
This is an electronic reprint of the original article.
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Alapieti, Tuomas; Täubel, Martin; Mikkola, Raimo; Valkonen, Maria; Leppänen, Hanna; Hyvärinen, Anne; Salonen, Heidi

Siivouskemikaalien ja –menetelmien vaikutukset sisäympäristön mikrobistoon ja sisäilman laatuun

Published in:
Sisäilmastoseminaari 2019

Julkaistu: 01/01/2019

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Please cite the original version:

Alapieti, T., Täubel, M., Mikkola, R., Valkonen, M., Leppänen, H., Hyvärinen, A., & Salonen, H. (2019). Siivouskemikaalien ja –menetelmien vaikutukset sisäympäristön mikrobistoon ja sisäilman laatuun. teoksessa M. Ahola, & A. Merikari (Toimittajat), *Sisäilmastoseminaari 2019: Sisäilmayhdistys raportti 37* (Sivut 291-296). (SIY raportti; Nro 37). SIY SISÄILMATIETO OY.

This material is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

SIIVOUSKEMIKAALIEN JA –MENETELMIEN VAIKUTUKSET SISÄYMPÄRISTÖN MIKROBISTOON JA SISÄILMAN LAATUUN

Tuomas Alapieti¹, Martin Täubel², Raimo Mikkola¹, Maria Valkonen², Hanna Leppänen², Anne Hyvärinen² ja Heidi Salonen¹

¹ Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos

² Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Terveysturvallisuusosasto, Ympäristöterveys

TIIVISTELMÄ

Siivousmenetelmien ja –kemikaalien vaikutusta sisäilman laatuun ja mikrobistoon tutkittiin kahdessa lukiossa ja yhdessä päiväkodissa. Tutkimukset tehtiin kohteissa käytössä olevan ns. ”normaalin” siivouksen sekä kemikaalittoman siivousjakson aikana. Laskeutuneen pölyn mikrobitasoissa ei havaittu merkittäviä muutoksia eri siivousjaksojen aikana, mutta ilman bakteeripitoisuudet olivat korkeampia kemikaalittoman siivouksen aikana. Yksittäisten VOC ja karbonyyliyhdisteiden pitoisuudet olivat matalia kaikkien siivousjaksojen aikana, mutta TVOC-pitoisuudet nousivat hieman kemikaalittoman siivouksen aikana.

JOHDANTO

Rakennuksien sisäilmasta johtuvat terveysongelmat ovat yleisiä Suomessa, ja merkittävälle kosteus- ja homeongelmille altistuu koulu- sekä päiväkotirakennuksissa päivittäin 172 000 – 259 000 suomalaista /1/. Kosteus- ja homevaurioiden sekä materiaaleihin liittyvien ongelmien lisäksi yhdeksi sisäilmaongelmien aiheuttajaksi epäillään erilaisia rakennuksien huollossa ja ylläpidossa käytettyjä kemikaaleja, kuten siivouskemikaaleja ja ilmanraikasteita, sekä käyttäjien mukana sisäilmaan kulkeutuvien hygieniatuotteiden ja käsinpesuaineiden hajusteita ja antimikrobisia aineita /2-5/. Olemassa oleva tutkimustieto oppilaitoksissa ja päiväkodeissa käytettävien siivouskemikaalien ja -menetelmien osuudesta rakennuksien sisäilman laatuun ja tilojen käyttäjien terveyteen on kuitenkin vähäistä.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää oppilaitoksissa ja päiväkodeissa käytettävien kemikaalien määrää ja laatua sekä erilaisten siivousmenetelmien ja siivouskemikaalien välittämiä ja välillisistä vaikutuksista sisäilman laatuun ja mikrobistoon.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuskohteet ja -asetelma

Kenttätutkimukset toteutettiin pääkaupunkiseudulla kahdessa lukiorakennuksessa ja yhdessä päiväkodissa talven ja kevään 2018 aikana. Koulurakennuksista yksi oli 16 vuoden ikäinen ja toinen perusparannettu 11 vuotta sitten. Päiväkoti oli väistötilana toimiva uudisrakennus. Kosteus- ja homevaurioita ei ollut havaittu tiloissa, joissa tutkimukset suoritettiin. Kohteissa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto olivat päällä

jatkuvasti. Lattiamateriaaleina olivat vinyylilaatta ja muovimatto. Tutkittavat tilat olivat tavallisia luokkia (ei erityisluokkia esim. fyysikka, kemia) ja luokat sijaitsivat lähekkäin.

Siivouskemikaalien ja –menetelmien vaikutusta sisäilman laatuun selvitettiin mikrobiologisilla ja kemiallisilla tutkimuksilla kolmessa eri vaiheessa, kaksi viikkoa kerrallaan. Ennen toisen ja kolmannen vaiheen tutkimusjaksoa oli kahden viikon siirtymäaika, jolloin käytössä oli tulevan tutkimusjakson aikainen siivousmenetelmä. Siivousmenetelmien ja tutkimusjaksojen aikataulut esitetään taulukossa 1. Eri vaiheiden (I, II, III) aikana käytetyt siivousmenetelmät olivat:

- I. Siivousmenetelmät ja –aineet olivat kohteen päivittäisessä käytössä olevia.
- II. Siivouksessa ei käytetty ollenkaan kemikaaleja vaan ainoastaan vesijohtovettä ja uusia mikrokuitutuotteita sekä moppeja. Siivoustekstiilit pestiin omina koneellisinaan ja pyykinpesuainetta käytetään minimiannostusmäärä. Aina ennen siivoustekstiilien pesemistä pyykinpesukoneella ajettiin välihuuteluhjelma.
- III. Siivousmenetelmät ja –aineet olivat kohteen päivittäisessä käytössä olevia.

Taulukko 1. Kenttätutkimuksien aikataulu

	Vaihe I		Vaihe II		Vaihe III	
	2 viikon jakso		2 viikon jakso	2 viikon jakso	2 viikon jakso	2 viikon jakso
Koulu I	29.1.-13.2.		26.2. ->	12.3. ->	26.3. ->	9.4.-23.4.
Koulu II	30.1.-13.2.		27.2. ->	13.3. ->	27.3. ->	10.4.-24.4.
Päiväkoti	31.1.-13.2.		28.2. ->	14.3. ->	28.3. ->	11.4.-25.4.
Siivous	Tavallinen	Kemikaaliton	Kemikaaliton	Tavallinen	Tavallinen	
	Mittausjakso	Ei mittauksia	Mittausjakso	Ei mittauksia	Mittausjakso	

Kerätyt näytteet ja keräysmenetelmät

Siivousmenetelmien ja –kemikaalien vaikutusta sisäilman laatuun ja mikrobipitoisuuksiin tutkittiin mikrobiologisilla ja kemiallisilla tutkimuksilla seuraavasti:

Mikrobinäytteet

Laskeutunutta pölyä kerättiin standardisoidusti kuudessa luokkahuoneessa molemmissa kouluissa ja päiväkodissa neljässä ryhmätallassa. Näytteet kerättiin tutkimuksen jokaisessa vaiheessa samoista paikoista kahden viikon näytteenottoajalla steriileille polystyreenistä valmistetuille petrimaljoille (Berner, 90x15). Keräyksen ajaksi maljat asetettiin tasaisille pinnoille 150 – 220 cm korkeudelle mahdollisimman etäälle ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmalaitteista. Näytteiden keräyksessä käytettiin kahta rinnakkaista kolmen maljan sarjaa, jotka myöhemmin prosessoitiin ja analysoitiin erillään. Keräyksen jälkeen maljat suljettiin tiiviisti, paketoitiin ja siirrettiin laboratorioon, jossa näytteiden prosessointi suoritettiin kahden viikon kuluessa keräyksen päättymisestä. Kolmen petrimaljan sarjalle kerääntynyt pöly yhdistettiin yhdeksi näytteeksi steriilin veden ja 0,05 % Tween20 seoksella kostutetulla steriilillä vanupuikolla, jolla näyte siirrettiin lasihelmiä sisältävään 2 ml putkeen ja säilöttiin - 20°C lämpötilassa DNA:n uuttamiseen asti. DNA eristettiin käyttämällä Chematic DNA Plant Kittä (PerkinElmer chemagen Technologie GmbH, Saksa) ja KingFisher™ mL DNA robottia (Thermo Fisher Scientific, Inc.,Suomi) lähteen /6/ mukaisesti. Kvantitatiivinen PCR (qPCR) suoritettiin hyödyntäen aikaisemmin julkaistuja qPCR-sovelluksia /7-9/. Näytteistä määritettiin Gram-positiiviset ja Gram-negatiiviset bakteerit, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. ja *Paecilomyces variotii* ryhmät

(PenAsp) sekä sienien kokonais DNA (Uni Fung). QPCR reaktiot, ajoasetukset ja laskelmat suoritettiin samoin kuin lähteessä /6/. Tulokset ilmaistiin kerääntyneinä soluekvivalentteina (CE) näytteenottoneliometriä kohden per keräyspäivä (CE/m²/d). Jokaisesta luokkatilasta laskettiin keskiarvot kahdelle rinnakkaiselle kolmesta petrimaljasta koostetulle näytteelle.

Elinkykyisten mikrobien pitoisuudet määritettiin mikrobikeräimellä (RCS® High Flow Touch Microbial Air Sampler (Merck Life Science Oy, Suomi). Mikrobien kokonaisuukuu (bakteerit, hiivat ja homeet) määrittämiseen käytettiin TC liuskoja (Merck Life Science Oy, Suomi) ja hiivojen ja homeiden määrittämiseen erikseen YM liuskoja. (Merck Life Science Oy, Suomi) Rinnakkaiset ilmanäytteet otettiin 1.5 m korkeudelta nopeudella 100 l/min. TC liuskalla otettiin 100 l:n ja YM liuskalla 1000 l:n ilmanäyte sisätalassa. Ulkonäytteiden ilmamäärät molemmilla liuskoilla oli 100 l. TC liuskoja inkuboitettiin 7 pv (33°C) ja YM liuskoja 7 pv (24°C) ennen pesäkkeiden laskemista (pmy/m³).

Kemialliset näytteet

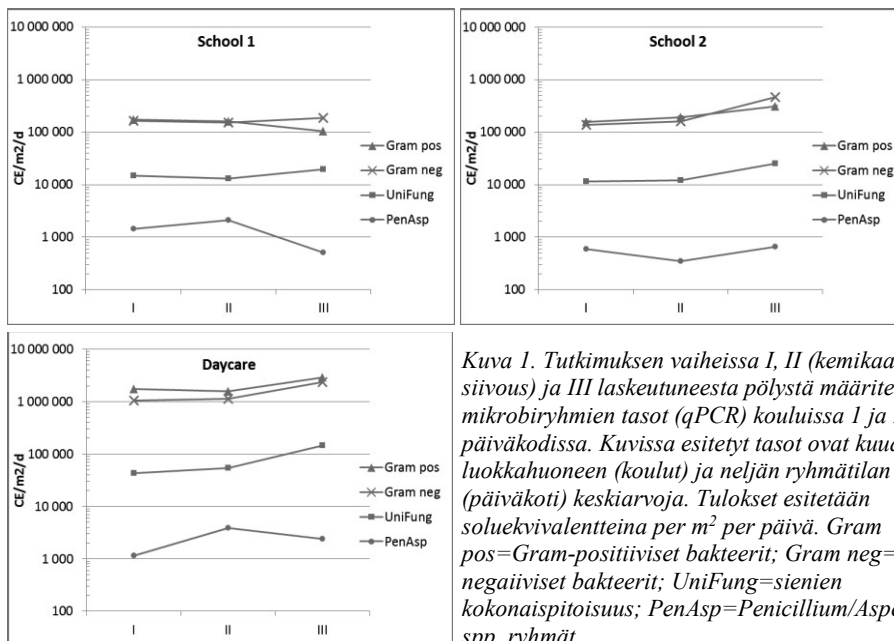
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) näytteet otettiin yhdestä luokahuoneesta kouluissa ja yhdestä ryhmätalasta päiväkodissa mittausjaksojen ensimmäisenä päivänä tilojen ollessa tyhjiä. Näytteet kerättiin aktiivisella menetelmällä 40 minuutin näytteenottoajalla Tenax TA-adsorbenttiputkii nopeudella 200 ml/min (näytekooko 8 l) GilAir Plus –pumpuilla (Sensidyne, St. Petersburg, FL, USA) tutkittavan tilan keskeltä 130 -150 cm korkeudelta. Näytteet analysoitiin standardin ISO 16000-6 mukaisesti kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet tunnistettiin puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- ja NIST-massaspektrometritietokantojen avulla. Näytteistä määritettiin VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueniekvivalenttina. TVOC määritettiin kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Yksittäisten aineiden pitoisuudet määritettiin joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueniekvivalentteina. Näytteistä määritettiin myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden pitoisuuksia, mikäli ne olivat tulosten tulkinnan kannalta merkityksellisiä.

Sisäilman aldehydrit ja ketonit (karbonyyliyhdisteet) kerättiin samoista tiloista samalta korkeudelta yhtäaikaaisesti VOC-näytteiden kanssa. 100 litran näytteet kerättiin Gilian 5000 –pumpuilla (Sensidyne, St. Petersburg, FL, USA) 1 l/min nopeudella 100 minuutin ajan 2,4-dinitrofenyylihydratsiinilla (DNPH) päällystettyihin Sep-Pak Xposure-patruunakeräimiin (Waters Corporation, Milford, MA, USA). Karbonyyliyhdisteet muodostavat hydratsiinin kanssa johdannaisia, jotka uutetaan keräimestä asetonitriinillä. Yhdisteiden pitoisuudet määritettiin nestekromatografisesti käyttäen ilmaisimena diodirividetektoria (360 nm). Pitoisuuksien määrittämisessä käytettiin puhtaita vertailuaineita. Analyysit on tehty perustuen ISO 16000-3 standardiin.

TULOKSET

Laskeutuneesta pölystä määritettyjen mikrobitasojen tuloksissa ei ollut havaittavissa johdonmukaista muutosta eri siivousjaksojen välillä. Kaikki tilat huomioiden minkään mikrobiryhmän määrät eivät olleet matalampia tai korkeampia kemikaalittoman siivouksen aikana verrattuna kohteiden ”normaaliin” siivoukseen. Kouluissa tai päiväkodissa ei havaittu kemikaalittoman siivouksen aiheuttavan johdonmukaista vaikutusta tarkastelun kohteena olleissa mikrobiryhmissä (Kuva 1). Kemikaalittoman siivousjakson aikana, kun siivous suoritetaan vedellä siivousaineiden sijaan, siivoustehon

voisi olettaa alentuvan ja nostavan tiloista mitattavia mikrobimääriä. Tällaista vaikutusta ei kuitenkaan havaittu käytetyllä kvantitatiivisella DNA:han perustuvalla pitkäaikaisen laskeutuvan pölyn analyysillä. Kaikki 16 luokkahuonetta huomioiden tutkimusvaiheiden parittaisessa vertailussa (Wilcoxon signed rank test) ei havaittu merkittäviä eroja mikrobitasoissa vaiheiden I ja II välillä. Sen sijaan Gram-negatiivisten bakteereiden ($p=0,002$) ja sieniperäisen DNA:n ($p<0,001$) kokonaismäärät olivat huomattavasti korkeampia vaiheen III aikana verrattuna vaiheeseen II. Tämä luultavasti heijasteli ulkoilman mikrobitasojen kausittaista vaihtelua vaiheen III alkukevään tutkimusjakson ja talvella tehtyjen aikaisempien tutkimusjaksojen (vaihe I ja vaihe II) välillä. Päiväkodin ryhmätiloissa mitattiin suuremmat sieniperäisen DNA:n kokonaismäärät ja bakteeritasot koulujen luokkahuoneisiin verrattuna, ja tämä vaikutus havaittiin selkeimmin Gram-positiivisten bakteereiden määrissä (Kuva 1). Rakennuskohtaisesti tilojen välisissä mikrobitasoissa havaittiin selkeimmin eroja päiväkodin ryhmätilojen välillä (dataa ei esitetä).



Kuva 1. Tutkimuksen vaiheissa I, II (kemikaaliton siivous) ja III laskeutuneesta pölystä määritettyjen mikrobiryhmien tasot (qPCR) kouluissa 1 ja 2 sekä päiväkodissa. Kuvissa esitetyt tasot ovat kuuden luokkahuoneen (koulut) ja neljän ryhmätilan (päiväkoti) keskiarvoja. Tulokset esitetään soluekvivalenteina per m² per päivä. Gram pos=Gram-positiiviset bakteerit; Gram neg=Gram-negatiiviset bakteerit; UniFung=sienien kokonaispitoisuus; PenAsp=Penicillium/Aspergillus spp. ryhmät.

Useasta tilasta kerättyjen pölynäytteiden lisäksi jokaisen kohteen yhdessä tilassa (luokkahuone kouluissa, ryhmätila päiväkodissa) suoritettiin laajemmat mikrobien ja kemiallisten yhdisteiden tutkimukset, joiden tulokset esitetään taulukossa 2. qPCR-näytteiden osalta taulukossa ovat näkyvillä tulokset samasta tilasta, jossa muut mittaukset tehtiin. Tilakohtaisissa qPCR-tuloksissa ei ollut havaittavissa selkeää trendiä mikrobitasojen muutokselle kemikaalittoman siivouksen aikana. Koulussa 1 ja päiväkodissa PenAsp ryhmän tasot nousivat selvästi kemikaalittoman siivouksen aikana, mutta samaa ei tapahtunut koulussa 2. Luokkakohtaisissa tuloksissa erottuvat päiväkodissa mitatut selkeästi korkeammat mikrobimäärät kaikilla ryhmillä, mikä oli näkyvissä myös tilojen keskiarvoina esitetyissä tuloksissa. Mikrobikeräimellä (RCS) määritettyjen sisätilan homeiden ja hiivojen määrät (YM liuska) olivat huomattavasti pienempiä kuin ulkoa otetuissa näytteissä. Sisätilan elinkykyisten mikrobien kokonaismäärissä (TC liuska) oli huomattavissa kasvua kemikaalittoman siivouksen

aikana ulkoilman määrien vaihtelusta huolimatta. Erillisillä mittauksilla (YM ja TC liuskat) todettujen hiivojen ja homeiden pienestä määrästä johtuen mikrobien kokonaismäärä oletettavasti koostui lähinnä bakteereista.

Sisäilman kemiallisten yhdisteiden pitoisuudet olivat yleisesti ottaen matalia ja selvästi alle Asumisterveysasetuksessa annettujen toimenpidearvojen sekä Työterveyslaitoksen antamien viitearvojen alapuolella /10-11/. TVOC-pitoisuuksissa ja näytteistä tunnistettujen yhdisteiden kokonaispitoisuuksissa oli huomattavissa pientä nousua kemikaalittoman siivouksen aikana. Karbonyyliyhdisteillä ei vastaavaa pitoisuuden nousua ollut havaittavissa. VOC ja karbonyyliyhdisteiden määrät olivat tutkimuksen kaikissa vaiheissa päiväkodissa hieman korkeampia kuin kouluissa. Tämä voisi selittyä sillä, että päiväkodin ryhmätilassa säilytettiin mm. erilaisia askartelutarvikkeita (kuten maaleja ja liimoja) ja oppilaiden askartelutöitä oli paljon tilassa esillä. Yksittäisistä karbonyyliyhdisteistä suurimmat pitoisuudet mitattiin asetonilla ja formaldehydillä, mutta nekin olivat annettujen toimenpide- ja viitearvojen alapuolella /10-11/. Yksittäisistä VOC-yhdisteistä korkein pitoisuus ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mitattiin päiväkodissa vaiheen II aikana dekametyylisyklopentasiloksaanille, jota löytyy mm. siivouskemikaaleista ja kosmetiikkatuotteista. Kemikaalittoman siivousjakson aikana yhdisteen voisi olettaa olevan peräisin kosmetiikkatuotteista.

Taulukko 2. Tulokset yhdessä tilassa / kohde tehdyistä kemiallisista ja mikrobimittauksista tutkimuksen vaiheissa I, II (kemikaaliton siivous) ja III.

	Koulu 1 Vaihe			Koulu 2 Vaihe			Päiväkoti Vaihe		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Mikrobit									
qPCR [CE/m ² /d]									
Gram-positive	110 000	130 000	50 000	130 000	140 000	230 000	3 300 000	3 700 000	4 700 000
Gram-negative	110 000	150 000	130 000	170 000	160 000	330 000	2 300 000	2 600 000	3 600 000
Pen Asp	670	2 000	820	260	230	720	1 800	12 000	3 600
Uni Fung	13 000	12 000	19 000	9 900	17 000	29 000	74 000	120 000	230 000
RCS-ilmanäyte [cfu/m³]									
Kokonaismäärä (sisänäyte)	180	290	210	80	500	250	460	685	345
Kokonaismäärä (ulkonäyte)	160	10	50	60	55	65	40	190	85
Hiivat ja homeet (sisänäyte)	0	1	0	0	1	1	0	6	1
Hiivat ja homeet (ulkonäyte)	50	5	95	30	5	30	20	15	90
Kemialliset yhdisteet									
VOC-yhdisteet [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
TVOC	10	20	<10	10	30	20	30	50	40
Tunnistetut yhdisteet yhteensä	17	24	6	19	33	31	45	71	69
Karbonyyliyhdisteet [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
Yhteispitoisuus	4	6	8	8	13	14	16	21	20
Asetoni	2	3	5	4	5	9	8	6	8
Formaldehydi	1	2	2	2	3	2	3	4	4

YHTEENVETO

Tutkimuksessa tutkittiin kemikaalittoman siivouksen vaikutusta sisäilman laatuun ja mikrobistoon kahdessa lukiossa ja päiväkotirakennuksessa.

Kemikaalittomalla siivousjaksolla ei havaittu olevan vaikutusta laskeutuneesta pölystä analysoituihin mikrobitasoihin. Mikrobimäärät nousivat tutkimuksen viimeisessä vaiheessa ja tämän oletetaan johtuvan ulkoilman lämpenemisestä kevään edetessä. Mikrobikeräimellä määritettyjen bakteerimäärien huomattiin olevan korkeampia kemikaalittoman siivouksen aikana.

Yksittäisten VOC ja karbonyyliyhdisteiden pitoisuudet olivat matalia kaikissa tutkimusajanjaksoissa sekä koulu- että päiväkotirakennuksissa, mutta odotuksien vastaisesti TVOC-pitoisuuksien ja kaikkien Tenax-näytteistä tunnistettujen yhdisteiden yhteenlaskettujen pitoisuuksien havaittiin hieman nousevan kemikaalittoman siivouksen aikana.

Projektin kenttätutkimukset jatkuvat samoissa kohteissa kuluvana talvena samaan tapaan, mutta mittausjaksojen välisiä siivousjaksoja pidennetään kahdesta viikosta neljään. Tällä pyritään havainnoimaan siivousmenetelmien vaikutuksia mikrobitasojen ja kemiallisten yhdisteiden pitempää aikaa vaativiin muutoksiin. Tutkimusten toistaminen helpottaa myös vahvistamaan tutkimuksissa havaittuja trendejä tai niiden puutetta. Laskeutuneesta pölystä tehdyn kvantitatiivisen qPCR-analyysin lisäksi tilojen mikrobeja kartoitetaan myös sekvensoimalla (NGS, next generation sequencing). Tämä helpottaa tunnistamaan siivousmenetelmien aiheuttamia muutoksia mikrobien monimuotoisuudessa, eliöyhteisöjen koostumuksissa sekä yksittäisissä bakteeri- tai sienilajistoissa.

LÄHDELUETTELO

1. Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., (2012) Rakennusten kosteus- ja homeongelmat, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012.
2. Wolkoff P., Schneider T., Kildesø J., (1998) Risk in cleaning: chemical and physical exposure. *Sci total Environ* 23 135-156.
3. Nazaroff W., Weschler C. (2004) Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmos environ* 38, issue 18, pp 2841-2865.
4. Potera C. (2011) INDOOR AIR QUALITY: Scented Products Emit a Bouquet of VOCs. *Environ Health Persp* 119, issue 1 A16.
5. Lundov M.D., Zachariae, C., Menné, T., (2012) Airborne exposure to preservative methylisothiazolinone causes severe allergic reactions. *Brit Med J* Vol. 345.
6. Hyytiäinen, H.K., Jayaprakash, B., Kirjavainen, P.V., (2018) Crawling-induced floor dust resuspension affects the microbiota of the infant breathing zone. *Microbiome* 6:25. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0405-8>
7. Kärkkäinen P.M., Valkonen M., Hyvärinen A., (2010) Determination of bacterial load in house dust using qPCR, chemical markers and culture. *J Environ Monit.*;12(3):759-68.
8. Haugland R, Vesper SJ. (2003) Method of identifying and quantifying specific fungi and bacteria. US patent 6387652.
9. Haugland R.A., Siefring S.C., Wymer LJ., (2005) Comparison of Enterococcus measurements in freshwater at two recreational beaches by quantitative polymerase chain reaction and membrane filter culture analysis. *Water Res.*; 39(4):559–68.
10. Sosiaali- ja terveysministeriö. (2015) Asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista.
11. Työterveyslaitos. (2017) Kooste toimintaympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhtetasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin. Verkkodokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>