

**KIVISTÖN PÄIVÄKOTI  
SISÄILMAN LAADUN TUTKIMUKSIA**



**Analyysiraportti 1281012**

16.2.2012

Ositum Oy  
www.ositum.fi

Otakaari 12  
02150 Espoo  
Puh 010 425 2610

Hatanpääkatu 3  
33900 Tampere  
Puh 010 425 2614

Kiilakiventie 1  
90250 Oulu  
Puh 010 425 2600

1.	YHTEYSTIEDOT .....	3
2.	HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA.....	4
2.1	VVOC- ja VOC -yhdisteet, ilma .....	4
2.1.1	Analysointimenetelmä.....	4
2.1.2	Tulos VVOC ja VOC -yhdisteet.....	5
2.1.3	Yhdisteiden pitoisuudet.....	5
2.1.4	Yhdisteryhmien pitoisuudet.....	7
2.1.5	Johtopäätös.....	9
2.1.6	Viitearvoja .....	9
2.1.7	Kirjallisuus .....	11
3.	ALLEKIRJOITUKSET .....	12
4.	TULOKSET GRAAFISESTI.....	13

## 1. YHTEYSTIEDOT

<b>Tilaaaja</b>	Vantaan kaupunki Jouni Räsänen Kielotie 13 01300 Vantaa
<b>Tutkimuskohde</b>	Kivistön päiväkoti Moreenitie 39 01700 Vantaa
<b>Projektinumero</b>	1281012
<b>Perustettu</b>	6.2.2012
<b>Laboratorio</b>	Ositum Oy Otakaari 12 02150 ESPOO
<b>Analysoija</b>	Juhani Kronholm
<b>Raportoiija</b>	Juhani Kronholm
<b>Yhteyshenkilö</b>	RI, projektipäällikkö Juha Tuuli Gsm 044 537 9011 RI, tekninen johtaja Rauno Pakanen Gsm 050 468 0020
<b>Näytteenottaja</b>	Ositum Oy Juha Tuuli
<b>Näytteenottopäivä</b>	30.1. ja 2.2.2012

## 2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA

### 2.1 VVOC- ja VOC -yhdisteet, ilma

#### 2.1.1 Analysointimenetelmä

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

Suosittelava näytteenottoaika määrittäyty käytetyn putkityypin sisältämien adsorbenttien ominaisuuksien perusteella. Suositeltavat näytteenottoajat on esitetty näytteenotto-ohjeessa. 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 termodesorptiota ja kaasukromatografiaa, ilmaisimena on käytetty massaselektiivistä detektoria, Agilent TD-GC-MS-laitteistoa. Analyysimenetelmässä kolonniuunin lähtölämpötila on laskettu +10 °C:een. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metr in kolonnia, jotta näytteiden sisältämät yhdisteet saadaan eroteltua tarkasti. Käytetty tekniikka mahdollistaa hyvin keveiden tavanomaisissa sisälämpötilassa esiintyvien yhdisteiden havainnoinnin. Tällä menetelmällä saatu tulos poikkeaa havaittujen yhdisteiden lukumäärän suhteen muilla menetelmillä tehdyistä analyyseista.

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) on sisäilmanäytteestä analysoitujen yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet lasketaan vertaamalla niiden vastetta tolueenin vasteesta muodostettuun nollan kautta kulkevaan kalibraatiosuoraan (ns. tolueeniekvivalenttina). Menetelmällä voidaan mitata erittäin haihtuvia ja haihtuvia yhdisteitä kiehumispistealueella >0 – 260 °C. Yhdisteiden pitoisuudet ilmoitetaan mikrogrammoina yhtä kuutiometriä ilmaa kohden (µg/m<sup>3</sup>) ja niiden tunnistus tapahtuu vertaamalla niiden massaspektreihin Wiley- ja NIST-kirjastojen mallimassaspektreihin.

Analyyysi 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.

Laboratorioanalyysin mittausepävarmuus noin 3,5 litran sisäilmanäytteen kokonaispitoisuudelle (TVOC) on 35 % ja määrittäysraja on < 10 µg/m<sup>3</sup>. Muille tolueeniekvivalenttina määritetyille yksittäisille yhdisteille mittausepävarmuudet ovat yllä mainittuja suurempia, ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen. Yksittäisten yhdisteiden yli 100 µg/m<sup>3</sup>:n pitoisuudet ovat suuntaa-antavia. Alle 100 µg/m<sup>3</sup>:n TVOC on ilmoitettu yhden merkitsevä numeron ja yli 100 µg/m<sup>3</sup>:n TVOC kahden merkitsevän numeron tarkkuudella. Alle 30 µg/m<sup>3</sup>:n TVOC:illa näytettä ei voi tulkita luotettavasti.

ovat yllä mainittuja suurempia ja niiden pitoisuusmäärittäminen on semikvantitatiivinen.

Putkityyppi	Adsorbentti	Kerättyjen yhdisteiden koko	Vetoaika
7	Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen1003	n-C2/3 - n-C20	25 min

## 2.1.2 Tulos VVOC ja VOC -yhdisteet

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

	Näytteet 1-3 <sup>a</sup> , yhdisteiden pitoisuudet	Näytetilavuus dm <sup>3</sup>	Yksikkö	Putkityyppi <sup>b</sup>
1.	VO1. huone 102 (30.1.2012)	5,20	µg/m <sup>3</sup>	7
2.	VO2. huone 113 (2.2.2012)	5,61	µg/m <sup>3</sup>	7
3.	VO3. Kaislikon Pikkuhuone (2.2.2012)	6,33	µg/m <sup>3</sup>	7

<sup>a</sup> VO = ilmanäyte, FG = massaperusteinen materiaalinäyte, FM = pinta-alaperusteinen materiaalinäyte, BVO = BioVOC

<sup>b</sup> Tenax/Carbograph 1TD/Carboxen1000, kerättyjen yhdisteiden koko C<sub>3/4</sub> – C<sub>20</sub>

## 2.1.3 Yhdisteiden pitoisuudet

Pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenttina (µg/m<sup>3</sup>). Toteamisrajan ylittävät, mutta määräysrajan allittavat pitoisuudet on merkitty <1:llä. Lihavoidut ja harmaalla korostetut tulokset ylittävät 10 % kokonaispitoisuudesta (TVOC), 50 % yhdisteryhmän viitearvosta, tai tulos on yli kymmenkertainen normaalipitoisuuteen verrattuna. Tarkempi erittely on Johtopäätös-kappaleessa.

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
<b>Aldehydit</b>				
	Bentsaldehydi	2	1	1
	Dekanaali	<1	<1	<1
	Heksanaali		<1	<1
	Heptanaali		<1	<1
	Nonanaali	<1	3	3
	<b>Yhteensä</b>	3	5	6
<b>Alkaanit</b>				
	2,2,3,3-tetrametyylipentaani		<1	
	2,2,4,4,6,8,8-Heptametyylinonaani	<1	<1	
	2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	<1	4	<1
	2,2-Dimetyyliheksaani	<1	<1	<1
	2,3,3-Trimetyylipentaani		<1	
	2-Metylibutaani	<1	<1	1
	2-Metyylipentaani	<1	<1	<1
	3-Etyylipentaani	<1		
	3-Metyyliheksaani	<1		<1
	3-Metyylipentaani	<1	<1	<1
	Dekaani	<1		
	Dodekaani	<1	<1	<1
	Eikosaani		<1	
	Heksaani	<1	<1	<1
	Heptaani	<1	<1	<1
	Metyylisyklopentaani	<1	<1	<1
	Nonaani	<1	<1	
	Oktaani	<1	<1	<1
	Tetradekaani	<1		<1
	Undekaani	<1	<1	<1
	<b>Yhteensä</b>	5	8	4
<b>Alkeenit</b>				
	Isopreeni			<1

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
	<b>Yhteensä</b>			<1
<b>Alkoholit</b>				
	2-Metyyli-2-propanoli			2
	Bentsyylialkoholi	17	<1	1
	Etanoli	<1	6	23
	Isopropanoli		4	<1
	<b>Yhteensä</b>	17	12	27
<b>Aromaattiset</b>				
	1,2,3,4-Tetrametylibentseeni			<1
	1,2,4-Trimetylibentseeni	<1	<1	<1
	1,3,5-Trimetylibentseeni	<1	<1	
	1-Isopropenyli-4-metylibentseeni	<1		
	2-Etyylitolueeni	<1	<1	
	4-Etyylitolueeni		<1	
	Bentseeni	2	2	2
	Etylibentseeni	<1	<1	<1
	Metyyli-(1-metyylietenyyli)bentseeni			<1
	Naftaleeni	<1	<1	<1
	o-Ksyleeni	<1	<1	<1
	o-Symeeni	2	<1	1
	p-Ksyleeni	2	2	1
	Propyylibentseeni	<1	<1	
	p-Symeeni	<1		
	Styreeni	<1	<1	
	Tolueeni	2	2	1
	<b>Yhteensä</b>	11	9	7
<b>Atsoryhmät</b>				
	2-Metyylipiperatsiini	<1		<1
	<b>Yhteensä</b>	<1		<1
<b>Esterit</b>				
	2-Metyylipropaanin 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-m			29
	Butaanihapon 3-metylibutyyliesteri		<1	
	Butaanihapon butyyliesteri		<1	
	Butyyliasetaatti	<1		
	Etyylisasetaatti			<1
	<b>Yhteensä</b>	<1	<1	30
<b>Halogenoidut</b>				
	Fluoritrikloorimetaani			<1
	<b>Yhteensä</b>			<1
<b>Ketonit</b>				
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni		<1	<1
	Asetofenoni	<1	<1	
	Asetoni		2	3
	<b>Yhteensä</b>	<1	3	3
<b>Muut</b>				

Ryhmä	Yhdiste	1	2	3
	Syklopentyyliasetyleeni	<1		
	<b>Yhteensä</b>	<1		
<b>Rikkiyhdisteet</b>				
	Tiourea		<1	
	<b>Yhteensä</b>		<1	
<b>Terpeenit</b>				
	alfa-Pineeni	<1	<1	9
	beta-Pineeni			<1
	delta-3-Kareeni		<1	5
	dl-Limoneeni	2	<1	2
	Kamfeeni	<1		1
	Trisykleeni			<1
	<b>Yhteensä</b>	3	2	18
<b>Tunnistamattomat</b>				
	<b>Yhteensä</b>	5	5	1
<b>TVOC</b>		50	40	100

## 2.1.4 Yhdisteryhmien pitoisuudet

Pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenttina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lihavoidut ja harmaalla korostetut tulokset ylittävät yhdisteryhmän kokonaispitoisuuden viitearvon. Tarkempi erittely on Johtopäätös-kappaleessa.

Ryhmä	1	2	3
Aldehydit	3	5	6
Alkaanit	5	8	4
Alkeenit			<1
Alkoholit	17	12	27
Aromaattiset	11	9	7
Atsoryhmät	<1		<1
Esterit	<1	<1	<b>30</b>
Halogenoidut			<1
Ketonit	<1	3	3
Muut	<1		
Rikkiyhdisteet		<1	
Terpeenit	3	2	18
Tunnistamattomat	5	5	1
TVOC	50	40	100

Yhdisteiden hajukynnysylitykset näytteittäin.

Ryhmä	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>
-----	-----	-----

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)



## 2.1.5 Johtopäätös

Sisäilman VVOC- ja VOC-näytteessä 1 havaittiin epätavanomaisena pitoisuutena bentsyylialkoholia. Sen pitoisuus ylitti 10 % kokonaispitoisuudesta (TVOC).

Sisäilman VVOC- ja VOC-näytteessä 2 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia ja isopropanolia. Näiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista (TVOC).

Sisäilman VVOC- ja VOC-näytteessä 3 havaittiin epätavanomaisina pitoisuuksina etanolia ja 2-metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propanidiyyliesteriä. Näiden pitoisuudet ylittivät 10 % kokonaispitoisuuksista (TVOC).

Alkoholeihin kuuluvia bentsyylialkoholia, etanolia ja isopropanolia vapautuu mm. desinfiointi- ja siivousaineista. Etanoli ja isopropanoli ovat myös kosteus- ja mikrobivaurioita indikoivia yhdisteitä. Ylityksestä johtuen ei voida sulkea pois mahdollisuutta mikrobi- tai kosteusvaurion olemassaolosta. 2-metyylipropanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propanidiyyli-esteriä vapautuu mm. PVC-muovista.

Kaikissa näytteissä havaittiin hieman naftaleiinia. Se on yksi PAH-yhdiste (PAH = polyaromaattinen hiilivety), joita on runsaasti esimerkiksi vanhoissa rakennuksissa kosteudeneristeenä käytetyssä kivihiilipiessä. PAH-yhdisteitä syntyy myös epätäydellisen palamisen tuloksena, joten niitä on usein liikenteen ja teollisuuden päästöissä.

## 2.1.6 Viitearvoja

Yhdisteiden viitearvoja, hajukynnys ja normaalipitoisuusarvot on esitetty  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja HTP -arvot on esitetty  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 1 mg = 1000  $\mu\text{g}$ .

Ryhmä	Yhdiste	Hajukynnys ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Normaalipitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8 h - $\text{mg}/\text{m}^3$	15 min - $\text{mg}/\text{m}^3$
Aldehydit	Bentsaldehydi	180	1.7		
	Heksanaali	55	11.5		
	Nonanaali	13	5.0		
	Dekanaali	650			
Alkaanit	Heksaani	470000		72	
	Heptaani	40600	3.2	1200	2100
	Oktaani	27300	1.5	1400	1800
	Nonaani	6700	1.2	1100	1300
	Dekaani		4.3		
	Undekaani		4.5		
	Dodekaani		1.9		
	Tetradekaani		1.2		
Alkoholit	Etanoli	55000		1900	2500
	Isopropanoli	1100		500	620
	2-Metyyli-2-propanoli	66100		150	230
Aromaattiset	Styreeni	75	0.8	86	430
	Bentseeni	28000	1.6	3.25	
	Tolueeni	11100	14.4	190	380

Ryhmä	Yhdiste	Hajukynnys ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Normaalipitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8 h - $\text{mg}/\text{m}^3$	15 min - $\text{mg}/\text{m}^3$
	Etyylibentseeni	10100	2.0	220	880
	Propyylibentseeni		1.1		
	o-Ksyleeni	4900	1.5	220	440
	p-Ksyleeni	4900	5.1	220	440
	1,3,5-Trimetyylibentseeni		1.4	100	
	Naftaleeni	80	0.2	53	110
Esterit	Butyyliasetaatti	30	4.1	720	960
	Etyyliasettaatti	2230		1100	1800
Halogenoidut	Fluoritrikloorimetaani	92900		5600	7000
Ketonit	Asetofenoni	1810		25	
	6-Metyyli-5-hepten-2-oni		1.6		
	Asetoni	31500		1200	1500
Terpeenit	alfa-Pineeni	700	7.7		
	dl-Limoneeni	2400	13.5		
	delta-3-Kareeni		6.0		

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteryhmien yhteenlaskettujen kokonaispitoisuuksien laadullisia viitearvoja.

Ryhmä	Viitearvoja	Oirearvoja
Aldehydit	20	
Alkaanit	100	
Aromaattiset	50	1000
Esterit	20	
Halogenoidut	30	
Muut	50	
Terpeenit	30	

Kirjallisuus (Wallace 1986, Seifert 1990)

Yhdisteiden yhteenlaskettujen pitoisuuksien, TVOC, yleisiä seuraamuksia.

TVOC	Yhdisteiden kokonaispitoisuudelle raportoituja seurauksia
600-3000	saattaa esiintyä oireita
3000-25000	aiheuttaa epämiellyttävän olon
>25000	aiheuttaa myrkytysoireita

Kirjallisuus (Molhave 1990)

## 2.1.7 Kirjallisuus

International Chemical Safety Cards (ICSC) (2007) The International Programme on Chemical Safety (IPCS) joint programme of the United Nations Environment Programme (UNEP), the International Labour Office (ILO) and the World Health Organization (WHO). Cited January 24th 2007 from: <http://www.who.int/ipcs/publications/icsc/en/index.html>

Kostiainen R, Nokelainen S & Ahonen S (1994) Haihtuvat Orgaaniset Yhdisteet Huoneilmassa. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 13/94, Helsinki.

Molhave L (1990) Volatile organic compounds, indoor air quality and health. Teoksessa: Walkinshaw, D.S. (ed) Indoor Air '90, Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, 5: 15-33.

Seifert B (1990) Regulating indoor air. Teoksessa: Walkinshaw, D.S. (ed) Indoor Air '90, Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, 5: 35-49.

Sisäilmastoluokitus 2000, Sisäilmayhdistys julkaisu 5 (2001) Sisäilmayhdistys ry, Rakennustietosäätiö, Suomen Arkkitehtiliitto SAFA, Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ja Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen Liitto SKOL. Kirjapaino Verbi, Espoo.

Wallace LA (1986) An overview of the total exposure assessment methodology (TEAM) study. Summary and analysis, Vol. 1. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

### 3. 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 maksusaatatavat 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 lausunnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Espoo 16.2.2012

Ositum Oy



Juhani Kronholm  
FT, kemisti

Jakelu                      1 kpl tilaaja  
                                  1 kpl Ositum Oy:n arkisto

## 4. TULOKSET GRAAFISESTI

### VVOC ja VOC -yhdisteet

