

KOOSTE EPÄPUHTAUSTASOISTA, JOIDEN YLITTYMINEN VOI VIITATA SISÄILMAONGELMIIN TOIMISTOTYYPPISILLÄ TYÖPAIKOILLA

SISÄILMA-ASIOITA TULEE AINA TARKASTELLA KOKONAISUUTENA, JOHON KUULUVAT: RAKENNUS- JA TALOTEKNIikka, SISÄILMASTO-OLOSUhteET, KäYTTÄJIEN KOKEMUKSET JA TERVEYDENTILA SEKÄ TYÖPAIKAN TOIMINTATAVAT RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA JA ONGELMIEN RATKAISUSSA. MITTAUSTULOKSET OVAT NÄIN OLLEN VAIN YKSI OSA-ALUE ONGELMIEN TUNNISTAMISESSA.

Kemialliset yhdisteet		
Altiste (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointi- menetelmä)	Viitearvo	Lähde
Ammoniakki (ennen vuotta 2003: impinger, laimea rikkihappo), LC+UV detektori; vuoden 2003 jälkeen: OSHA ID-188)	> 25 µg/ m ³ ^(1,2)	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.
Formaldehydi (ISO 16000-3)	> 15 µg/ m ³ ^(1,2) 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.

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

²⁾ Rakennukset, joissa on koneellinen ilmanvaihto

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

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

Kemialliset yhdisteet		
Altiste (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	Viitearvo ¹	Lähde
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) (ISO 16017-2, 16000-6)		
Ilmanäytteet TVOC	> 100 µg/m ³	
Yksittäiset yhdisteet: ²		
<i>Orgaaniset hapot</i> Heksaanihappo Propaanihappo	11 µg/m ³ 8 µg/ m ³	Valtanen ym. 2016 Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvot. Sisäilmastoseminaari 2016.
<i>Pii-yhdisteet</i> Dekametyylisyklo- pentasiloksaani	10 µg/m ³	
<i>Terpeenit</i> α-Pineeni Kareeni Limoneni	8 µg/m ³ 6 µg/m ³ 6 µg/m ³	

¹ 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.

² 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 (C₆) – heksadekaani (C₁₆) nämä yhdisteet mukaan lukien.

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

¹Työterveyslaitos on antanut 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).

Kemialliset yhdisteet		
Altiste (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	Viitearvo	Lähde
PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt)	Suomessa sisäilman PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle ei ole olemassa terveysperusteisia raja-arvoja.	
Ilmanäytteen	Bentso(a)pyreenille on yleinen työpaikkoja koskeva tavoitetaso <0,01 µg/m ³ . Eryistä sisäilman ohjearvoa ei ole. PAH-yhdisteistä ainoastaan naftaleenille on esitetty sisäilman ohjearvoja. Sekä WHO että Saksan ympäristöviranomaiset (UBA) ovat asettaneet raja-arvoksi 10 µg/m ³ . Nykyisen tiedon perusteella naftaleeni-pitoisuuden ollessa alle esitetyn ohjearvon ei pysyviä terveysvaikutuksia ole odotettavissa. Suomessa asuntojen ja muiden oleskelutilojen naftaleenipitoisuudelle on annettu toimenpiderajaksi myös 10 µg/m ³ . Työterveyslaitoksen asettama tavoitetaso sisäilman naftaleenipitoisuudelle on < 2 µg/m ³ (hajua ei saa esiintyä). 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 ³ . Naftaleenille turvalliseksi katsottujen terveysperusteisten ohjearvojen saavuttamisen ohella on syytä pyrkiä siihen, että sisäilmakriteereillä luokiteltava työtila on hajuton.	PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumui- stio, Työterveyslaitos 2016. WHO (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization, Copenhagen. Umweltbundesamt (2013), Richtwerte für Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl 56: 1448-1459. Asumisterveysasetus 545/2015.
Materiaalinäytteen	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.	Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto. RT 82-0381

Kuidut ja hiukkaset		
Altiste (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	Viitearvo	Lähde
Asbestikuidut	Esiintymistä pinnoilla pidetään toimenpiderajan ylittymisenä. 0,01 kuitua/cm ³ ei saa ylittyä. Työterveyslaitos suosittelee pitoisuudeksi < 0,01 kuitua/cm ³ .	Asumisterveysasetus 545/2015. Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015.
Teolliset mineraalikuidut (laskeutuneen pölyn keräys teippeihin (BM Dustfilters, BM Environmental Engineering, Hollanti) + faasikontrastivalomikroskopiointi)	<u>Säännöllisesti siivottu pinta (2 viikon kertymä):</u> 0,2 kuitua/cm ² - kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos pitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla ovat korkeintaan 0,2 kuitua/cm ² - jos viitearvo ylittyy, tulee selvittää kuitulähteet ja ryhtyä toimenpiteisiin kuitukertymän pienentämiseksi <u>Tuloilmakanavan pinnalla:</u> keskimäärin 10-30 kuitua/cm ²	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.
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀) ja pienhiukkaset (PM _{2,5})	PM ₁₀ -hiukkaspitoisuus sisäilmassa saa olla 24 tunnin mittauksen aikana enintään 50 µg/m ³ ja PM _{2,5} -hiukkaspitoisuus enintään 25 µg/m ³ . Sisäympäristön laadun tavoitearvot PM _{2,5} S1 S2 S3 < 10 µg/m ³ < 10 µg/m ³ < 25 µg/m ³	Asumisterveysasetus 545/2015. Sisäilmastoluokitus 2018.

Elinkykyiset mikrobit		
Altiste (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	Viitearvo	Lähde
<p>Mikrobit</p> <p>Ilmanäytteet, talviaikana (tarvittaessa ulkoilmanäyte ja vertailu siihen)</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV mukaan)</p>	<p><u>Sieni-itiöpitoisuus</u>¹ > 50 pmy/m³ Kohonnut sieni-itiöpitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen, mikrobikasvuston esiintyminen rakenteissa todennäköistä. Lajisto huomioitava tulkinnessa.</p> <p><u>Bakteeripitoisuus</u>¹ > 600 pmy/m³ Kohonnut bakteeripitoisuus, viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.</p> <p><u>Aktinomykeettipitoisuus</u>¹ > 5 pmy/m³ 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>Mikrobit</p> <p>Materiaalinäyte laimennossarjaviiljely</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV ja Laboratorio-oppaan mukaan)</p>	<p><u>Sieni-itiöpitoisuus:</u> 10 000 pmy/g Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on vähintään 10 000 cfu/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000 cfu/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on tarkasteltava.</p> <p><u>Bakteeripitoisuus:</u> 100 000 pmy/g Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 cfu/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.</p> <p><u>Aktinomykeettipitoisuus:</u> 3 000 pmy/g Jos aktinomykeettipitoisuus on vähintään 3 000 cfu/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>

¹100% sisäilman mikrobipitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason kosteusvaurioitumattomissa toimistorakennuksissa (aineisto Etelä-Suomesta rakennuksista, joissa on koneellinen ilmanvaihto).

Elinkykyiset mikrobit		
Altiste (lähdejulkaisussa esitetty mittaus- ja analysointimenetelmä)	Viitearvo	Lähde
Mikrobit Materiaalinäyte suoraviljely (keräys- ja analysointi Asumisterveys- asetuksen 545/2015 soveltamisohjeen, Ohje 8/2016, osa IV ja Laboratorio- oppaan mukaan)	Sienien tai aktinomykeettien pesäkemäärä: +++ tai ++++ 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 kuitenkin 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.
Elinkykyiset ja elinkyvyttömät mikrobit		
Mikrobit Materiaalinäyte qPCR-analyysi (Työterveyslaitoksella käytössä oleva menetelmä)	<u>Mikrobipitoisuudet</u> Homeet ja hiivat: 300 000 se/g <i>Penicillium</i> -, <i>Aspergillus</i> -suvut sekä <i>Paecilomyces variotii</i> -laji: 100 000 se/g <i>Streptomyces</i> -suku: 2 000 se/g qPCR-analyysin tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteen sienten tai <i>Streptomyces</i> -bakteerisuvun pitoisuudet ylittävät raja-arvot mittausepävarmuus vähennettynä. Tulos voi viitata mikrobikasvuun (epäily mikrobikasvusta) silloin, kun pitoisuudet eivät ylitä raja-arvoja, mutta ovat selvästi kohonneet tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavaa mikrobistoa (<i>Streptomyces</i>). Pienten soluekvivalenttipitoisuuksien esiintyminen näytteessä on kuitenkin normaalia.	Ahonen ym. 2016. Rakennusmateriaalinäytteen mikrobimääritys qPCR- ja viljelymenetelmällä. Sisäilmastoseminaari 2016. Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto.

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, Junttila 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.