

**JOKIVARREN KOULU**  
**SISÄILMAN VVOC- JA VOC-ANALYYSI**



**Analyysiraportti 1270012**

31.1.2012



Ositum Oy:n kemian laboratorion Oulun ja Espoon toimipisteet ovat akkreditoituja testauslaboratorioita T261 (FINAS-akkreditointipalvelu, (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005). Akkreditointi kattaa sisäilman VVOC- ja VOC-analyysin kokonaispitoisuuden (TVOC).

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, ilma.....	5
2.1.3 Johtopäätös.....	7
2.1.4 Viitearvoja .....	7
2.1.5 Kirjallisuus.....	8
3. ALLEKIRJOITUKSET .....	9
4. TULOKSET GRAAFISESTI.....	10

## 1. YHTEYSTIEDOT

<b>Tilaaaja</b>	Vantaan kaupunki Ulla Lignell Kielotie 13 01300 Vantaa
<b>Tutkimuskohde</b>	Jokivarren koulu Sorvatie 16 Vantaa
<b>Projektinumero</b>	1270012
<b>Perustettu</b>	25.1.2012
<b>Laboratorio</b>	Ositum Oy Otakaari 12 02150 ESPOO
<b>Yhteyshenkilö</b>	TKT, kemisti Pekka Aittala Gsm +358 44 537 9016
<b>Näytteenottaja</b>	Juha Tuuli
<b>Vastaanotettu</b>	18.1.2012
<b>Näytteenottopäivä</b>	17.1.2012

## 2. HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET, ILMASTA

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

#### 2.1.1 Analysointimenetelmä

Näytteiden keräyksessä on käytetty Ositum Oy:n Gilian LFS-113DC tarkkuuspumppua, joka on kalibroitu yksilöllisesti analyysiputkityypille Bios International Defreder 520 tarkkuuskalibrointilaitteella. Tulokset perustuvat laboratorioille ilmoitettuun keräysaikaan.

Suosittelava näytteenottoaika määrittyy 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 lyhyiden 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 kolonniunin lähtölämpötila on laskettu +10 °C:een. Analyysissa käytetään erityispitkää 60 metrin kolonnaa, 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 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 kalibraatiosuoraan (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 massaspektriä Wiley- ja NIST-kirjastojen mallimassaspektreihin.

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.

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

Putkityyppi	Adsorbentti	Kerättyjen yhdisteiden koko	Vetoaika
3	Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen1000	n-C3/4 - n-C20	25 min

## 2.1.2 Tulos VVOC- ja VOC-yhdisteet, ilma

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

	Näytteet 1-1, yhdisteiden pitoisuudet	Näytteenottoaika	Näytetilavuus	Yksikkö	Putkityyppi
1.	VO1. LUOKKA 1206	25,40 min	4,99 dm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	3

Pitoisuudet on ilmoitettu tolueeniekvivalenttina (µg/m<sup>3</sup>). Toteamisrajan ylittävät, mutta määrittämissä alittavat 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
<b>Alkaanit</b>		
	2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	<1
	2-Metyylibutaani	<1
	2-Metyylipentaani	<1
	3-Metyyliheksaani	<1
	3-Metyylipentaani	<1
	Butaani	1
	Heksaani	<1
	Heneikosaani	<1
	Heptaani	<1
	Metyylisyklopentaani	<1
	Nonaani	<1
	Tetradekaani	<1
	Undekaani	<1
	<b>Yhteensä</b>	5
<b>Alkeenit</b>		
	2-Metyylipropeni	<1
	Isopreeni	<1
	<b>Yhteensä</b>	1
<b>Alkoholit</b>		
	Etanoli	<1
	<b>Yhteensä</b>	<1
<b>Aromaattiset</b>		
	1,2,4-Trimetyylibentseeni	<1
	1,3,5-Trimetyylibentseeni	<1
	Etyylibentseeni	<1
	Isopropyylibentseeni	<1
	Naftaleeni	<1
	o-Ksyleeni	<1
	p-Ksyleeni	1
	Styreeni	<1
	Tolueeni	2
	<b>Yhteensä</b>	5
<b>Esterit</b>		
	Butyliasetaatti	<1
	Etyliasetaatti	<1

Ryhmä	Yhdiste	1
	iso-Pentyyliasettaatti	<1
	<b>Yhteensä</b>	<1
<b>Halogenoidut</b>		
	1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaani	<1
	Fluoritrikloorimetaani	<1
	<b>Yhteensä</b>	1
<b>Terpeenit</b>		
	alfa-Pineeni	<1
	dl-Limoneeni	<1
	<b>Yhteensä</b>	<1
<b>Tunnistamattomat</b>		
	<b>Yhteensä</b>	9
<b>TVOC*</b>		20

#### Näytteet 1-1, ryhmien 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
Alkaanit	5
Alkeenit	1
Alkoholit	<1
Aromaattiset	5
Esterit	<1
Halogenoidut	1
Terpeenit	<1
Tunnistamattomat	9
TVOC*	20

\* Ositum Oy:n kemian laboratorion Oulun ja Espoon toimipisteet ovat akkreditoituja testauslaboratorioita T261 (FINAS-akkreditointipalvelu, (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005). Akkreditointi kattaa sisäilman VVOC- ja VOC-analyysin kokonaispitoisuuden (TVOC).

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 - $\text{mg}/\text{m}^3$	15 min - $\text{mg}/\text{m}^3$
-----	-----	-----

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-analyysinäytteessä yhdisteiden lukumäärä ja yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet ovat niin pieniä, ettei näytettä voi tulkita luotettavasti.

Alhaiset pitoisuudet voivat johtua tuuletuksesta tai voimakkaasta ilmanvaihdesta.

### 2.1.4 Viitearvoja

Yhdisteiden viitearvoja, hajukynnys ja normaalipitoisuusarvot on esitetty µg/m<sup>3</sup> ja HTP –arvot on esitetty mg/m<sup>3</sup>, 1 mg = 1000 µg.

Ryhmä	Yhdiste	Hajukynnys (µg/m <sup>3</sup> )	Normaalipitoisuus (µg/m <sup>3</sup> )	8 h - mg/m <sup>3</sup>	15 min - mg/m <sup>3</sup>
Alkaanit	Butaani	6300000		1900	2400
	Heksaani	470000		72	
	Heptaani	40600	3.2	1200	2100
	Nonaani	6700	1.2	1100	1300
	Undekaani		4.5		
	Tetradekaani		1.2		
Alkoholit	Etanoli	55000		1900	2500
Aromaattiset	Isopropylibentseeni	120		100	250
	Styreeni	75	0.8	86	430
	Tolueneeni	11100	14.4	190	380
	Etylibentseeni	10100	2.0	220	880
	o-Ksyleeni	4900	1.5	220	440
	p-Ksyleeni	4900	5.1	220	440
	1,3,5-Trimetylibentseeni		1.4	100	
	Naftaleeni	80	0.2	53	110
Esterit	iso-Pentyylasetaatti	20		270	540
	Etyylasetaatti	2230		1100	1800
	Butyylasetaatti	30	4.1	720	960
Halogenoidut	Fluoritrikloorimetaani	92900		5600	7000
	1,1,2-Trikloori-1,2,2-trifluorietaan	3790000		7800	10000
Terpeenit	alfa-Pineeni	700	7.7		
	dl-Limoneeni	2400	13.5		

Kirjallisuus (Wallace 1986, Molhave 1990, Seifert 1990)

Yhdisteryhmien yhteenlaskettujen kokonaispitoisuuksien laadullisia viitearvoja.

Ryhmä	Viitearvoja	Oirearvoja
-------	-------------	------------

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)

## 2.1.5 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 julkaisuja 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 launnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Tampere 31.1.2012

Ositum Oy



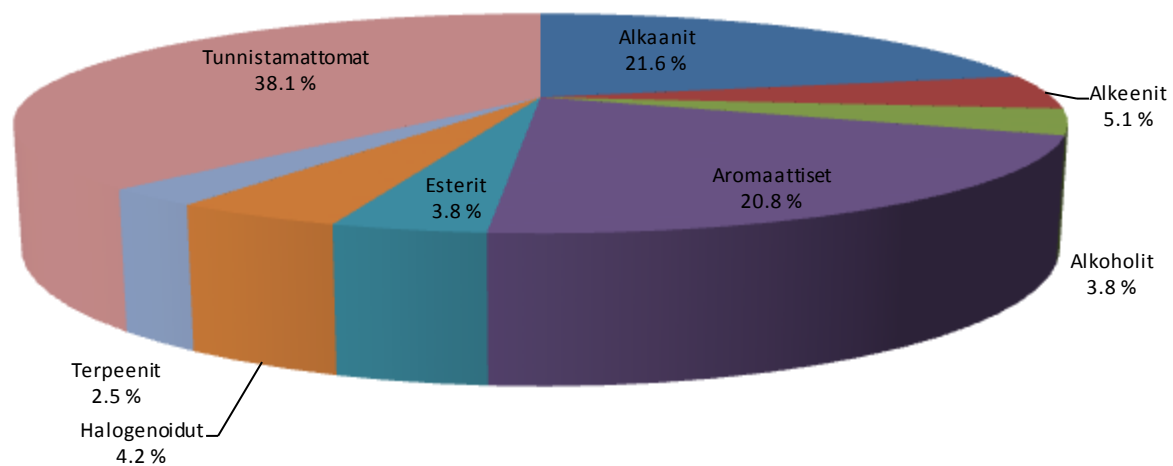
TKT, kemisti Pekka Aittala

Jakelu                      1 kpl tilaaja  
                                  1 kpl Ositum Oy:n arkisto

## 4. TULOKSET GRAAFISESTI

Ryhmiin pitoisuudet

### VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma



Yhdisteiden pitoisuudet

## VVOC ja VOC -yhdisteet, ilma

