

## YRTTITIEN PÄIVÄKOTI SISÄILMAN LAADUN TUTKIMUS



**Tutkimusraportti 975010**

10.12.2010

Sisällysluettelo

1. YHTEYSTIEDOT .....	3
2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA.....	4
2.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma .....	4
2.1.1 Tutkimusmenetelmä.....	4
2.1.2 Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi .....	5
2.1.3 Johtopäätös.....	8
3. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA .....	9
3.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC.....	9
3.1.1 Tutkimusmenetelmä.....	9
3.1.2 Tulostaulukko, FLEC -analyysi .....	10
3.1.3 Johtopäätös.....	12
4. MIKROBIANALYYSI.....	13
4.1 Materiaalinäyte, DNA-analyysi .....	13
4.1.1 Tutkimusmenetelmä.....	13
4.1.2 Tulos .....	13
4.1.3 Johtopäätös.....	14
4.1.4 Viitearvoja .....	14
4.1.5 Kirjallisuus .....	14
4.2 Materiaalinäyte, viljelyanalyysi .....	15
4.2.1 Tutkimusmenetelmä.....	15
4.2.2 Tulos .....	15
4.2.3 Johtopäätös.....	16
4.2.4 Viitearvoja .....	16
4.2.5 Kirjallisuus .....	16
5. MATERIAALIN EPÄPUHTAUDET .....	17
5.1 Mineraalivillakuidut tasopinnoilta.....	17
5.1.1 Tutkimusmenetelmä.....	17
5.1.2 Tulos .....	17
5.1.3 Johtopäätös.....	17
5.1.4 Viitearvoja .....	17
5.1.5 Kirjallisuus .....	17
6. ALLEKIRJOITUKSET .....	18

## 1. YHTEYSTIEDOT

<b>Tilaaaja</b>	Vantaan kaupunki tilakeskus, hankepalvelut, rakennuttaminen Jouni Räsänen Kielotie 13 01300 Vantaa
<b>Tutkimuskohde</b>	Yrttitien päiväkot Aniskuja 1 VANTAA
<b>Perustettu</b>	16.11.2010
<b>Laboratorio</b>	Ositum Oy Kiilakiventie 1 90250 OULU
<b>Yhteyshenkilö</b>	RI, toimialajohtaja, tutkimus Rauno Pakanen Gsm 050 468 0020
<b>Näytteenottaja</b>	Ositum Oy

## 2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA

### 2.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

#### 2.1.1 Tutkimusmenetelmä

Näytteiden keräyksessä on käytetty Ositum Oy:n SKC 222-3 tarkkuuspumppua, joka on kalibroitu yksilöllisesti analyysiputkityypille Bios International Defreder 520 tarkkuuskalibrointilaitteella. Tulokset perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään.

Suosittelava näytteenottoaika määrittyy käytetyn putkityypin sisältämien adsorbenttien ominaisuuksien perusteella. Suositeltavat näytteenottoajat on esitetty alla olevassa taulukossa. Näytteenottoajan merkittävä pidentäminen suositelluista näytteenottoajoista voi johtaa erittäin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden irtoamiseen adsorbentista näiden yhdisteiden kiinnipysymisajan lyhyden vuoksi. Näytteessä havaitut yhdisteet ja niiden pitoisuudet riippuvat käytetystä adsorbentista.

Näytteet on analysoitu standardien ISO 16000-6 ja SFS-EN 16017-1 mukaisesti käyttäen thermodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD/GC/MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä on käytetty cryo-tekniikkaa, jossa koloniuunin lähtölämpötila on laskettu +10 °C:een, tavanomaisesti analysointi aloitetaan lähtölämpötilasta +40 °C. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnia näytteiden sisältämien yhdisteiden tarkkaan erotteluun. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden tavanomaisissa sisälämpötilassa esiintyvien yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyyseistä.

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) on sisäilmanäytteestä analysoitujen yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet lasketaan vertaamalla niiden vastetta tolueenin vasteesta muodostettuun nollan kautta kulkevaan kalibraatio-suoraan (ns. tolueeniekvivalenttina). Menetelmällä voidaan mitata erittäin haihtuvia ja haihtuvia yhdisteitä kiehumispistealueella >0 - 260 °C. Yhdisteiden pitoisuudet ilmoitetaan mikrogrammoina yhtä kuutiometriä ilmaa kohden ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja niiden tunnistus tapahtuu vertaamalla niiden massaspektreihin Wiley7n-kirjaston mallimassaspektreihin.

Laboratoriossa suoritettavan analyysin analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa TVOC:lle on 35 % ja määrittämissä  $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  noin 3.5 l sisäilmanäytteelle. Muille tolueeniekvivalenttina määritetyille yksittäisille yhdisteille mittausepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

Analyysi on Asumisterveysoppaan (2009) mukainen. Asumisterveysoppaan kohdassa ”8.8.2 Lyhytaikaiseen näytteenottoon perustuva mittausmenetelmä” todetaan: ”Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittämiseksi voidaan ilmanäyte kerätä pumpulla myös muuhun adsorptiomateriaaliin (kuin Tenax TA). Tulosten tulkinta perustuu näytteestä tunnistettuihin yhdisteisiin ja niiden pitoisuuksiin.

Putkityyppi	Adsorbentti	Mitattujen yhdisteiden koko	Näytteenottoaika
1	Tenax TA	n-C7 - n-C26	120 min
2	Tenax TA/Carbograph 1TD	n-C5/6 - n-C20	25 min
3	Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000	n-C3/4 - n-C20	25 min
4	Tenax GR	n-C7-n-C30	120 min
5	Molecular Sieve 5Å	N2O (typpioksidi)	25 min
6	Carbosieve S111	n-C2 - n-C6	25 min

## 2.1.2 Tulostaulukko, VVOC/VOC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

	Näytteet 1-4, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	VO1. Minttujen nukkumahuone	µg/m <sup>3</sup>	3
2.	VO2. Sosiaalitila	µg/m <sup>3</sup>	3
3.	VO3. Neilikoiden nukkumahuone	µg/m <sup>3</sup>	3
4.	VO4. Keittiö	µg/m <sup>3</sup>	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4
<b>Aldehydit</b>					
	3-Metyyliibutanaali	<1		<1	
	Bentsaldehydi	1		1	<1
	Dekanaali	2	1	1	1
	Heksanaali	2	<1	1	
	Heptanaali	<1		<1	
	Nonanaali	2	1	2	1
	Oktanaali	<1			
	<b>Yhteensä</b>	7	2	5	2
<b>Alkaanit</b>					
	1-metoksi-2-metyyliibutanaali	<1			
	2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	<1			
	2,2-Dimetyyliheksaani				<1
	2,4-Dimetyyliheksaani	<1			
	2-Metyyliibutanaali	3	3	2	3
	2-Metyyliheksaani	<1	<1	<1	<1
	2-Metyylipentaani		<1	<1	<1
	3-etyyli-2,2-dimetyylipentaani		<1		
	3-Metyyliheksaani	1	<1	<1	<1
	3-Metyylipentaani	<1			
	Dekaani	<1			
	Dodekaani	1			
	Heksaani	<1	<1		<1
	Heptaani	1	<1	1	<1
	Metyylisykloheksaani	<1			
	Metyylisyklopentaani	<1			
	Pentaani		1	4	1
	Sykloheksaani	<1			
	Tetradekaani	<1			
	Undekaani	1	<1		
	<b>Yhteensä</b>	7	4	7	4
<b>Alkeenit</b>					
	1,3-Pentadieeni	2			
	cis-1,3-Pentadieeni		1		
	Isopreeni			1	
	<b>Yhteensä</b>	2	1	1	
<b>Alkoholit</b>					
	1-Metoksi-2-propanoli	1			

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4
	1-Propanoli	9			
	2-Etyyli-4-metyyli-1-pentanoli		<1		
	2-Etyyliheksanoli	2	1	1	1
	2-Metyyli-1-butanoli		<1		
	2-Metyyli-2-propanoli		2		
	3-Pentanoli	<1			
	Etanoli	16	37	5	6
	Isopropanoli	3			
	<b>Yhteensä</b>	31	40	6	7
<b>Amiinit</b>					
	Dimetyyliamiini				1
	<b>Yhteensä</b>				1
<b>Aromaattiset</b>					
	1,2,3-Trimetyyli-bentseeni		1		
	1,2,4-Trimetyyli-bentseeni	1	1		
	2-Etyytilueneeni				
	Bentseeni	1	1	1	1
	Etyyli-bentseeni	1	1	1	
	Ksyleeni				1
	m-Ksyleeni	1	1	1	
	o-Ksyleeni	1	1	1	1
	p-Ksyleeni	2	1	1	1
	Tolueneeni	4	3	3	2
	<b>Yhteensä</b>	11	10	8	6
<b>Atsoryhmät</b>					
	2-Metyylipiperatsiini		<1	<1	
	<b>Yhteensä</b>		<1	<1	
<b>Eetterit</b>					
	2-Etoksi-2-metyylipropaani	<1			
	<b>Yhteensä</b>	<1			
<b>Esterit</b>					
	Isobutyyliformiaatti	1			
	TXIB	38	4	23	9
	<b>Yhteensä</b>	39	4	23	9
<b>Halogenoidut</b>					
	1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani		<1	<1	
	Fluoritrikloorimetaani	1	2	1	2
	<b>Yhteensä</b>	1	2	1	2
<b>Ketonit</b>					
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni		<1		
	Asetoni	6	1		
	Dihydro-2(3-H)-furanoni		1		
	<b>Yhteensä</b>	6	2		
<b>Muut</b>					

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3	4
	Syklopentyyliasetyleeni			1	
	<b>Yhteensä</b>			1	
<b>Orgaaniset hapot</b>					
	Etikkahappo	1			
	<b>Yhteensä</b>	1			
<b>Terpeenit</b>					
	alfa-Pineeni	2	<1	1	<1
	delta-3-Kareeni	1			
	dl-Limoneeni	1	1	<1	<1
	<b>Yhteensä</b>	4	1	1	<1
<b>Tunnistamattomat</b>					
		2	3		1
<b>TVOC</b>		<b>111</b>	<b>69</b>	<b>53</b>	32

## Näytteet 1-4, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2	3	4
Aldehydit	7	2	5	2
Alkaanit	7	4	7	4
Alkeenit	2	1	1	
Alkoholit	31	40	6	7
Amiinit				1
Aromaattiset	11	10	8	6
Atsoryhmät		<1	<1	
Eetterit	<1			
Esterit	<b>39</b>	4	<b>23</b>	9
Halogenoidut	1	2	1	2
Ketonit	6	2		
Muut			1	
Orgaaniset hapot	1			
Terpeenit	4	1	1	<1
Tunnistamattomat	2	3		1
<b>TVOC</b>	<b>111</b>	<b>69</b>	<b>53</b>	32

## Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

Näyte	Yhdiste
-----	-----

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP, ylitykset näytteittäin. HTP –arvo ilmoittaa yhdisteen pitoisuuden, jotka työpaikoilla eivät saa ylittyä 8 tunnin tai 15 minuutin työskentelyn aikana. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

Näyte	8 h - mg/m <sup>3</sup>	15 min - mg/m <sup>3</sup>
-------	-------------------------	----------------------------

Ositum Oy	Betonimiehenkuja 4	Kiilakiventie 1	Maakuntakatu 29 - 31
www.ositum.fi	02150 Espoo	90250 Oulu	96200 Rovaniemi
Fax 010 425 2601	Puh 010 425 2610	Puh 010 425 2600	Puh 010 425 2612

-----	-----	-----
-------	-------	-------

Kirjallisuus (International Chemical Safety Cards (ICSC) 2007)

Yhdisteiden haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien, HTP/1000, ylitykset näytteittäin. HTP/1000 –arvon ylitys kertoo yhdisteen epätavallisen korkeasta pitoisuudesta asuintiloissa verrattuna tavanomaisena pidettyyn pitoisuuteen sisäilmassa. (HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet.)

Näyte	8 h - mg/m <sup>3</sup>	15 min - mg/m <sup>3</sup>
-----	-----	-----

Kirjallisuus (Kostiainen ja Nokelainen 1994)

### 2.1.3 Johtopäätös

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä Minttujen nukkumahuone, Sosiaalitila ja Keittiö epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin etanolia, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista.

Sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä Minttujen nukkumahuone, Neilikoiden nukkumahuone ja Keittiö epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin TXIB:tä, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista. Myös näytteessä Sosiaalitila havaittiin TXIB:tä, mutta ei viitearvoja ylittävää määrää.

Etanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä käytetään myös mm. desinfiointiaineissa. TXIB:tä vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kosteuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktioissa.

Kaikissa sisäilman VVOC ja VOC -näytteissä havaittiin myös 2-etyyliheksanolia. 2-etyyliheksanoli on kosteus- ja mikrobivauriota indikoiva yhdiste. Sitä saattaa myös emittoitua, irrota sisäilmaan, kosteuden vaurioittamista muovimatoista.



### 3. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, MATERIAALISTA

#### 3.1 VVOC ja VOC -yhdisteet, FLEC

##### 3.1.1 Tutkimusmenetelmä

Materiaalin emissionäytteiden ottoon käytetään näytteenottovälineitä, jotka eivät kontaminoi näytteitä. Muiden kuin Ositum Oy:n ottamista näytteistä vastaa tilaaja.

Materiaalien emissionäytteiden käsittely tapahtuu standardin ISO 16000-10 mukaan. Materiaalien emissiot määritetään ja ilmoitetaan joko pinta-alaa kohden tunnissa,  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ , tai painoa kohden tunnissa,  $\mu\text{g}/\text{g h}$ . Materiaalien pintaemissiot voidaan mitata joko laboratorioon toimitetusta näytteestä tai kohteessa paikanpäällä. Näytteenkeräyslaitteistolla, The Field and Laboratory Emission Cell (FLEC) FL-0001, kerätään haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VVOC ja VOC, adsorbentti-putkeen vakioidussa olosuhteissa.

Näytteen keräykseen käytetään kantokaasuna typpikaasua, 5.0-luokka, instrument-laatu, puhtausaste 99.999 % typpeä. Typpikaasu kostutetaan 50 % ilmankosteuteen ja sen virtausnopeus säädetään 150 ml minuutissa FLEC Air Control FL-1000-laitteella. Kostutetun typpikaasun virtausnopeus tarkistetaan Agilent Flow Tracker 2000-virtausmittarilla ennen FLEC-keräyskammiota. Näytteenotto aloitetaan, FLEC-keräyskammion saavutettua typpi-ilmakehän. Näytettä kerätään 500 ml, adsorbentti-putkeen käyttäen FL-1001 FLEC Air-pump 1001-terkkuuspumpua.

Näytteet on analysoitu standardien ISO 16000-6 ja SFS-EN 16017-1 mukaisesti käyttäen thermodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD/GC/MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä on käytetty cryo-tekniikkaa, jossa koloniuunin lähtölämpötila on laskettu  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ :een, tavanomaisesti analysointi aloitetaan lähtölämpötilasta  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnia näytteiden sisältämien yhdisteiden tarkkaan erotteluun. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän ja pitoisuuksien suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyyseistä.

TVOC on käytetystä putkityypistä mitattujen yhdisteiden yhteenlaskettupitoisuus tolueeniekvivalenttina. Kullakin putkityypillä mitataan yhdisteitä, joiden koko vastaa taulukossa olevaa suoraketjuisen yhdisteen kokoa ilmoitettuna hiiliatomien lukumääränä. Yksittäiset yhdisteet on tunnistettu Wiley7n-kirjastosta. Yhdisteiden pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenteina tai puhtaaseen vertailuaineeseen laskettuna.

Analyysimenetelmän mittaepävarmuus ilman näytteenottoa tolueenille (luottamusväli 95 %) on keskimäärin 17 % ja määrittäysraja on keskimäärin  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  3.5 litran näytteellä (n. 5 ng/näyte). Muille tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden mittaepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

Putkityyppi	Adsorbentti	Mitattujen yhdisteiden koko	Näytteenottoaika
1	Tenax TA	n-C7 - n-C26	30 min
2	Tenax TA/Carbograph 1TD	n-C5/6 - n-C20	30 min
3	Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000	n-C3/4 - n-C20	30 min
4	Tenax GR	n-C7-n-C30	30 min
5	Molecular Sieve 5Å	N2O (typpioksidi)	30 min
6	Carbosieve S111	n-C2 - n-C6	30 min

### 3.1.2 Tulostaulukko, FLEC -analyysi

VVOC/VOC -yhdisteiden pitoisuudet ja yksiköt on esitetty alla olevissa taulukoissa.

	Näytteet 1-3, yhdisteiden pitoisuudet	Yksikkö	Putkityyppi
1.	Lattiamatto minttujen lepohuone	ng/g h	3
2.	Lattiamatto neilikoiden lepohuone	ng/g h	3
3.	Lattiamatto keittiön viereinen huone	ng/g h	3

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
<b>Aldehydit</b>				
	Bentsaldehydi	8	10	7
	Butanaali	1		
	Dekanaali	3	7	3
	Heksanaali	1	2	3
	Heptanaali	1		
	Nonanaali	3	7	6
	Oktanaali	1	2	2
	Tetradekanaali			7
	<b>Yhteensä</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
<b>Alkaanit</b>				
	1,2,3-Trimetyylisykloheksaani	1		
	1-Metyylidekaliini			2
	2,6,10-Trimetyylidodekaani	2	3	5
	2,6-Dimetyylioktaani	2		
	2-Butyyli-1,1,3-trimetyylisykloheksaani	3	6	6
	2-Metyyli-trans-dekaliini			2
	Dodekaani	7	39	10
	Heksaani	3	4	4
	Pentadekaani	2		
	Syklotetradekaani			2
	Tetradekaani	3	6	3
	Tridekaani	4	32	3
	Undekaani	4	11	8
	<b>Yhteensä</b>	<b>31</b>	<b>101</b>	<b>45</b>
<b>Alkeenit</b>				
	1-Dekeeni			4
	<b>Yhteensä</b>			<b>4</b>
<b>Alkoholit</b>				
	1-Butanoli	9	19	11
	1-Heksakosanol		1	
	1-Propanoli		13	
	1-Tetradekanoli		5	
	2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli	11	59	198
	2-Etyyliheksanol	85	189	154
	2-Fenoksietanol	2	4	
	2-Metyyli-2-propanoli		1	3
	6-Metyyli-1-heptanol	1		
	Bentsyylialkoholi	25	30	19

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
	Etanoli	12	47	30
	Isopropanoli		4	
	<b>Yhteensä</b>	145	372	415
<b>Amiinit</b>				
	Dimetyyliamiini	2		
	<b>Yhteensä</b>	2		
<b>Aromaattiset</b>				
	1,2,4-Trimetyylibentseeni	1		
	Etyylibentseeni	1	1	
	p-Ksyleeni	1	1	1
	Styreeni	2		
	Tolueeni	1		3
	<b>Yhteensä</b>	6	2	4
<b>Atsoryhmät</b>				
	Dekahydro-1,2,4-metanoatsuleeni	4	10	8
	<b>Yhteensä</b>	4	10	8
<b>Esterit</b>				
	2-Metyylipropaanihapon 3-hydroksi-2,4,4-trimetyyli	1	2	29
	TXIB	629	2090	3458
	<b>Yhteensä</b>	630	2092	3487
<b>Halogenoidut</b>				
	Dikloorimetaani	11	11	15
	<b>Yhteensä</b>	11	11	15
<b>Ketonit</b>				
	2,4-Dimetyyli-3-pentanoni	3	8	6
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni	2	2	
	Asetoni	8	14	10
	Sykloheksanoni		1	
	<b>Yhteensä</b>	13	25	16
<b>Orgaaniset hapot</b>				
	Etikkahappo			3
	Isovoihappo			6
	<b>Yhteensä</b>			9
<b>Rikkiyhdisteet</b>				
	Rikkidioksidi	1		
	<b>Yhteensä</b>	1		
<b>Siloksaanit</b>				
	Trimetyylisilanoli	3	5	6
	<b>Yhteensä</b>	3	5	6
<b>Terpeenit</b>				
	alfa-Longipineeni	2	4	4
	alfa-Pineeni	2	3	2

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
	delta-3-Kareeni	1	1	1
	dl-Limoneeni		2	
	Longifoleeni	40	76	56
	<b>Yhteensä</b>	45	86	63
<b>Tunnistamattomat</b>				
		14	44	86
	<b>Yhteensä</b>	14	44	86
<b>TVOC</b>		923	2776	4186

Näytteet 1-3, ryhmien pitoisuudet

Ryhmä	1	2	3
Aldehydit	18	28	28
Alkaanit	31	101	45
Alkeenit			4
Alkoholit	145	372	415
Amiinit	2		
Aromaattiset	6	2	4
Atsoryhmät	4	10	8
Esterit	630	2092	3487
Halogenoidut	11	11	15
Ketonit	13	25	16
Orgaaniset hapot			9
Rikkiyhdisteet	1		
Siloksaanit	3	5	6
Terpeenit	45	86	63
Tunnistamattomat	14	44	86
TVOC	923	2776	4186

### 3.1.3 Johtopäätös

Kaikissa materiaalien FLEC-näytteissä epätavanomaisina pitoisuuksina havaittiin TXIB:tä, jonka pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista. Myös 2-etyyliheksanolin pitoisuudet ovat korkeat.

TXIB:tä vapautuu esimerkiksi sellaisenaan muovimatosta sekä kosteuden vaikutuksesta betonilaatan, liiman ja PVC-muovimaton välisissä reaktioissa.

## 4. MIKROBIANALYYSI

### 4.1 Materiaalinäyte, DNA-analyysi

#### 4.1.1 Tutkimusmenetelmä

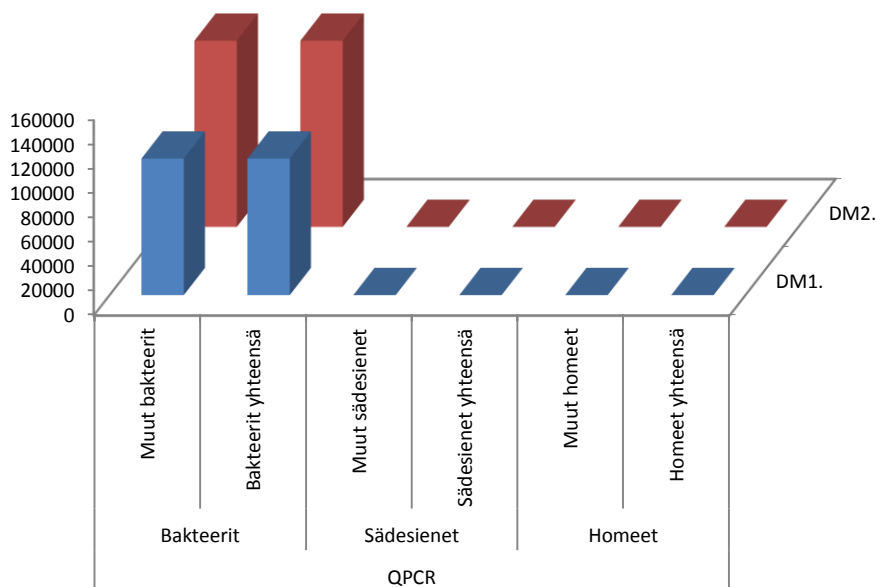
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen analysointi ja tulosten tulkinta on tehty Ositum Oy:n laboratorion sisäisen ohjeen mukaan.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista PCR-analyysia. QPCR-analyysi perustuu DNA:n monistukseen ja samanaikaisesti tapahtuvaan DNA:n määrän mittaukseen. Kaikkien eliöiden (eläimet, kasvit, sienet, bakteerit) lähes kaikki solut sisältävät kullekin lajille ominaisen DNA:n. Kunkin lajin DNA:ssa on emäsjaksoja, sekvenssejä, joita on vain kyseisessä lajissa tai lajiryhmässä. QPCR-analyysissä hyödynnetään kyseisiä jaksoja.

Näytteistä on punnittu tietty määrä materiaalia, joka on sekoitettu puskuriin mikrobien materiaalista irrottamiseksi. Näin saadusta suspensiosta on tehty DNA:n eristys ja puhdistus. DNA on analysoitu QPCR-menetelmällä. Tulos on ilmoitettu kappaletta grammassa tutkittavaa materiaalia (kpl/g).

Taulukossa esitetään havaintorajan ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat havaintorajan alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobien määrät ovat lihavoidut ja taustavärjätyt. Kohonneet, mutta viitearvot alittavat määrät, ovat lihavoidut. Mikäli näytteessä yhdenkin mikrobin (homeet, sädesienet ja muut bakteerit) määrä ylittää sille asetetun viitearvon, on näyte mikrobivaurioitunut.

#### 4.1.2 Tulos



Näytteet 1-2, määrittäysraja kpl/g

- |    |   |      |
|----|---|------|
| 1. | DM1. Minttujen lepohuone, lattiatasoite   | 2499 |
| 2. | DM2. Neilikoiden lepohuone, lattiatasoite | 2504 |

DNA	Analyysi	Mikrobilajit	1.	2.
QPCR	Bakteerit	Muut bakteerit	112070	152890
		Bakteerit yhteensä	112070	152890
	Sädesienet	Muut sädesienet		
		Sädesienet yhteensä		
	Homeet	Muut homeet		
		Homeet yhteensä		

#### 4.1.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteissä DM1 (Minttujen lepohuone, lattiatasoite) ja DM2 (Neilikoiden lepohuone, lattiatasoite) mikrobimateriaalinäytteen DNA-analyysin tulos ylittää viljelymenetelmälle asetetut viitearvot, mutta kuitenkin alittaa DNA-menetelmälle valitoidut viitearvot. Tällöin materiaali ei ole mikrobivaurioitunut.

#### 4.1.4 Viitearvoja

Viljelytekniikalla analysoidussa rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 10 000 kpl/g, bakteeripitoisuus 100 000 kpl/g tai sädesienipitoisuus 500 kpl/g. Kuolleet mikrobit (bakteerit, sädesienet, homeet) ovat yhtä haitallisia kuin elävät.

DNA -tekniikan validoinnin perusteella rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 5 000 kpl/g, bakteeripitoisuus 600 000 kpl/g tai sädesienipitoisuus 12 000 kpl/g.

Mikäli rakennusmateriaalinäytteen analyysin tulos ylittää viljelymenetelmän viitearvot, mutta alittaa DNA-menetelmälle valitoidut viitearvot, tulos ei tällöin viittaa mikrobivaurioon rakennusmateriaalissa.

#### 4.1.5 Kirjallisuus

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas (2005) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysiset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 2. korjattu painos (2008) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.

## 4.2 Materiaalinäyte, viljelyanalyysi

### 4.2.1 Tutkimusmenetelmä

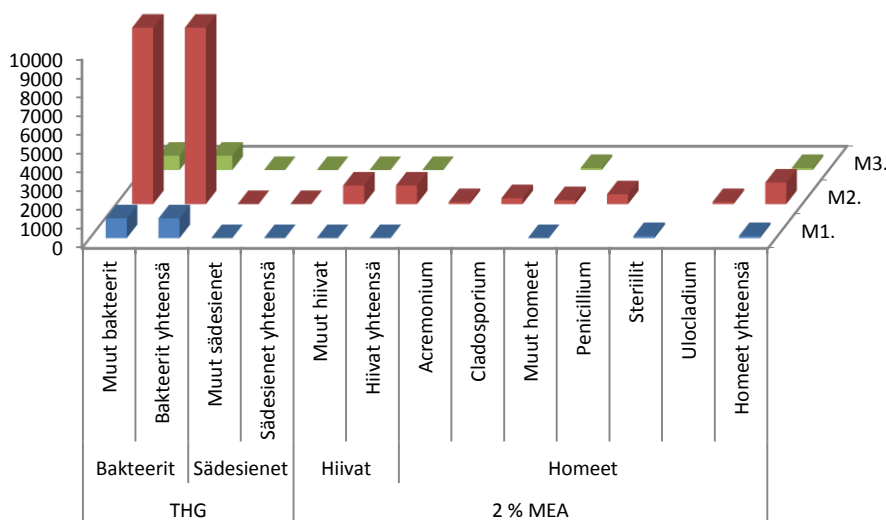
Materiaalinäytteistä on määritetty seuraavat mikrobit: homeet, hiivat, sädesienet (aktinomykeetit) ja muut bakteerit. Näytteen viljely ja tulosten tulkinta tehtiin STM Asumisterveysohjeen 2003 (STM:n oppaita 2003:1) ja Asumisterveysoppaan (2005, 2008) mukaisesti. Näytteiden viljelyssä on käytetty homeille ja hiivoille kahta kasvatusalustaa, 2% mallasuuteagarია (2% MEA) ja Dikloran-glyseroli-18-agarია (DG18), ja sädesienille ja muille bakteereille Tryptoni-hiivauute-agarია (THG).

Näytteistä on punnittu tietty määrä materiaalia, joka on sekoitettu puskuuriin mikrobien materiaalista irrottamiseksi. Näin saadusta suspensiosta on tehty laimennossarja, joka on maljattu kasvatusalustoille. Mikrobien pesäkkeet on laskettu ja homelajit ja sädesienet on tunnistettu valomikroskooppia käyttämällä. Homeet, hiivat ja muut bakteerit on määritetty ja laskettu 7 vuorokauden ja sädesienet 14 vuorokauden kasvatuksen jälkeen. Tulos on ilmoitettu pesäkkeitä muodostavina yksikköinä grammassa tutkittavaa materiaalia (cfu/g).

Taulukossa esitetään määritysrajan ylittävät tulokset. Taulukossa tyhjät solut tarkoittavat määritysrajan alittavaa tulosta. Taulukossa viitearvot ylittävät mikrobien määrät ovat lihavoidut ja taustavärjätetyt. Kohonneet, mutta viitearvot alittavat määrät, ovat lihavoidut. Mikäli näytteessä yhdenkin mikrobin (homeet, hiivat, sädesienet ja muut bakteerit) määrä ylittää sille asetetun viitearvon, on näyte mikrobivaurioitunut.

Mikäli rakennuksessa työskentelevillä tai muuten oleskelevillä on havaittu oireita ja heidän verestään on mitattu vasta-aineita tietyille homelajeille, voidaan materiaalinäytteistä löydetty homelajit tunnistaa DNA-analyysillä. Rakennuksen materiaaleissa havaittua lajistoa voidaan verrata verestä löydettyihin vasta-aineisiin jolloin voidaan todeta onko altistuminen tapahtunut kyseisessä rakennuksessa.

### 4.2.2 Tulos





Näytteet 1-3, määrittäysraja cfu/g

- |    |   |     |
|----|---|-----|
| 1. | M1. Ulkoseinäeriste, etelä                    | 105 |
| 2. | M2. Tilkevilla, alaohjauspuun alapinta, etelä | 104 |
| 3. | M3. Tilkevilla, alaohjauspuun alapinta, itä   | 108 |

Viljely	Analyysi	Mikrobilajit	1.	2.	3.
THG	Bakteerit	Muut bakteerit	1050	9361	759
		Bakteerit yhteensä	1050	9361	759
	Sädesienet	Muut sädesienet			
		Sädesienet yhteensä			
2 % MEA	Hiivat	Muut hiivat		984	
		Hiivat yhteensä		984	
	Homeet	Acremonium		104	
		Cladosporium		311	
		Muut homeet		207	108
		Penicillium		518	
		Steriilit	105		
		Ulocladium		104	
		Homeet yhteensä	105	1140	108

#### 4.2.3 Johtopäätös

Mikrobimateriaalinäytteissä M1 (Ulkoseinäeriste, etelä), M2 (Tilkevilla, alaohjauspuun alapinta, eriste) ja M3 (Tilkevilla, alaohjauspuun alapinta, itä) tulos on tavanomainen niin mikrobien lajiston kuin määrienkin suhteen.

#### 4.2.4 Viitearvoja

Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän kosteusvauriosta johtuvaa mikrobikasvustoa, kun näytteen homesienienpitoisuus ylittää 10 000 cfu/g, bakteeripitoisuus 100 000 cfu/g tai sädesienipitoisuus 500 cfu/g.

Mikrobivaurio voidaan todeta myös näytteen lajiston perusteella. Tiettyjen kosteusvaurioita indikoivien homesukujen ja lajien (mm. Stachybotrys, Chaetomium, Aspergillus fumigatus, Aspergillus versicolor) jo edellä mainittua vähäisempien pitoisuuksien voidaan katsoa olevan osoitus materiaalin mikrobivauriosta. Erityisesti, jos näyte sisältää useampaa kuin yhtä indikaattorimikrobia.

#### 4.2.5 Kirjallisuus

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas (2005) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 2. korjattu painos (2008) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.



## 5. MATERIAALIN EPÄPUHTAUDET

### 5.1 Mineraalivillakuidut tasopinnoilta

#### 5.1.1 Tutkimusmenetelmä

Tasopinnoille laskeutuneesta pölystä otettiin näyte ns. teippimenetelmällä. Menetelmässä pölyä kerättiin pinnalta kirkkaan teipin avulla, esimerkiksi Scotch Crystal-teippi. Teipistä irrotettiin noin 6-7 cm:n pituinen pala, joka painettiin tasopinnalle niin, että teippiin tarttui pinnalle laskeutunut pöly. Sen jälkeen teippi painettiin puhtaalle mikroskoopin aluslasille.

Pölyn koostumus tarkastettiin. Mineraalivillakuituanalyysi tehtiin valomikroskooppisesti. Mineraalivillakuidut tunnistettiin vertailemalla standardiaineisiin ja niiden määrä laskettiin.

Analyysin määrittäysraja on 0,17 kuitua/cm<sup>2</sup>.

#### 5.1.2 Tulos

Näyte	Selite	Kuitua/cm <sup>2</sup>
1	Minttujen nukkumahuone	< 0,17
2	Sos.tila	0,17
3	Neilikoiden nukkumahuone	0,17
4	Keittiö	< 0,17

#### 5.1.3 Johtopäätös

Mineraalivillakuitunäytteissä ei havaittu viitearvoja ylittäviä määriä mineraalivillakuituja (> 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>).

#### 5.1.4 Viitearvoja

Pintojen kahden viikon pölylaskeuman kuitutiheys tulisi olla alle 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>. Mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa silmien ja ihon ärsytysoireita. Mineraalivillakuitujen lähteitä voivat olla akustiikkalevyt tai ilmanvaihtolaitteiden lämpö- ja äänieristeet.

Ohjearvon ylittävissä pitoisuuksissa on suositeltavaa selvittää kuitulähteet ja mahdollisuudet niiden vähentämiseen.

#### 5.1.5 Kirjallisuus

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas (2005) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät (STM:n oppaita 2003:1) (2003) Sosiaali- ja terveysministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 2. korjattu painos (2008) Sosiaali- ja terveysministeriö. Vammalan Kirjapaino, Vammala.

Asumisterveysopas, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas, 3. korjattu painos (2009) Sosiaali- ja terveysministeriö. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2009.

## 6. ALLEKIRJOITUKSET

Tulokset, johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä raportissa esitetyt lausunnot koskevat vain tätä allekirjoitettua raporttia kokonaisuudessaan ja vain tähän raporttiin sisältyviä näytteitä.

Tuloksiin perustuvat johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä analyysiraportissa esitetyt tulkinnat pohjautuvat yleiseen asiantuntemukseen tulosten merkityksestä. Analyysien merkitystä on verrattava kohteesta tehtyihin havaintoihin ja muihin mittauksiin.

Mahdollisissa oikeuksissa käsiteltävissä tai muuten ratkaistavissa riitatapauksissa raportissa esitettyjä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tämän raportin lausuntoja ei saa käyttää, ennen kuin raporttia koskevat maksusaatat on suoritettu kokonaisuudessaan Ositum Oy:lle.

Raporttia ja sen sisältämiä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tässä raportissa esitettyjä lausuntoja ei saa käyttää todisteena missään oikeusasteissa ilman Ositum Oy:n kirjallista lupaa. Raportin saa kopioida ainoastaan kokonaisuutena. Osien kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

Ositum Oy vastaa antamastaan launnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Oulu 10.12.2010

Ositum Oy

Merja Mikkonen  
FT, toimialajohtaja, laboratoriot

Jakelu                      1 kpl tilaaja  
                                  1 kpl Ositum Oy:n arkisto