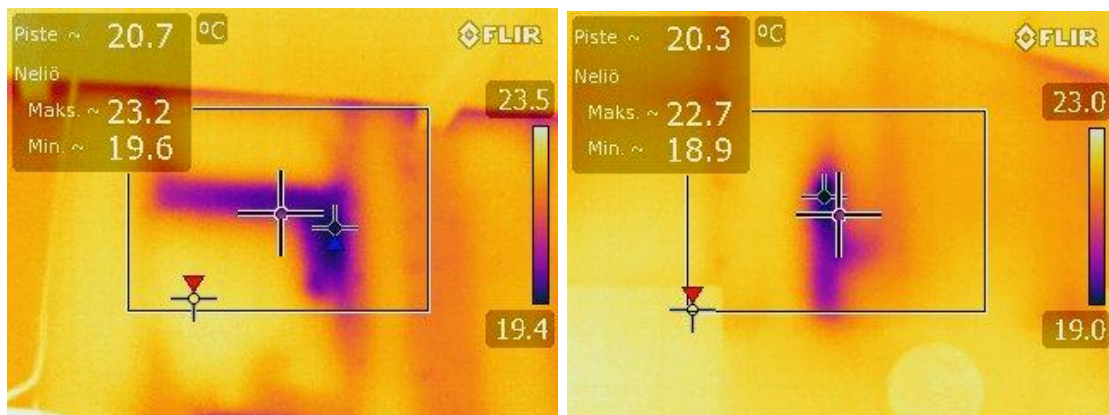
6 Lämpökuvaukset

Tilan 145 katon ilmapuotomittauksen kohdat erottuivat myös lämpökuvauksessa ilma- ja lämpövuotokohtina.



Kuvat 4 ja 5. Lämpökuvissa erottuvat metallikannakkeet ympäristöään viileämpinä kohtina. Näillä kohdilla on kuitenkin myös ilmapuotoja, jotka erottuvat kuvissa viuhkamaisina kuvioina viereisillä pinnoilla.

Tilassa 142 on viistokatto. Tilan käytäväseinä on yläreunastaan ulkotilojen korkeudella. Tämä seinäosa on ulkoseinä rakennetta. Tilan 142 ullakkotiloihin rajoittuvilla seinillä on kahdessa kohdassa eristeiden epäjatkuvuuskohtia. Näillä kohdilla seinäpinnoilla erottuu viileitä alueita, joissa seinärakenteen eritevilleissa on rakoja.



Kuvat 6 ja 7. Käytäväseinän lämpövuotokohta keittiökalusteiden kohdalla sekä toinen vuotokohta varastokomeron oven yläpuolella

7 Rakenneavaukset

Tilojen 145 ja 142 seinärakenteisiin tehtiin rakenneavauksia ja kosteusmittauksia. Rakennearvauksista on otettu mikrobien materiaalinäytteitä.

7.1 Tilan 145 väliseinä tilan 142 korotetun lattian suuntaan

Seinärakenteena on puurunkoinen ja molemmilta puolin kipsilevytetty väliseinä. Rakenteessa ei havaittu vauriojälkiä, eikä poikkeavaa hajua. Seinärakenne oli kuiva. Rakenteiden mikrobinäytteissä ei esiintynyt poikkeavaa.

Tilan 142 puolella korotetun lattian tuennassa on käytetty lekasoraharkkoja.



Kuvat 8 ja 9. Välisinätolppa ja kipsilevytys olivat vaurioitumattomia. Tilan 142 puolella on seinän vierustalla lekasoraharkko.

7.2 Tilan 145 ulkoseinä

Seinärakenteena on puurunkoinen kipsilevytetty ulkoseinä, jossa kipsilevyn alla on höyrynsulkumuovi. Rakenteessa ei havaittu vauriojälkiä, eikä poikkeavaa hajua. Seinärakenne oli kuiva. Rakenteiden mikrobinäytteissä ei esiintynyt poikkeavaa.

Seinärakenteen erite villan keskiosan suhteellinen kosteus oli 45,4 RH %, lämpötila 18,7 °C ja vesisisältö 7,3 g/m³. Tulokset ovat normaaleja talvikauden lukemia.



Kuva 10. Tilan 145 ulkoseinä rakenneavauskohta.

7.3 Tilan 142 väliseinän yläosan ullakkoon rajoittuva yläosan seinä

Tilan 142 väliseinät ovat alaosiltaan normaaleja väliseiniä, mutta yläreunoiltaan rajoittuessaan ullakkotiloihin ulkoseinärakenteita.

Seinärakenteena on puurunkoinen kipsilevytetty ulkoseinä, jossa kipsilevyn alla ei ole höyrynsulkumuovia. Rakenteessa ei havaittu vauriojälkiä, eikä poikkeavaa hajua. Seinärakenne oli kuiva. Rakenteiden mikrobinäytteissä ei esiintynyt poikkeavaa. Lämpökuvauksessa kohdalla oli runkotoipan vieressä lämpövuotoa.

Seinärakenne on virheellisesti tehty höyrysulun puuttuessa. Sen puuttumisesta ei ole aiheutunut seinärakenteeseen vaurioita.

Rakenneavauskohdassa on ullakon puolella välipohjakannakkeen naulalevyliitos.



Kuvat 11 ja 12. Tilan 142 varaston 139 yläpuolinen ullakkoon rajoittuva seinä.

7.4 Tilan 142 ulkoseinä

Seinärakenteena on puurunkoinen kipsilevytetty ulkoseinä, jossa kipsilevyn alla on höyrynsulkumuovi. Rakenteessa ei havaittu vauriojälkiä, eikä poikkeavaa hajua. Alaohjauspuu oli hyväkuntoista ja kirkasta puupintaa. Seinärakenne oli kuiva. Rakenteiden mikrobinäytteissä ei esiintynyt poikkeavaa.



Kuvat 13 ja 14. Tilan 142 ulkoseinärakenne.

8 Olosuhdemittaukset

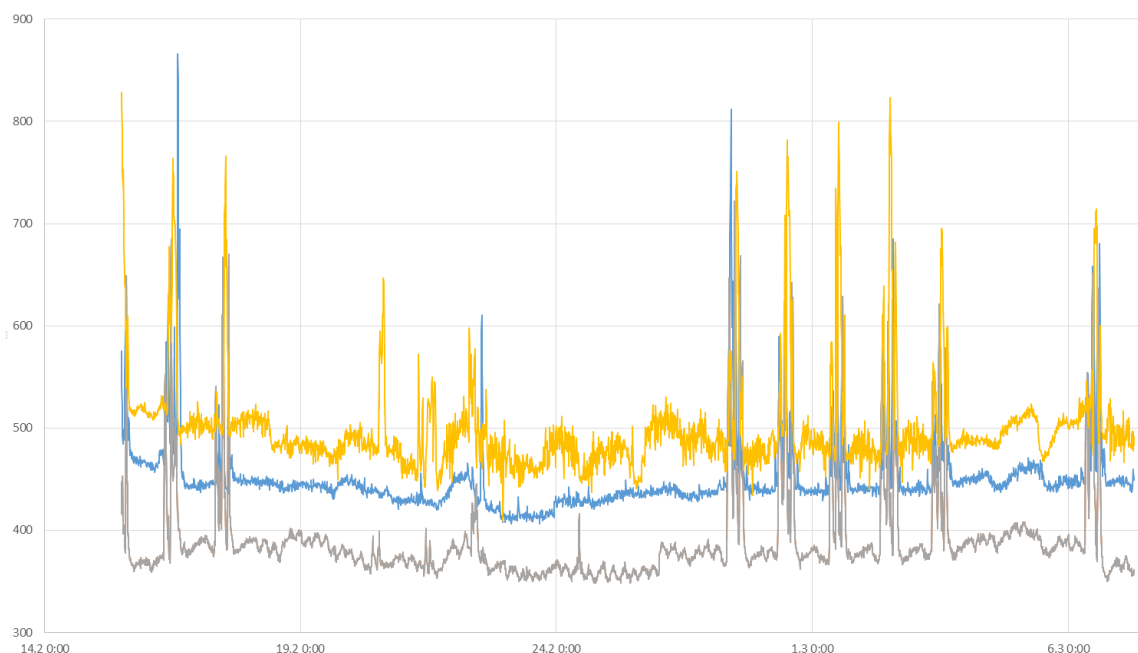
Kohteeseen tehtiin sisäilman hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan ja kosteuden sekä sisäilman ja ulkoilman välisen paine-eron seurantamittauksia kahden viikon seurantamittauksina. Mittaukset tehtiin tallentavilla mittalaitteilla, joissa tallennusväli oli 10 minuuttia. Mittaukset tehtiin 15.2 – 7.3.2017 välisenä aikana.

8.1 Hiilidioksidimittaus

Hiilidioksidin seurantamittauksen tulokset on esitetty taulukossa 6 ja kuvaajassa 1.

CO2	h 140	h 42	h 108	h 145
Maks	866	722	722	829
min	406	349	349	410
ka	450	390	390	500

Taulukko 6. Mittausjakson maksimi-, minimi- ja keskiarvotulokset.



Kuvaaja 1. Hiilidioksidin seurantamittauksen tulokset huonetoittain.

8.1.1 Hiilidioksidimittauksen tulosten tarkastelu

Mittautulosten alin mittauslukema oli 349 ppm. Asumisterveysasetuksen mukaisesti hiilidioksidin toimenpideraja on 1152 ppm + ulkoilmapitoisuus. Tutkimuksessa käytettiin ulkoilman vertailuarvona sisätilojen alinta mitattua tulosta. Toimenpideraja on näillä perusteilla 1499 ppm.

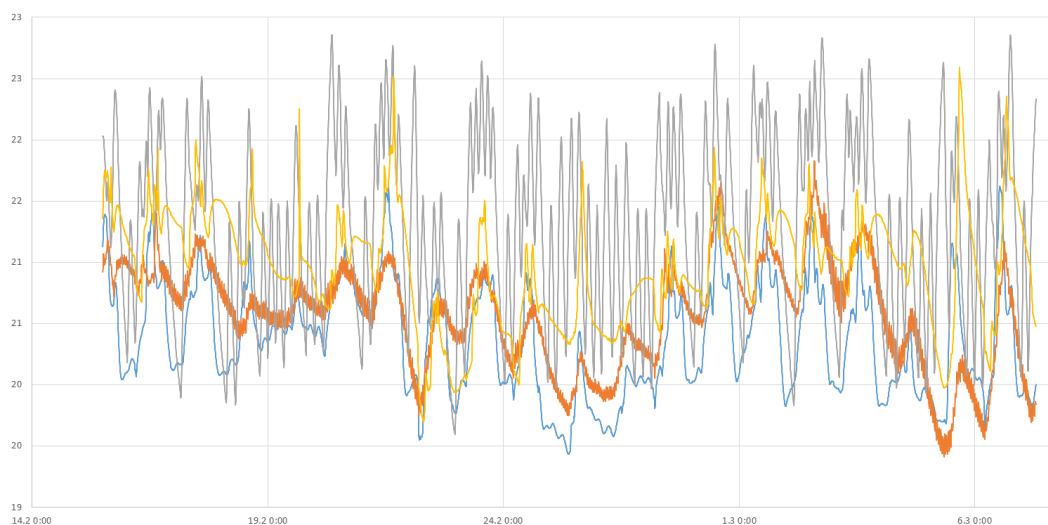
Mittautulosten perusteella 1499 ppm toimenpideraja ei ylittynyt. Korkein mitattu hiilidioksidin pitoisuus oli 866 ppm. Rakennuksen ilmanvaihto on riittävää poistamaan ihmisten toiminnasta syntyneen hiilidioksidin ja tiloissa mittautulosten perusteella ole liikaa henkilöitä.

8.2 Lämpötilan seurantamittaus

Lämpötilan seurantamittauksen tulokset on esitetty taulukossa 7 ja kuvaajassa 2.

C	h 145	h 140	h 142	h 108
maks	22	22	23	23
min	19	19	20	20
ka	20	21	21	21
ero	2	2	3	3

Taulukko 6. Mittausjakson maksimi-, minimi- ja keskiarvotulokset.



Kuvaaja 1. Lämpötilan seurantamittauksen tulokset huonetiloittain.

8.2.1 Lämpötilamittauksen tulosten tarkastelu

Tutkittujen tilojen lämpötila vaihteli välillä 19 – 23 °C. Lämpötila vaihteli päivittäin ti-loissa 2-3 °C.

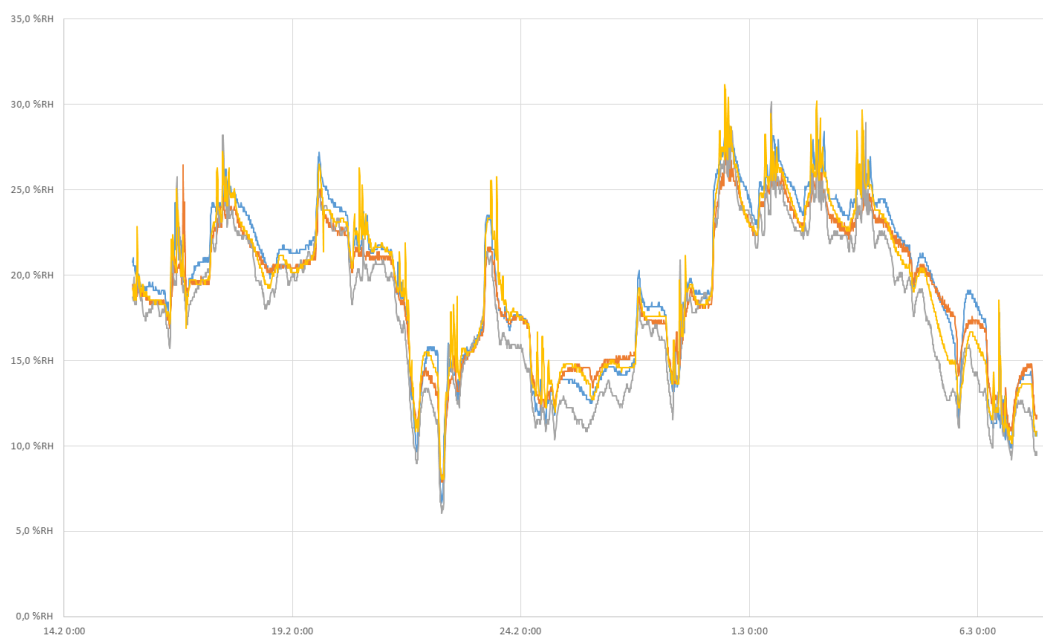
Tilassa 142 lämpötila vaihteli useita kertoja suuresti. Tähän vaikuttaa päiväkodeissa yleisesti käytetty päivittäinen ikkunatuuletus. Ikkunoiden avaamisen seurauksena sisätilojen lämpötila laskee hetkellisesti, kunnes lämmityksen termostaatit reagoivat lämpötilan alenemiseen ja alkavat yllämmittää tilaa hetkellisesti.

8.3 Suhteellisen kosteuden seurantamittaus

Suhteellisen kosteuden seurantamittauksen tulokset on esitetty taulukossa 8 ja kuvaajassa 3.

RH %	h 145	h 140	h 142	h 108
maks	29	27	30	31
min	7	8	6	8
ka	20	19	18	19

Taulukko 8. Mittausjakson maksimi-, minimi- ja keskiarvotulokset.



Kuvaaja 3. Sisäilman suhteellisen kosteuden mittaustulokset huonetiloittain.

8.3.1 Suhteellisen kosteuden tulosten tarkastelu

Kaikissa tutkituissa tiloissa muuttui sisäilman suhteellinen kosteus samanaikaisesti ja yhtä suurina muutoksina. Sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa suoraan ulkoilman lämpötila ja kosteusolosuhteet. Talvikaudella sisäilman suhteellinen kosteus on alahainen.

Mittauksissa suhteellinen kosteus vaihteli välillä 18 – 31 RH %.

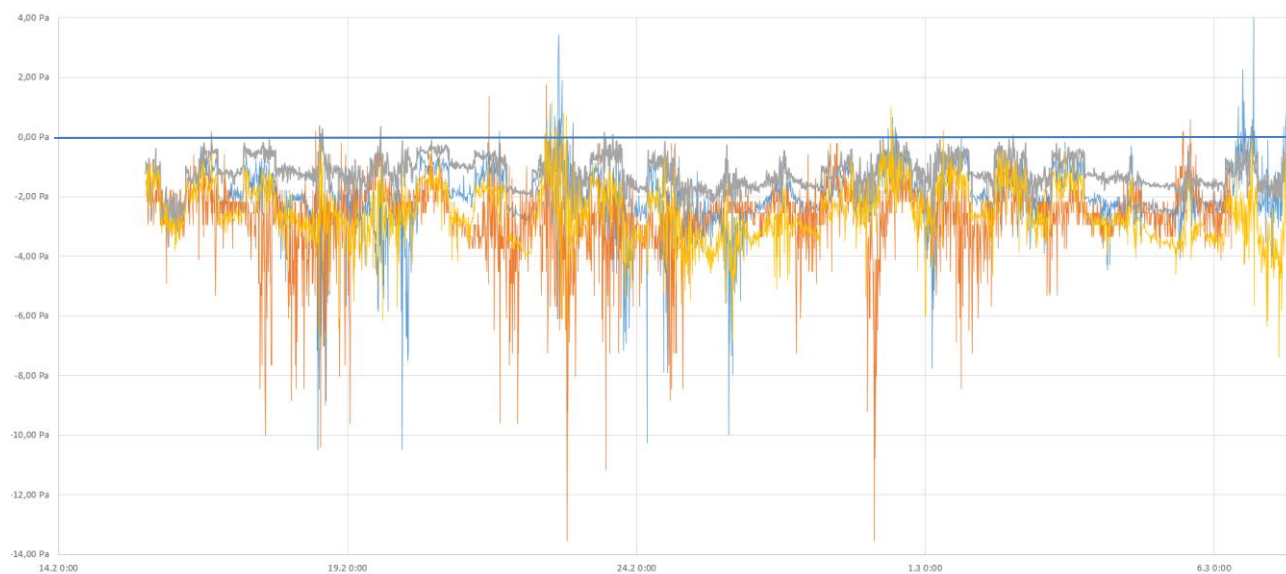
8.4 Paine-eron seurantamittaus

Paine-eromittauksessa paine-eroa mitattiin sisä- ja ulkotilojen välillä. Mittausanturi sijoitettiin ikkunapuitteiden väliin, jolloin ulkoilman tuuliolosuhteet eivät vaikuta mitaustuloksiin suuresti.

Paine-eron seurantamittauksen tulokset on esitetty taulukossa 9 ja kuvaajassa 4.

Pa	h 142	h 108	h 142	h 142
maks	4	2	1	1
min	-10	-14	-6	-7
ka	-2	-3	-1	-3

Taulukko 9. Mittausjakson maksimi-, minimi- ja keskiarvotulokset.



Kuvaaja 4. Paine-eromittauksen mittaustulokset huonetiloittain.

8.4.1 paine-eromittauksen tulosten tarkastelu

Paine-ero pysyy lähes koko mittausjakson lievästi alipaineisena. Paine-eroissa on useita eri ajankohtina tapahtuvia paine-eron vaihteluja, joissa alipaineisuus nousee suuresti hetkellisesti. Jyrkkiä paine-erovaihteluja on kaikissa mittapisteissä ja toisiinsa nähden eri aikoina. Paine-ero vaihteluihin vaikuttaa ovien ja ikkunoiden aukominen, ulkoilman tuuliolosuhteet sekä iv-laitteiston tehovaihtelut.

9 Muut havainnot

9.1 Ryömintätila

Ryömintätilassa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto kanavistoineen. Tuloilma jakaantuu tehokkaasti ja säädetysti ryömintätilan eri osastoihin. Poistoilmanvaihto on tehokasta. Alapohjan tuuletusta ohjaa erillinen Muntersin ilmanvaihto- ja kuivauslaitteisto.

Alapohjan maaperässä on sepelikerros. Sepeli on uivaa muutamaa yksittäistä kosteaa lanttiä lukuun ottamatta. Sepelikerroksen alla on maaperä.

Alapohjassa on entisen vesileikkihuoneen kohdalla yläpuolelta tulpattu ja mattopinnoitettu vanha lattiakaivon viemäriputki. Putken alla on jostain syystä märkä alue.



Kuva 15. Entisen vesileikkihuoneen tulpattu viemäriputki ja kostea sepeli sillä kohdin.

9.2 Toimistohuone 140

Tilassa oli selkeästi poikkeava puumainen hajua. Tilassa on useita vanhoja ja kulu-neita puukalusteita. Tilan kattoon on edellisen korjauksen yhteydessä asennettu MDF-paneeli, jonka haju oli selkeimmin aistittavissa tilassa.

Päiväkotiloissa tulee käyttää julkisiin tiloihin tarkoitettuna kalusteita, joissa on huomi-oitu materiaalipäästöt sekä paloturvallisuus ja puhdistettavuus.

10 Johtopäätökset

10.1 VOC mittaukset

VOC-yhdisteiden tulosten tulkinnan raja-arvoina käytetään yleisesti Työterveyslaitok-sen laatimia viitearvoja sisäympäristön ongelmien tunnistamisesta puhtaissa toimis-toympäristöissä. Viitearvot eivät siten koske asuintiloja, joissa kosteus- ja kulutusrasitus on suurempi tilojen jatkuvasta asumiskäytöstä.

Kemiallisten aineiden emimmäispitoisuuksista asuintilojen ja toimistotilojen sisäil-massa ei ole käytettävissä kansainvälisiä tai kotimaisia viranomaisstandardeja.

Lähes kaikista rakennusmateriaaleista vapautuu haihtuvia orgaanisia yhdisteitä si-säilmaan, myös täysin virheettömistä materiaaleista vapautuu näitä yhdisteitä. Vir-heettömien rakennusmateriaalien VOC -pitoisuudet pienenevät yleisesti ajan mit-taan.

Tehtyjen mittausten perusteella tutkituissa huonetiloissa oli haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) sisäilmassa ja mattopinnan kupunäytteissä tavanomaista tasoa. Selkeitä ja korkeita (yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yksittäisten yhdisteiden pitoi-suuksia ei ilmennyt. FLEC- ja BULK-materiaali VOC-näytteissä ja sisäilmanäytteissä oli kuitenkin useiden yhdisteiden kohdalla TTL viitearvojen ylityksiä. Tämä voi viitata mattopinnan emissioihin. Mattopintojen PUR -pinnoite on voinut kuluä käytössä, jol-loin maton runkokerroksesta pääsee sisäilmaan muovimaton kaasumaisia yhdis-teitä.

Mattopinnoitteissa käytetään nykyään pehmentimiä, joista vapautuu C9-C10-alkoholijä ja näiden epäillään aiheuttavan oireilua ihmisille. Keveitä hiiliyhdisteitä ei pienissä pitoisuuksissa saada kovin hyvin esille Tenax TA keräimillä.

10.2 Ilmavuotomittaus

Ilmavuotomittauksella selvitettiin rakennuksen ulkoseinien ja välipohjien ilmatiiveyttä. Ulkoseinien ilmavuotokohtien kautta kulkeutuu sisätiloihin ulkoseinärakenteen epäpuhtauksia ja hajuja. Epäpuhtauskohtien kautta kulkeutuvat ulkoilman epäpuhtaudet kerääntyvät ilmavuotokohtiin ja voivat muodostaa seinärakenteeseen paikallisia mikrobikasvustoja ja hajulähteitä, jotka pääsevät sitten sisätiloihin. Ilmanvaihdon alipaineisuus sekä tuuliolosuhteet lisäävät ilmavuotoja ulkoseinärakenteesta sisätiloihin.

Rakennuksen ryömintätilasta ei havaittu ilmavuotoja yläpuoleisiin päiväkodin tiloihin.

Tilan 145 katto on tiivistetty Blowerproof ilmatiivistyksellä. Kattopalkkien metalliosien kohdilla havaittiin ilmavuotokohtia.

10.3 Lämpökuvaukset

Lämpökuvauksella havaittiin yksittäisiä vielä viimeistelemättömiä ilmavuotokohtia tilan 145 katossa sekä tilan 142 ullakon vastaisissa seinissä yksittäisiä lämpövuotokohtia. Muissa kohdissa rakennusta ei havaittu ilma- tai lämpövuotokohtia.

10.4 Olosuhdemittaukset

Olosuhdemittausten perusteella rakennuksen sisäolosuhteissa ei ole korjaustarpeita.

Sisätilat ovat lievästi alipaineisia estäen sisäilman kosteuden kulkeutumisen ulkovaipparakenteisiin. Ulkovaipparakenteissa ei havaittu ilmavuotoja, joiden perusteella sisätilojen alipaineisuus olisi ongelmallista.

Lämpöolosuhteet vaihtelivat ikkunatuuletuksen seurauksen päivittäin 2-3 °C.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet olivat alle toimenpiderajan ja siten ilmanvaihto on riittävää poistamaan ihmisten toiminnasta aiheutuvan hiilidioksidin.

Rakennusvaustien ja mikrobinäytteiden perusteella rakennuksen rakenteissa ja materiaalipinnoilla ei mikrobivaurioita eikä selkeää vaurioriskiä.

10.5 Muut havainnot

Tilan 140 kalusteet ovat kuluneita, ikääntyneitä sekä huonokuntoisia. Tiloissa on paljon erilaisia kalusteita, jotka eivät ilmeisesti ole tarkoitettu toimistotilojen kalusteiksi, ja eivät välttämättä täytä turvallisuus ja puhdistettavuusvaatimuksia. Kalusteet voivat toimia epäpuhtaus ja hajulähteinä. Sisäministeriön ohjeiden mukaan sisusteiden paloturvallisuus jaetaan kolmeen syttymisherkkyysluokkaan. Julkisissa tiloissa suositellaan käytettävän niistä kahta (vaikeasti syttyvät ja tavanomaisesti syttyvät). Suositukset tulee ottaa huomioon tiloissa, joissa henkilökuntamäärä ja henkilöiden kunto ja liikkumismahdollisuudet asettavat erityisvaatimuksia palo- ja henkilöturvallisuudella. (VTT Rakennustekniikka, Sisusteiden paloturvallisuus, KH 60-00509, Sisusteiden paloturvallisuus. Julkiset tilat).

Nukkumahuoneissa on sänkykomerot sijoitettu kiinni ulkoseiniin siten, että petivaatteet ovat ulkoseinäpintaa vasten. Vaatteisiin muodostuu viileillä ulkoseinäpinnoille

hajuja jotka voivat aiheuttaa sisäilmahaittaa. Pahimmillaan ulkoseinän viileissä oloissa voi muodostua petivaatteisiin homekasvustoa ulkoseinäpinnan kondensoitumisriskin seurauksena tuulettumattomalla pinnalla.

Käyttäjätiedon mukaan katossa oleva sähkölämmitys on joissain tiloissa aiheuttanut hajuhaittoja. Ilmeisesti höyrynsulkumuovi voi aiheuttaa hajuhaittaa kattolämmityksen kohdilla sekä kohdissa joissa kattopintaan on tehty asennuksia, kuten asennettu akustiikkavillalevyjä.

10.6 Johtopäätösten yhteenveto

Rakennuksen ongelmalliseksi koetuissa tiloissa ei tutkimuksessa havaittu selkeitä syitä tai löydetty vauriorakenteita, jotta aiheuttaisivat koettuja sisäilmaongelmia. Sisäilman olosuhteet ovat kuitenkin monen osatekijöiden summa ja siihen vaikuttaa useat pienet yksityiskohdat, jotka yhdessä voivat aiheuttaa nykyiset sisäilmaongelman.

Selkeimpänä sisäilmariskinä ovat muovimatot ja niistä vapautuvat kaasumaiset yhdisteet. Vaikka Asumisterveysasetuksen raja-arvopitoisuudet eivät ylity, voi mattopinnoista vapautua yhdisteitä, jotka aiheuttavat koettuja sisäilmaongelmia.

11 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

VOC-mittausten useiden yksittäisten kaasumaisten yhdisteiden sekä vertailukohteen kokemusten perusteella suositellaan tilojen 145 ja 142 mattopinnoitteiden uusimista. Suositellaan GerFlorin muovimattoja, joista on tullut hyvin vähän valituksia verrattuna muihin mattoihin.

Kattopalkkien metalliosien kohdilla havaittiin ilmapuotokohtia, joissa tiivistystyö on viimeistelemättä. Tutkimuksen seurantamittauksen perusteella suositellaan kattotuolien metalliosien tiivistämistä MS polymeerimassoilla.

Lämpökuvauksen perusteella tilan 142 lämpöpuotokohdat ovat pinta-alailtaan pieniä ja niillä ei ole välitöntä korjaustarvetta. Suositeltavaa on kuitenkin korjata 1-3 vuoden sisällä.

Tilan 142 ullakkoa vasten olevassa seinässä ei ole höyrysulkua. Sen puuttumisesta ei ole aiheutunut rakenteellisia vaurioita ja siten siihen ei liity korjaustarvetta.

Suosittelaa tilan 140 kalusteiden uusimista julkisten tiloihin suunnitelluilla kalusteissa sekä MDF-paneelikaton uusimista puupaneelikatoksi.

Suosittelaa päiväkodin sänkykomeroiden irrottamista irti ulkoseinäpinnoista. Suositellaan sänkykomeroihin taustalevyjen asentamista.

Suosittelaa kattolämmityksestä luopumista ja tilalle asennettavan alhaisen pinta-lämpötilan omaavia sähköpattereita.

12 Tutkimusten taustatietoa

12.1 VOC-mittaukset

TVOC-alueesta tulee mahdollisuuksien mukaan tunnistaa ja kvantitoida vähintään 2/3. Tuloksen tulkinta VOC-näytteiden tulkintaohjeet ovat menetelmä-kohtaisia; saatuja tuloksia voidaan verrata saatavilla oleviin viitearvoihin vain, mikäli näytteenotto ja analyysi on tehty vastaavalla menetelmällä kuin viitearvojen pohjana oleva analyysi on tehty. Mm. asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) esitetyt viitearvot perustuvat edellä mainittujen standardien mukaisin menetelmin kerättyihin aineistoihin.

Sisäilman VOC-näytteiden tulosten tulkinnassa noin puolet asuntojen sisäilman VOC-yhdisteiden pitoisuuksista aiheutuu rakennusmateriaaleista ja puolet emittoituu huonekaluista, tekstiileistä, puhdistusaineista, kosmetiikasta sekä asukkaista ja kotieläimistä.

Vain muutamille VOC-yhdisteille on saatavilla sisäilmapitoisuuden viitearvoja. Asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) on esitetty asuintiloja koskevat, tolueenivasteella määritellyt toimenpiderajat VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle (TVOC, 400 µg/m³) sekä yksittäisten yhdisteiden osalta erikseen 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaa-nidiolodi-isobutyraatille (TXIB, 10 µg/m³), 2-etyyli-1-heksanolille (2-EH, 10 µg/m³), naftaleenille (10 µg/m³, hajua ei saa esiintyä) ja styreenille (40 µg/m³).

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016) on esitetty lisäksi, että uudempien muovimattojen kosteusvaurioitumiseen liittyvien C9-C10-alkoholien epäillään aiheuttavan oireilua ihmisille > 10–50 µg/m³ sisäilmapitoisuudessa.

Muiden yksittäisten yhdisteiden osalta toimenpideraja on 50 µg/m³, jonka ylittyessä tulee selvittää yhdisteen mahdollinen haitallisuus mitatussa pitoisuudessa.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016) mukaisesti toimivien laboratorioiden tulee raportoida asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) mainittujen yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet tolueenivasteella laskettuna, jolloin tulokset ovat suoraan verrattavissa toimenpideraja-arvoihin.

Toimistorakennuksissa VOC-pitoisuudet ovat useimmiten pienempiä kuin asuinrakennuksessa, johtuen mm. tehokkaammasta ilmanvaihdesta. Työterveyslaitos on esittänyt viitearvoja toimistoympäristöjen sisäilman VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle (TVOC, 250 µg/m³) sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksille (1–15 µg/m³ yhdisteryhmästä riippuen).

Koska sisäilman VOC-yhdisteet ja niiden terveysvaikutukset ovat osittain tuntemattomia, ja mittaukseen liittyy lukuisia epävarmuustekijöitä, ei pelkkien mittausten perusteella voi yleensä tehdä luotettavia päätelmiä sisäilman terveydellisestä laadusta.

VOC-pintaemissiot Mittaus- ja analyysimenetelmä Rakenteen pintaemissiot mitataan yleisimmin FLEC-laitteistolla (Field and Laboratory Emission Cell). Näytteenotossa on kiinnitettävä erityistä huomiota näytteenottopisteen valintaan, laitteen tiiveyteen (ulostulovirtauksen oltava vähintään 95 % sisääntulovirtauksesta)

näytteenoton aikana, ilmavirtaukseen ja näytteenotonvirtaukseen sekä tasapainotusaikaan ennen näytteenottoa. Mittaustulos ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu neliömetriltä tutkittavaa pintaa tunnissa).

Tulosten tulkinta VOC-yhdisteiden emissioiden tulosten tulkinnassa huomioidaan materiaalien ominaispäästöt eli primääriemissiot sekä mittaushetken olosuhteet. Tulosten tulkintaa helpottaa vertailunäytteidenotto vaurioitumattomaksi tiedetyltä alueelta erityisesti silloin, kun materiaalien primääriemissiot eivät ole tiedossa. Rakenteen emissioihin vaikuttavat kaikki sen eri komponentit eli runkorakenne, tasoite, liima, lattiapäällyste ja pinnoite, sekä olosuhdevaihtelut. Kenttäolosuhteissa mitataan usein merkittävästi korkeampia VOC-emissioita kuin yksittäisistä materiaaleista laboratorio-olosuhteissa. Esimerkiksi lattianpäällysteen asennuksessa käytetyn liiman vaikutus on selvästi nähtävissä VOC-yhdisteitä läpäisevillä lattiapäällysteillä (Järnström H., 2007). Lisäksi tutkittavassa rakenteessa saattaa olla myös muita haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, kuten öljyhiilivetystä tai PAH-yhdisteitä esimerkiksi vanhoista rakennusmateriaaleista tai öljyvahingoista johtuen.

FLEC-analyysin tulosta on suositeltavaa verrata samasta tilasta kerätyn sisäilman VOC-näytteen tulokseen sekä vaurioitumattomasta vertailukohdasta (tai ongelmattomasta tilasta) tehdyn FLEC-analyysin tulokseen. FLEC-näytteenotolla selvitetty emissionopeus voidaan muuntaa laskukaavan kautta huoneilman pitoisuudeksi, jos tiedossa on emittoiva pinta-ala, huoneen tilavuus ja ilmanvaihokerroin.

Laboratoriossa materiaalinäytteiden analysointiin käytetään mm. mikrokammiolaitteistoa (Micro-Chamber/Thermal Extractor, $\mu\text{-CTE}$). Tätä näytteenotto- ja analyysimenetelmää kutsutaan Bulk-materiaalinäytteeksi. Bulk-materiaalinäyte kuvaa tutkitavan rakenteen emissiopotentiaalia. Kohteesta irrotettuun materiaalinäytteeseen voi olla tutkitavan materiaalin lisäksi kiinnittynyt muitakin materiaaleja, kuten liimaa, tasoitetta, pohjustusainetta ja betonia, jotka vaikuttavat emissioihin. Mittauksessa mitään näytepalan pintaa ei peitetä, minkä vuoksi kyseinen analyysi kuvaa kaikilta näytteen pinnoilta vapautuvia yhdisteitä. Näytteeseen tulee myös runsaasti tuoretta leikkauspintaa, joka yleensä emittoi voimakkaasti. Materiaalinäyte ei siis kuvaa materiaalin todellista pintaemissiota huonetilaan päin. Todellinen emissio voidaan selvittää FLEC mittauksella ehjän materiaalin päältä. Bulk-analyysien tulokset ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ g (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia kuutiometriin ilmaa) tai $\mu\text{g}/\text{gh}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia tunnissa). Tuloksissa ilmoitetaan kunkin tunnistetun yhdisteen yksittäinen emissio sekä kaikkien analysoitujen VOC-yhdisteiden yhteenlaskettu emissio tolueeniekvivalenttina (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden emissiopitoisuudet, vastaavasti kuin sisäilman VOC-analyysin osalta on esitetty edellä.

Tulosten tulkinta Bulk-materiaalinäyteanalyysien tuloksia on suositeltavaa verrata samasta tilasta kerättyjen sisäilman VOC-analyysien ja FLEC-analyysien tuloksiin. Bulk-materiaalinäyteanalyysiä voidaan käyttää muiden mittaustulosten varmistamiseen sekä kartoittavana menetelmänä silloin, kun emissioiden erot ovat selkeät vaurio- ja vertailualueilla. Lisäksi materiaalinäytteestä saadaan esiin päällysteen/pinnoitteen alapinnasta emittoituvia ja/tai materiaalin sisällä olevia hitaasti poistuvia yhdisteitä, jotka eivät aina näy sisäilma- tai pintaemissiomittauksissa. Bulk-materiaalinäyteanalyysi ei ole toistettava mittausmenetelmä, koska näytteessä on aina eri määrä muitakin tutkittavaan materiaaliin kontaktissa olevia rakennusaineita, kuten liimaa, tasoitetta, pohjustusainetta ja betonia. Tuloksia ei voida verrata M1-materiaaliluokan testituloksiin.

Kohteesta irrotetulla materiaalinäytteellä voidaan saada viitteitä mahdollisesta materiaalin kemiallisesta vaurioitumisesta, mutta pelkästään materiaalinäytteiden perusteella ei voida määrittää korjaustarvetta. Tuloksen tarkastelun tueksi tarvitaan aina vähintään rakenneteknisiä tarkasteluja.

12.2 Teolliset mineraalikuidut

Teolliset mineraalikuidut on yleisnimi useille synteettisille aineille, joiden käyttö perustuu niiden kuitumaiseen rakenteeseen.

Toimistotyyppisissä rakennuksissa voi esiintyä teollisia mineraalikuituja, jotka ovat peräisin akustiikkalevyistä tai ilmanvaihtolaitteiden lämpö-, palo- ja äänieristeistä. Näissä tilanteissa ilman kuitupitoisuudet ovat yleensä alle 100 kuitua/m³, mutta pinnoille kerääntyneessä pölyssä karkeita mineraalikuituja voi olla runsaasti.

Teolliset mineraalikuidut aiheuttavat varsin yleisesti hengitysteiden, silmien ja ihon ärsytysoireita.

Toimistotyyppisten tilojen ohjearvo pinnoille laskeutuneille mineraalikuiduille on 1 kuitu/cm² (yli 20 mikrometrin pituiset kuidut).

Usein siivottujen huonepintojen kuitupitoisuuden pitäisi olla alle 0,2 kpl/cm² ja harvoin siivottujen alle 3 kpl/cm², jotta välttyttäisiin kuitujen aiheuttamilta ärsytysoireilta.

Jos harvoin siivottujen pintojen kuitupitoisuudet ovat yli 10 kpl/cm², on syytä ryhtyä toimenpiteisiin kuitujen määrän vähentämiseksi esimerkiksi lisäämällä siivoustiheyttä tai parantamalla siivousmenetelmiä.

Koska karkeat kuidut (halkaisijaltaan yli 3 µm) laskeutuvat varsin nopeasti, ovat huoneen eri pinnoille laskeutuneet kuidut merkittävämpi altistumisen lähde kuin ilmassa leijuvat kuidut. Ihmisten toiminta voi nostaa pinnalla olevan pölyn ja kuidut tilapäisesti ilmaan ja ylähengitysteihin. Pinnoilta kuidut tarttuvat helposti myös käsiin aiheuttaen ihoärsytystä ja käsistä ne voivat kulkeutua silmiin.

Kuitujen esiintymistä voidaan arvioida pinnoilta kerättävien laskeumanäytteiden avulla. Laskeumanäytteet voidaan ottaa teippinäytteillä, jolloin pöly kerätään geeliteippeihin. Teipiltä lasketaan stereomikroskoopilla yli 20 µm pituiset teolliset mineraalikuidut ja tulos ilmoitetaan yksikössä kpl/cm².

Teippinäytteet otetaan yleensä paikoista, jotka kuuluvat säännöllisen siivouksen piiriin. Harvoin siivottavilta pinnoilta voidaan ottaa kerääntymäkuitunäyte, joka kertoo kohdistuuko tilaan mineraalikuiturasitusta. Historiapinnalle ei ole raja-arvoa.

12.3 Paine-eromittaukset

Paine-eromittauksella tutkitaan rakennuksen ilmanvaihdon toimivuutta ja sen toiminta-aikoja sekä ulkovaipan epätiivelyskohtien vaikutusta sisäilman laadulle.

Alipaineen vallitessa huonetilasta poistetaan koneellisesti enemmän ilmaa kuin mitä sinne tuodaan. Tällöin osa korvausilmasta voi tulla ulkovaipan epätiivelyskohtien kautta ilmavuotoina. Rakenteiden kautta tuleva korvausilma ei ole puhdasta. Ulkovaipassa syntyvät epäpuhtaudet kulkeutuvat tällöin sisätiloihin.

Ylipaineen vallitessa sisäilman kosteus rasittaa ulkovaipparakenteita ja voi pitkääikäisesti aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ulkovaipparakenteisiin.

12.4 Sisäilman lämpötila

Lämpöviihtyvyyteen ja vedontunteeseen vaikuttavat erityisesti talvella pintojen ja sisäilman vaihtelevat lämpötilat. Lämpötilaerot koetaan helposti epämiellyttävänä vetona, johon ihmiset reagoivat varsin yksilöllisesti. Oireilua lisää yli 22 °C lämpötila. Oireina ilmenee yleensä paljaan ihon, silmien, nenän ja kurkun oireita, väsymystä ja päänsärkyä.

Työntekijät kokevat toimistoympäristön yleisimmiksi sisäilmaongelmiksi liian lämpimän tai kylmän huoneilman, pölyt sekä tunkkaisen ilman. Työtilat koetaan yleisesti aamuisin liian kylmiksi ja liian lämpimiksi iltapäivisin.

Kehon lämpötasapaino määrää sen, miten viihtyisäksi ihminen tuntee olonsa. Tasa-painolämpötilassa kehon aineenvaihdunnan tuottama energia on yhtä suuri kuin kehosta ympäristöön siirtyvä energia. Tällöin ihminen kokee lämpötilan sopivaksi. Henkilökohtaiset ominaisuudet ja työn fyysinen kuormittavuus määräävät tuotettavan energian määrän.

Keskimäärin sopivana pidetty lämpötila on talvella 20 - 22 °C. Tässäkin lämpötilassa 10-30% ihmisistä saattaa kokea olonsa epämukavaksi.

Lämpötilan tavoitearvot sisäilmastoluokittain on esitetty Sisäilmayhdistyksen Sisäilmastoluokituksessa

		Yksikkö	Sisäilmastoluokka Enimmäisarvot			Huom.
			S1	S2	S3	
Huonelämpötila*	Talvi	°C	(21–22)*	20–22	20–23	(I)
	Kesä		(23–24)*	23–26	22–27 (35)	***
Huonelämpötilan tilapäinen poikkeama asetusarvosta **		°C	± 0,5	± 1	± 2	(I)
Lämpötilaero pystysuunnassa		°C	2	3	4	(II)
Lattian pintalämpötila		°C	19–29	19–29	17–31	(III)
Ilman nopeus	Talvi (20 °C)	m/s	0,13	0,16	0,19	(IV)
	Talvi (21 °C)	m/s	0,14	0,17	0,20	
Ilman nopeus	Kesä (24 °C)	m/s	0,20	0,25	0,30	(IV)
Ilman suhteellinen kosteus	Talvi	%	25–45	–	–	(V)

12.5 Sisäilman suhteellisen kosteus

Sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa suoraan ulkoilman sääolosuhteet ja niiden muutokset. Talvikaudella ulkoilmassa on vähän kosteutta, mutta suuri suhteellinen kosteus.

Sisätiloihin ilmastoinnin mukana tuleva ulkoilman kosteussisältö ei muutu lämpötilan muuttuessa. Tällöin sisäilman suhteellinen kosteus laskee suuresti.

Kesäkaudella sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat ulkoilman olosuhteiden suuruiset, jollei sisäilmaan kohdistu kosteuslisää. Ihmisten toiminta lisää sisäilman kosteusolosuhteita hieman.

12.6 Mikrobimittaukset

Mikrobinäytteitä otetaan sisätiloista, kun rakennustekniseen selvitykseen, oirekyselyyn tai lääketieteellisiin tutkimuksiin perusteella rakennuksessa on arveltu esiintyvän poikkeavaa mikrobikasvua.

Mikrobinäytteiden perusteella ei kuitenkaan voida suoraan arvioida kosteusvaurioiden olemassa oloa sisätiloissa. Näytteillä ei vaurioita voida myöskään poissulkea. Mikrobinäytteitä on tarpeen ottaa rakennuksista kattavasti (useista huonetiloista, erilaisista rakenteista ja materiaalinpinnoilta).

Rakennusteknisten selvitysten osoittaessa rakenteiden vaurioita tai puutteita, voidaan mikrobinäytteiden perusteella arvioida kosteus- ja homevaurioiden laajuutta ja ikää. Kosteusvaurio voi olla vanha, ja se on jo voitu korjata, tällöin mikrobinäytteet eivät kuvasta kosteusvauriota vaan korjaustöiden vajaavaisuutta. Sisätiloihin on voinut jäädä homeitiöitä puutteellisen suojauksen ja siivouksen seurauksena.

Kosteusvauriorakennusten ja huonosti korjattujen tilojen tavanomaisesta poikkeava mikrobialtistus voi aiheuttaa silmä-ärsytystä, kurkun käheyttä ja ihon kutinaa epäpuhtauksien päästessä silmän sidekalvolle tai hengitysteihin ilman välityksellä.

Ikkunatuuletus ja ilmanvaihdon tehovaihtelut saavat mikrobi-itiöt liikkeelle sisäilmaan. Tasopinnoille on voinut kerääntyä pölyn lisäksi sisätiloille talvikaudella poikkeavia, ulkoa tulleita mikrobilajeja.

Ilmanäytteen avulla voidaan arvioida mikrobiologista altistusta esim. ammattitautiselvitysten yhteydessä. Ilmanäytteen avulla ei kuitenkaan voida tunnistaa mikrobi-lähdettä. Mikrobit pääsevät ilmaan joko pinnoilta tai materiaaleista. Pintanäytteen mikrobilajista kuvaa joko pinnalla esiintyvää mikrobikasvua tai ilmasta pinnalle siirtyneitä mikrobipartikkeleita. Pintanäytteiden avulla on mahdollista arvioida myös mikrobien siirtymistä lähteestä muihin tiloihin. Materiaalinäytteellä voidaan osoittaa kosteus- ja homevauriokohta rakenteissa. Yhdessä ilma- ja pintanäytteiden kanssa voidaan arvioida altistuslähde.

Mikrobien ilma-, pinta- ja materiaalinäytteiden mikrobitutkimuksilla voidaan epäsuorasti arvioida mahdollista altistumista mikrobien aineenvaihduntatuotteille. Rakennusvaurioiden arvioiminen edellyttää ilmanvaihdon ja rakenteiden toimivuuden ja sisätilojen olosuhteiden selvittämistä.

Sisäilmasta homeinäytteitä kannattaa yleensä ottaa vasta sitten, jos terveyshaitan aiheuttaja ei löydy rakennusteknisten tutkimusten avulla. Homeinäytteet otetaan nimenomaan siksi, että saataisiin varmuus tutkimusten jatkamisen mielekkyydestä. Homeiden ilmanäytteet kuvastavat tilannetta vain näytteenottohetken lyhyellä ajanjaksolla. Yhdessä materiaali- ja pintanäytteiden (historiapinnat ja 2 viikon laskeutumanäytteet) kanssa saadaan kokonaiskuva sisätilojen mikrobeista ja niiden lähteistä.

Työpaikkaselvityksissä homeinäytteiden ottaminen yhdessä muun sisäilmatutkimuksen kanssa on perusteltua henkilön terveyteen ja esim. työperäisen terveyshaitan todistamiseksi.

12.7 Sisäilman hiilidioksidi

Sisäilman kohonnut hiilidioksidipitoisuus (CO₂) on osoitus ilmanvaihdon riittämättömyydestä. Hiilidioksidipitoisuudelle ei ole erityistä terveydellistä ohjearvoa.

Sisätiloissa tärkein hiilidioksidin lähde on ihmisen hengitysilma. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus voidaan pitää ilmanvaihdon riittävyysmittarina. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus kuvastaa ilmanvaihdon riittävyttä suhteessa ihmisten aiheuttamaan kuormitukseen.

Korkea hiilidioksidipitoisuus sisäilmassa aiheuttaa tunkkaisuuden tunteen, väsymystä, päänsärkyä ja näiden seurauksena työtehon alenemisen.

Tyydyttävänä sisäilmantasona pidetään pitoisuutta alle 1500 ppm.

Jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus ylittää raja-arvon, ilmanvaihto ei ole terveydensuojelulain edellyttämällä tasolla.

Tyydyttävänä hiilidioksidipitoisuutena sisäilmassa voidaan pitää arvoa 1200 ppm.

Hiilidioksidin pitoisuus ulkoilmassa on noin 390 ppm.

Asumisterveysasetuksen mukaisesti hiilidioksidin toimenpideraja on 1152 ppm + ulkoilmapitoisuus.