

## KOOSTE EPÄPUHTAUSTASOISTA, JOIDEN YLITTYMINEN VOI VIITATA SISÄILMASTO-ONGELMIIN TOIMISTOTYYPPISILLÄ TYÖPAIKOILLA

SISÄILMA-ASIOITA TULEE AINA TARKASTELLA KOKONAISUUTENA, JOHON KUULUVAT: RAKENNUS- JA TALOTEKNIikka, SISÄILMASTO-OLOSUhteET, Käyttäjien Kokemukset ja Terveystila sekä Työpaikan Toimintatavat Rakennuksen Ylläpidossa ja Ongelmien Ratkaisussa. Mittaustulokset ovat näin ollen vain yksi osa-alue ongelmien tunnistamisessa.

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittausta- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<b>Ammoniakki</b> (ennen vuotta 2003: impinger, laimea rikkihappo), LC+UV detektori; vuoden 2003 jälkeen: OSHA ID-188)	<b>&gt; 25 µg/ m<sup>3</sup></b> <sup>(1,2)</sup>	Salonen et al. 2009. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. J Occup Env Hyg, 6:200-9.
<b>Formaldehydi</b> (ISO 16000-3)	<b>&gt; 15 µg/ m<sup>3</sup></b> <sup>(1,2)</sup>  Huom! Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita herkillä henkilöillä hyvin pienissä pitoisuuksissa.	Salonen et al. 2008. Common VOCs and formaldehyde in indoor air of Finnish office buildings. Indoor Air' 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID:17.  Salonen ym. 2009. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi toimistojen sisäilmassa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. SIY Raportti 27. s.125-130.  Salonen et al. 2009. Volatile organic compounds and formaldehyde as explaining factor on reported complaints and symptoms in the office environment. J Occup Environ Hyg 2009;6(4):239-247.  Salonen et al. 2009. Formaldehyde concentration and irritant potential in 23 Finnish office buildings. ICOH kongress. 22.3-27.3.2009. Cape Town-South Africa. Topic Sessions (T) 34-75. p.310.

<sup>1)</sup> 90% toimistoilman pitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason. Kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin.

<sup>2)</sup> Rakennukset, joissa on koneellinen ilmanvaihto

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo<sup>1</sup></b>	<b>Lähde</b>
<b>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)</b> (ISO 16017-2, 16000-6)		
<b>Ilmanäytteet</b> <b>TVOC</b>	<b>&gt; 100 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Yksittäiset yhdisteet:<sup>2</sup></b>		
<b>Alifaattiset hiilivedyt</b>		
<i>Nonaani</i>	<b>2 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Heptaani</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani</i>	<b>4 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Oktaani</i>	<b>1 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Dekaani</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Undekaani</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Aromaattiset hiilivedyt</b>		
<i>Tolueeni</i>	<b>4 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Bentseeni</i>	<b>1 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Ksyleenit (m,o,p)</i>	<b>6 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Etyylibentseeni</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>1,2,4-Trimetyyli-bentseeni</i>	<b>2 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Aldehydit ja Ketonit</b>		
<i>Bentsaldehydi</i>	<b>2 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Nonanaali</i>	<b>5 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Dekanaali</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Heksanaali</i>	<b>6 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Oktanaali</i>	<b>2 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Pentanaali</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Asetofenoni</i>	<b>1 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Heptanaali</i>	<b>2 µg/m<sup>3</sup></b>	
		Valtanen ym. 2016 Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvot. Sisäilmastoseminaari 2016.

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo<sup>1</sup></b>	<b>Lähde</b>
<b>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)</b> (ISO 16017-2, 16000-6)		
<b>Ilmanäytteet</b> <b>TVOC</b>	<b>&gt; 100 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Yksittäiset yhdisteet:<sup>2</sup></b>		
<b>Alkoholit</b>		
<i>Butanoli</i>	<b>4 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-Etyyli-1-heksanoli</i>	<b>4 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Bentsyylialkoholi</i>	<b>6 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-Metyyli-1-propanoli</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Esterit</b>		
<i>Texanol</i>	<b>6 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>TXIB</i>	<b>6 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>n-Butyyliasettaatti</i>	<b>4 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-(2-Butoksietoksi)-etyyliasettaatti</i>	<b>5 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>Etyyliasettaatti</i>	<b>7 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Fenolit</b>		
<i>Fenoli</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Glykolit ja glykolieetterit</b>		
<i>1,2-Propanidioli</i>	<b>12 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-(Etoksietoksi)etanoli</i>	<b>15 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-Fenoksietanoli</i>	<b>3 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-(2-Butoksietoksi) etanoli</i>	<b>6 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>2-Butoksietanoli</i>	<b>7 µg/m<sup>3</sup></b>	
<i>1-Metoksi-2-propanoli</i>	<b>5 µg/m<sup>3</sup></b>	
		Valtanen ym. 2016 Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvot. Sisäilmastoseminaari 2016.

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaust- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo<sup>1</sup></b>	<b>Lähde</b>
<p><b>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)</b> (ISO 16017-2, 16000-6)</p> <p><b>Ilmanäytteet</b> <b>TVOC</b></p> <p><b>Yksittäiset yhdisteet:<sup>2</sup></b></p> <p><b>Orgaaniset hapot</b> <i>Heksaanihappo</i> <i>Propanihappo</i></p> <p><b>Pii-yhdisteet</b> <i>Dekametyylisyklo- pentasiloksaani</i></p> <p><b>Terpeenit</b> <i>a-Pineeni</i> <i>Kareeni</i> <i>Limoneeni</i></p>	<p><b>&gt; 100 µg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>11 µg/m<sup>3</sup></b> <b>8 µg/ m<sup>3</sup></b></p> <p><b>10 µg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>8 µg/m<sup>3</sup></b> <b>6 µg/m<sup>3</sup></b> <b>6 µg/m<sup>3</sup></b></p>	<p>Valtanen ym. 2016 Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvot. Sisäilmastoseminaari 2016.</p>

<sup>1</sup> Viitearvoksi valittu aineiston P90-pitoisuus, mikä tarkoittaa sitä, että 90 %:ssa mittauskohteita yhdisteen pitoisuus on ilmoitetun pitoisuuden alapuolella. Aineisto sisältää toimisto-, koulu-, terveydenhoito- ja päiväkotikohteita.

<sup>2</sup> Kaikkien yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty käyttäen yhdisteen omaa vastetta. Viitearvo on annettu vain standardin ISO 16000-6 VOC määritelmään sisältyville yhdisteille. Eli yhdisteille joiden haihtuvuus on välillä heksaani (C<sub>6</sub>) – heksadekaani (C<sub>16</sub>) nämä yhdisteet mukaan lukien.

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b>	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<b>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)</b>  <b>Materiaalinäytteet, bulk-emissiot<sup>1</sup></b>  <b>PVC, jossa pehmittimenä DEHP</b>  <b>TVOC</b> 2-Etyyli-1-heksanoli	          <b>200 µg/m<sup>3</sup>g</b> <b>70 µg/m<sup>3</sup>g</b>	Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto.
<b>PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP</b>  <b>TVOC</b> 2-Etyyli-1-heksanoli C <sub>9</sub> -alkoholit	          <b>500 µg/m<sup>3</sup>g</b> <b>50 µg/m<sup>3</sup>g</b> <b>320 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
<b>Tasoitteet ja betoni</b> <b>TVOC</b> 2-Etyyli-1-heksanoli	          <b>50 µg/m<sup>3</sup>g</b> <b>40 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
<b>Linoleum</b> <b>TVOC</b> Propanihappo	          <b>650 µg/m<sup>3</sup>g</b> <b>100 µg/m<sup>3</sup>g</b>	

<sup>1</sup>Työterveyslaitos on asettanut osalle materiaaleista viitearvot palvelunäytteiden bulk-emissiotulosten perusteella. Näitä viitearvoja voidaan hyödyntää bulk-emissiomenetelmällä saatujen tulosten arvioinnissa. Tällä menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä eivätkä materiaalien päästöluokitusta (M-luokat).

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<p><b>PAH-yhdisteet</b> (polysykliset aromaattiset hiilivedyt)</p> <p><b>Ilmanäytteet</b></p>	<p>Suomessa sisäilman PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle ei ole olemassa terveysperusteisia raja-arvoja.</p> <p><b>Bentso(a)pyreenille</b> on yleinen työpaikkoja koskeva tavoitetaso <b>&lt;0,01 µg/m<sup>3</sup></b>. Erityistä sisäilman ohjearvoa ei ole.</p> <p>PAH-yhdisteistä ainoastaan <b>naftaleenille</b> on esitetty sisäilman ohjearvoja. Sekä WHO että Saksan ympäristöviranomaiset (UBA) ovat asettaneet raja-arvoksi 10 µg/m<sup>3</sup>. Suomessa asuntojen ja muiden oleskelutilojen naftaleenipitoisuudelle on annettu toimenpiderajaksi myös <b>10 µg/m<sup>3</sup></b>. Työterveyslaitoksen asettama tavoitetaso sisäilman naftaleenipitoisuudelle on <b>&lt; 2 µg/m<sup>3</sup></b> (hajua ei saa esiintyä).</p> <p>Koska tuoksut ja hajut syntyvät yleensä useiden yhdisteiden yhteisvaikutuksesta, voi vanhojen kivihiilipikeä ja -tervoja sisältävien eristeiden aiheuttamia hajuhaittoja esiintyä silloinkin, kun naftaleenin pitoisuus sisäilmassa on alle 1 µg/m<sup>3</sup>. Naftaleenille turvalliseksi katsottujen terveysperusteisten ohjearvojen saavuttamisen ohella on syytä pyrkiä siihen, että sisäilmakriteereillä luokiteltava työtila on hajuton.</p>	<p>PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio, Työterveyslaitos 2016.</p> <p>WHO (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization, Copenhagen.</p> <p>Umweltbundesamt (2013), Richtwerte für Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl 56:1448-1459.</p> <p>Asumisterveysasetus 545/2015.</p> <p>Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto.</p>
<p><b>Materiaalinäytteet</b></p>	<p>Materiaalinäytteen PAH-analyysinanalyysillä todetaan tai poissuljetaan PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja purkutyön ja jätteen käsittelyn näkökulmasta tai todennetaan sisäilmassa esiintyneiden hajujen lähteitä. Kokonaispitoisuuden ylittäessä 200 mg/kg materiaali-jäte toimitetaan yleensä ongelmajätelaitokselle.</p>	<p>RT 82-0381</p>

<b>Kuidut ja hiukkaset</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<b>Asbestikuidut</b>	Esiintymistä pinnoilla pidetään toimenpiderajan ylittymisenä.  <b>0,01 kuitua/cm<sup>3</sup></b> ei saa ylittyä.  Työterveyslaitos suosittelee pitoisuudeksi <b>&lt; 0,01 kuitua/cm<sup>3</sup></b> .	Asumisterveysasetus 545/2015.  Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015.
<b>Teolliset mineraalikuidut</b>  (laskeutuneen pölyn keräys teippeihin (BM Dustfilters, BM Environmental Engineering, Hollanti) + valomikroskopointi)	<u>Säännöllisesti siivottu pinta (2 viikon kertymä):</u> <b>0,2 kuitua/cm<sup>2</sup></b> - kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos pitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla ovat korkeintaan 0,2 kuitua/cm <sup>2</sup> - jos viitearvo ylittyy, tulee selvittää kuitulähteet ja ryhtyä toimenpiteisiin kuitukertymän pienentämiseksi  <u>Tuloilmakanavan pinnalla:</u> keskimäärin <b>10-30 kuitua/cm<sup>2</sup></b>  <u>Tuloilma:</u> <b>&lt; 1 kuitu (pituus&gt;20 µm)/m<sup>3</sup></b>	Schneider T. Chapter 39. Synthetic vitreous fibres. In: Indoor Air Quality Handbook. Eds: Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF. McGraw-Hill, New York, 2000.  Lappalainen ym 2003. Mineraalikuidut sisäilmahaittana. Sisäilmastoseminaari 2003, s. 299-302.  Kovanen K ym. (2006). Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus (Particle emissions from HVAC-components. Exposure, measurement and product testing). VTT tiedotteita - Research notes 2360, VTT, Espoo. 57p. + app. 56p.  Korhonen et al 2008. Particle concentration and MMMF levels in hospitals. Indoor Air' congress 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID:713.  Salonen ym. 2009. Man-made vitreous fibres and irritation symptoms in office buildings in the Helsinki area. J Occup Environ Hyg 2009;6:624-631.
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) ja pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>)</b>	PM <sub>10</sub> -hiukkaspitoisuus sisäilmassa saa olla 24 tunnin mittauksen aikana enintään <b>50 µg/m<sup>3</sup></b> ja PM <sub>2,5</sub> -hiukkaspitoisuus enintään <b>25 µg/m<sup>3</sup></b> .  Sisäympäristön laadun tavoitearvot PM <sub>2,5</sub> S1                      S2                      S3 <b>&lt; 10 µg/m<sup>3</sup>   &lt; 10 µg/m<sup>3</sup>   &lt; 25 µg/m<sup>3</sup></b>	Asumisterveysasetus 545/2015.  Sisäilmastoluokitus 2018.

<b>Elinkykyiset mikrobit</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<p><b>Mikrobit</b></p> <p><b>Ilmanäytteet</b>, talviaikana (tarvittaessa ulkoilmanäyte ja vertailu siihen)</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV mukaan)</p>	<p><b><u>Sieni-itiöpitoisuus<sup>1</sup></u></b> <b>&gt; 50 pmy/m<sup>3</sup></b> Kohonnut sieni-itiöpitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen, mikrobikasvuston esiintyminen rakenteissa todennäköistä. Lajisto huomioitava tulkinnassa.</p> <p><b><u>Bakteeripitoisuus<sup>1</sup></u></b> <b>&gt; 600 pmy/m<sup>3</sup></b> Kohonnut bakteeripitoisuus, viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.</p> <p><b><u>Aktinomykeettipitoisuus<sup>1</sup></u></b> <b>&gt; 5 pmy/m<sup>3</sup></b> Kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.</p>	<p>Salonen ym. (2007). Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. Atmos Environ 41 (2007) 6797-6807.</p> <p>Salonen ym. Homeet ja bakteerit homevaurioituneissa ja ei-vaurioituneissa toimistotyö-ympäristöissä pääkaupunki-seudulla. Sisäilmastoseminaari 2008.</p>
<p><b>Mikrobit</b></p> <p><b>Materiaalinäyte</b> laimennossarjaviljely</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV ja Laboratorio-oppaan mukaan)</p>	<p><b><u>Sieni-itiöpitoisuus:</u></b> <b>10 000 pmy/g</b> Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on vähintään 10 000 pmy/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000 pmy/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on tarkasteltava. Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on normaalia.</p> <p><b><u>Bakteeripitoisuus:</u></b> <b>100 000 pmy/g</b> Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 pmy/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.</p> <p><b><u>Aktinomykeettipitoisuus:</u></b> <b>3 000 pmy/g</b> Jos aktinomykeettipitoisuus on vähintään 3 000 pmy/g, se viittaa aktinomykeettikasvustoon.</p>	<p>Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohje, Ohje 8/2016, osa IV.</p> <p>Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät 2018.</p>



<sup>1</sup>100% sisäilman mikrobipitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason kosteusvaurioitumattomissa toimistorakennuksissa (aineisto Etelä-Suomesta rakennuksista, joissa on koneellinen ilmanvaihto).

<b>Elinkykyiset mikrobit</b>		
<b>Altiste</b> (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<b>Mikrobit</b>  <b>Materiaalinäyte</b> suoraviljely  (keräys- ja analysointi Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV ja Laboratorio-oppaan mukaan)	<b>Sienien tai aktinomykeettien pesäkemäärä: +++ tai ++++</b> Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvua, mikäli sieni- tai aktinomykeettipesäkkeitä esiintyy runsaasti (+++) tai erittäin runsaasti (++++) . Jos mikrobeja on kohtalaisesti (++) tai niukasti (+), tuloksen tulkinnassa on tarkasteltava myös lajistoa. Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on normaalia.	Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohje, Ohje 8/2016, osa IV.  Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät 2018.  Reiman ym. 1999. Laimennossarja- ja suoraviljelymenetelmien käyttö rakennusmateriaalinäytteiden mikrobipitoisuuksien ja mikrobiston määrittämiseksi. Sisäilmastoseminaari 1999.

Mikrobilajiston tulkinnassa noudatetaan Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjetta Ohje 8/2016, osa IV, Laboratorio-opasta sekä tulkintaa, joka on kuvattu artikkelissa "Rakennusten kosteusvaurioita kuvastava mikrobisto. (Työterveyslaitos. Ympäristö ja Terveys -lehti, 8:2005, 36: 56 - 59 Reiman M, Kujanpää L, Junntila S, Lappalainen S, Lindroos O, Pasanen A-L, Rajala R, Rautiala S, Reijula K ja Tuomi T.)

### **Ilmanvaihto ja lämpöolot**

Suosituksia, ohjeita ja vaatimuksia ilmanvaihdosta ja lämpöoloista löytyy mm. seuraavista julkaisuista: Asumisterveysasetus 545/2015, Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 ja Sisäilmastoluokitus 2018.