

Sairaalan talon ruumiin avauksia

Mirja Salkinoja-Salonen Helsingin Yliopisto,
Elintarvike- ja Ympäristötieteiden Its /
Mikrobiologia Rakennustekniikan Its, Aalto
Yliopisto

Rakennusperintö SAFA, vuosikokous esitelmä 2015 – 12 -14

Tutkimuksia suomalaisesta sisäilma ongelmasta

Tuoreimpia tutkimuksiaEU:sta,
Suomesta , Helsingistä

Mitä "HOKO"

Home ja kosteusvaurio

Suomessa tarkoittaa...

EU-HITEA hanke: laajin Euroopassa koskaan koulujen kosteus- ja homevaurioista ja lasten terveydestä tehty tutkimus. Mitä opittiin :

Inflammatory potential in relation to the microbial content of settled dust samples collected from moisture-damaged and reference schools: results of HITEA study

Abstract Aiming to identify factors causing the adverse health effects associated with moisture-damaged indoor environments, we analyzed immunotoxicological potential of settled dust from moisture-damaged and reference schools in relation to their microbiological composition. Mouse RAW264.7 macrophages were exposed to settled dust samples ($n = 25$) collected from moisture-damaged and reference schools in Spain, the Netherlands, and Finland. After exposure, we analyzed production of inflammatory markers [nitric oxide (NO), tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin (IL)-6, and macrophage inflammatory protein (MIP)2] as well as mitochondrial activity, viability, apoptosis, and cell cycle arrest. Furthermore, particle counts, concentration of selected microbial groups as well as chemical markers such as ergosterol, 3-hydroxy fatty acids, muramic acid, endotoxins, and glucans were measured as markers of exposure. Dust from moisture-damaged schools in Spain and the Netherlands induced stronger immunotoxicological responses compared to samples from reference schools; the responses to Finnish samples were generally lower with no difference between the schools. In multivariate analysis, IL-6 and apoptosis responses were most strongly associated with moisture status of the school. The measured responses correlated with several microbial markers and numbers of particles, but the most important predictor of the immunotoxicological potential of settled dust was muramic acid concentration, a marker of Gram-positive bacteria.

K. Huttunen^{1,2}, J. Tirkkonen¹,
M. Täubel³, E. Krop⁴,
S. Mikkonen⁵, J. Pekkanen^{3,6},
D. Heederik⁴, J.-P. Zock^{7,8,9},
A. Hyvärinen³,
M.-R. Hirvonen^{1,3}

¹Department of Environmental Science, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland, ²School of Bioscience, Cardiff University, Cardiff, UK, ³Living Environment and Health Unit, National Institute for Health and Welfare, Kuopio, Finland, ⁴Division Environmental Epidemiology, Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, Utrecht, the Netherlands, ⁵Department of Applied Physics, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland, ⁶Department of Public Health, University of Helsinki, Helsinki, Finland, ⁷Centre for Research in Environmental Epidemiology (CREAL), Barcelona, Spain, ⁸Universitat Pompeu Fabra (UPF), Barcelona, Spain, ⁹CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid, Spain

HITEA hanke (EU) : 57 koulua, yli 200 laskeumapölyä koulutiloista, joista 700 mikrobimarkkeri analyysiä...3843 lapsen oireet tutkittu (Huttunen ym, Indoor Air, 2015)

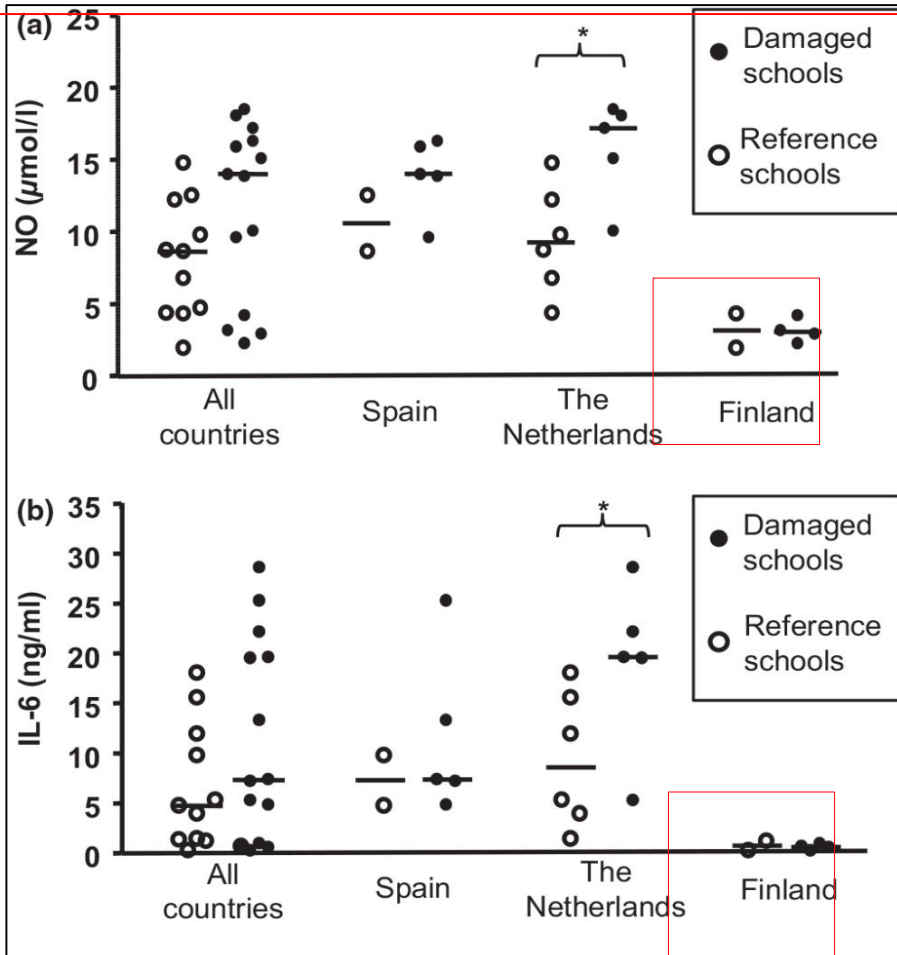


Fig. 1 Concentration of (a) nitric oxide (NO) and (b) interleukin (IL)-6 in the cell culture medium of mouse RAW264.7 macrophages after 24-hour exposure to settled dust collected from moisture-damaged and reference schools in Spain, the Netherlands, and Finland (dose 1:4). Lines represent median values. Statistically significant ($P < 0.05$) difference between schools is marked with an asterisk (*)

Koulujen pölymikrobien immunologinen reaktiivisuus: EU-hankkeen "HITEA" tuloksia espanjalaisten, hollantilaisten ja suomalaisten kosteusvaurioituneista ja verrokkikouluista kouluista yläpinnalle asetettuun laatikkoon kertyneistä pölyistä, kolme 8 viikon keräysjaksoa eri vuodenaikoina. Pölyt kerättiin samanaikaisesti eri maissa. Pölyuutteille altistettiin laboratoriossa hiiren makrofageja, joiden tuottamat typpioksidi NO ja sytokiini IL-6 olivat mittareina makrofagien aktivoitumiselle.

Tulokset osoittivat, että espanjalaiset ja hollantilaiset pölyt aktivoivat makrofageja, mutta suomalaiset EIVÄT AKTIVOI – riippumatta siitä millaisesta koulusta pölyt oli kerätty. Suomalainen koulupöly oli immunologisessa mielessä kuollutta: se ei herättänyt makrofageja.

ORIGINAL ARTICLE

Dampness, bacterial and fungal components in dust in primary schools and respiratory health in schoolchildren across Europe

José Jacobs,¹ Alicia Borràs-Santos,^{2,3,4} Esmeralda Krop,¹ Martin Täubel,⁵ Hanna Leppänen,⁵ Ulla Haverinen-Shaughnessy,⁵ Juha Pekkanen,^{5,6} Anne Hyvärinen,⁵ Gert Doekes,¹ Jan-Paul Zock,^{2,3,4} Dick Heederik¹

ABSTRACT

Background Respiratory health effects of damp housing are well recognised, but less is known about the effect of dampness and water damage in schools. The HITEA study previously reported a higher prevalence of respiratory symptoms in pupils from moisture damaged schools, but the role of specific microbial exposures remained unclear.

Objectives To study associations between school dampness, levels of fungal and bacterial markers, respiratory symptoms and lung function in children.

Methods Primary schools in Spain, the Netherlands and Finland were selected on the basis of the observed presence (n=15) or absence (n=10) of moisture, dampness and/or mould. Settled dust was repeatedly sampled in 232 classrooms and levels of 14 different microbial markers and groups of microbes were determined. Parental reports of respiratory symptoms were available from 3843 children aged 6–12 years, of whom 2736 provided acceptable forced spirometry testing. Country-specific associations between exposure and respiratory health were evaluated by multilevel mixed-effects logistic and linear regression models and combined using random-effects meta-analysis.

Results The prevalence of respiratory symptoms was higher in moisture damaged schools, being more pronounced in Finnish pupils. Effects on lung function were not apparent. Levels of microbial markers were

What this paper adds

- ▶ Several studies found consistent evidence for an association between dampness and mould observations in buildings and adverse effects on respiratory health in domestic and occupational settings; little is known about health effects related to exposure in school buildings.
- ▶ We studied associations between school dampness, microbial exposure and respiratory health in children.
- ▶ Associations were found between school dampness and respiratory symptoms, but not with lung function. These associations were not explained by levels of a range of (molecular) microbial markers.
- ▶ Our results indicate that associations between moisture, microbial exposure and health may vary between countries, meaning that future studies on microbial exposure across different regions and countries should also take into account differences in culture, climate and building use.

Tässä HITEA hankkeen osassa tutkittiin kosteusvaurioisten ja verrokkikoulujen bakteerien ja homeiden DNAta ja muita mikrobiologisia markkereita.

Tulos:

Kaikkien tunnistettujen bakteeri- ja homeajien / sukujen DNA määrät olivat espanjalaisissa ja hollantilaisissa koulupölyissä 50 – 100 kertaa korkeammat kuin suomalaiskoulujen pölyissä. Endotoksiinia, ergosterolia ja glukaaneja oli muissa maissa 10 x enemmän kuin suomalaiskoulujen pölyissä.

Tässä HITEA tulos:Tutkittiin vähintään 15 näytettä kustakin koulusta, 200 kustakin maasta (Lähde: Jacobs ym, 2014 <http://oem.bmj.com>)

Table 1 Average levels of microbial markers in classrooms in three countries during 3 measuring periods

	Spain				The Netherlands				Finland			
	Index		Reference		Index		Reference		Index		Reference	
Number of schools in study	6		2		5		6		4		2	
Number of classroom samples	148		51		114		164		149		60	
Number of pooled classroom samples	56		19		40		57		46		22	
Microbial markers	<DL %	GM* (GSD)	<DL %	GM* (GSD)	<DL %	GM* (GSD)	<DL %	GM* (GSD)	<DL %	GM* (GSD)	<DL %	GM* (GSD)
<i>Measured with EDC</i>												
Endotoxin (in EU/m ² (GSD))	0	21 638 (1.96)	0	20 591 (1.64)	0	42 957 (1.78)†	0	27 031 (1.63)	0	1778 (2.57)‡	0	1397 (2.20)
Glucans (in ng/m ² (GSD))	0	8313 (2.09)	0	9293 (2.47)	0	13 211 (1.76)†	0	10 604 (1.69)	0	1366 (2.42) ‡	0	1098 (1.97)
<i>Measured with SDB (in cell equivalents per SDBs/day)</i>												
Gram negative bacteria (b)	0	82 003 (2.77)	0	69 382 (2.09)	0	59 124 (3.22)†	0	34 569 (3.56)	12	5170 (6.51)	5	8031 (3.9)
Gram positive bacteria (b)	0	40 524 (2.79)	0	49 029 (2.05)	0	22 482 (2.85)	0	16 055 (3.44)	0	8057 (4.13)	0	11 295 (3.24)
Ergosterol (f) (in ng/SDB/day)	8	0.58 (2.02) †	24	0.38 (2.17)	12	0.66 (2.82)	25	0.46 (2.95)	83¶	0.08 (0–0.86)	95¶	0.01 (0–0.58)
<i>Cladosporium herbarum</i> (f)	2	83 (6.2)	6	73 (7.13)	0	95 (6.41)	2	88 (8.39)	71¶	0.06 (0–139)	52¶	0.47 (0–267)
<i>Mycobacterium</i> spp. (b)	9	2103 (9.17)	11	2379 (10.12)	0	5901 (3.92)	2	3992 (6.14)	45¶	39 (0–24 182)	48¶	33 (0–16 741)
<i>Penicillium chrysogenum</i> (f)	72¶	2.35 (0–1391)	78¶	0.57 (0–7186)	74¶	2.26 (0–1824)	84¶	0.84 (0–828)	93¶	0.07 (0–1596)	100	-
Group <i>Penicillium</i> spp/ <i>Aspergillus</i> spp/ <i>Paecilomyces varotii</i> (f)	0	3342 (3.34) ‡	0	5636 (1.9)	0	2261 (3.68)†	0	1162 (3.47)	29	66 (13.8)	43	31 (22.24)
<i>Streptomyces</i> spp (b)	26	1181 (9.61)	39	511 (14.14)	9	6947 (5.9)‡	11	3511 (5.87)	100	–‡	90¶	0.49 (0–3569)¶
<i>Stachybotrys chartarum</i> (f)	98¶	<0.1 (0–38.53)	94¶	<0.1 (0–556)	94¶	<0.1 (0–7.19)	93¶	<0.1 (0–22.82)	98¶	<0.1 (0–5.2)	100	-
Group <i>Trichoderma viride atroviride/koningii</i> (f)	98¶	0.13 (0–1303)	100	–	100	–	93¶	14.13 (0–704)	100	–	95¶	3.36 (0–528)
<i>Wallemia sebi</i> (f)	98¶	<0.1 (0–387)	100	–	65¶	0.93 (0–350)‡	82¶	<0.1 (0–670)	100	–	100	–
<i>Eurotium amstelodami</i> (f)	6	131 (6.42)	6	168 (4.56)	0	137 (4.24)	2	120 (4.36)	45¶	3.56 (0–1348)	57¶	1.19 (0–865)
Average number of detectable markers (minimum–maximum)	7.8 (6–10)		7.4 (5–10)		8.4 (6–10)		8.1 (5–10)		4.2 (1–7)		4.1 (1–7)	
Average sum score (minimum–maximum)	13.1 (4–25)		15.4 (7–24)		15 (2–24)		12.7 (0–27)		13.3 (2–25)		13 (3–15)	

(b) Bacterial and (f) fungal markers.

* GM estimated using left-censored regression analysis.

†Compared with reference $p \leq 0.05$.

‡Compared with reference $0.05 < p \leq 0.10$.

§SDB sampling area is 45×20 cm.

¶Owing to the large number of non-detects, GSDs cannot be reliably estimated with left-censored regression and minimum and maximum are shown.

DL; detection limit; GM: geometric mean; GSD: geometric SD; SDB, settled dust boxes.

Dampness and mould in schools and respiratory symptoms in children: the HITEA study

Alicia Borràs-Santos,^{1,2,3,4} José H Jacobs,⁵ Martin Täubel,⁶ Ulla Haverinen-Shaughnessy,⁶ Esmeralda JM Krop,⁵ Kati Huttunen,⁷ Maija-Riitta Hirvonen,^{6,7} Juha Pekkanen,⁶ Dick JJ Heederik,⁵ Jan-Paul Zock,^{1,2,3} Anne Hyvärinen⁶ **Occup Environ. Med 2013, 70, 681-687**

ABSTRACT

Background The adverse respiratory health effects of dampness and mould in the home have been extensively reported, but few studies have evaluated the health effects of such exposures in schools.

Objectives To assess the associations between dampness and mould in school buildings and respiratory symptoms among 6–12-year-old pupils in three European countries with different climates.

Methods Based on information from self-reports and observations, we selected 29 primary schools with and 27 without moisture damage in Spain, the Netherlands and Finland. Information on respiratory symptoms and potential determinants was obtained using a parent-administered questionnaire among 6–12-year-old pupils. Country-specific associations between moisture damage and respiratory symptoms were evaluated using multivariable multilevel mixed effects logistic regression analysis.

Results Data from 9271 children were obtained. Nocturnal dry cough was consistently associated with moisture damage at school in each of the three countries: OR 1.15; 95% CI 1.00 to 1.30 with *p* for heterogeneity 0.54. Finnish children attending a moisture damaged school more often had wheeze (OR 1.36; CI 1.04 to 1.78), nasal symptoms (OR 1.34; CI 1.05 to 1.71) and respiratory-related school absence (OR 1.50; CI 1.10 to 2.03). No associations with these symptoms were found in the Netherlands or Spain (*p* for heterogeneity <0.05).

Conclusions Moisture damage in schools may have adverse respiratory health effects in pupils. Finnish school children seem to be at higher risk, possibly due to quantitative and/or qualitative differences in exposure.

What this paper adds

- Exposure to dampness and mould in the home has been associated with adverse respiratory health effects.
- Dampness and mould in schools may also have adverse respiratory health effects in children, particularly in Northern Europe.
- Geographical differences in these effects may be related to qualitative and/or quantitative microbial exposure differences due to variations in climate and in building characteristics.
- Avoidance or remediation of damp and mould problems in school buildings may benefit pupils' respiratory health.

Institute of Medicine (USA), the prevalence of home dampness varies from 10% to 50% in affluent countries and is similar in developing countries.¹ A recent European review has shown a prevalence of home dampness of 12%.³

Table 2 Health outcomes of the study population by country and exposure to dampness/moisture damage at school

	Spain		The Netherlands		Finland	
	Damaged (n=1425)	Non-damaged (n=1333)	Damaged (n=1146)	Non-damaged (n=1305)	Damaged (n=1903)	Non-damaged (n=2159)
Ever asthma	94 (7%)	67 (5%)	134 (12%)	133 (10%)	189 (10%)	204 (10%)
Ever hay fever	126 (9%)	127 (10%)	NA	NA	539 (29%)	594 (28%)
Symptoms in the last 12 months						
Wheezing	143 (10%)	145 (11%)	110 (10%)	125 (10%)	281 (15%)	239 (11%)*
Asthma attack	34 (2%)	28 (2%)	44 (4%)	39 (3%)	67 (4%)	77 (4%)
Nasal symptoms	330 (24%)	313 (24%)	267 (24%)	304 (24%)	707 (39%)	649 (31%)*
Congestion/phlegm	99 (7%)	90 (7%)	103 (9%)	119 (9%)	222 (12%)	202 (9%)*
Dry cough at night	296 (22%)	250 (20%)	226 (20%)	252 (20%)	317 (17%)	277 (13%)*
Any infection†	744 (62%)	715 (63%)	656 (61%)	731 (60%)	783 (44%)	852 (42%)
Respiratory medication	165 (12%)	165 (13%)	109 (10%)	124 (10%)	226 (12%)	222 (10%)
Missed school days caused by respiratory problems	122 (9%)	127 (10%)	58 (5%)	55 (4%)	103 (5%)	80 (4%)*

KOULULAISTEN TERVEYS: Tässä HITEA hankkeen osassa tutkittiin koululaisten (n= 9271) terveyshaittoja kosteusvaurioisissa ja verrokkikouluissa, Suomessa, Hollannissa ja Espanjassa.

Tulos kertoo että suomalaislapset kärsivät kosteusvaurioisissa kouluissa vinkuvasta hengityksestä, nenäoireista, ja olivat poissa koulustaan hengitystieoireiden vuoksi.

Joissakin oireryhmissä, kuten astma ja nenän oireet, suomalaislapset sairastivat enemmän kuin hollantilaiset tai espanjalaiset lapset omissa vauriokouluissaan. (Borràs-Santos ym., 2013)

EU-HITEA opetuksia: Suomalaisen koulun sisätilamikrobisto (homeet ja bakteerit) on HITEA tutkimuksen valossa mitättömän vähäinen hollantilaisiin ja espanjalaisiin kouluihin verrattuna, mutta terveyshaittaoireilua on Suomessa enemmän. Tämä kyseenalaistaa terveyshaittaoireilun kytkennän ”homeisiin” . – Mikrobien vähyydellä ja terveyshaitoilla voisi olla yhteinen syy: eläville soluille sopimaton ympäristö (haitta-aineita? Eliöitä tuhoavia fysikaalisia tekijöitä?).

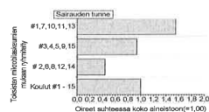
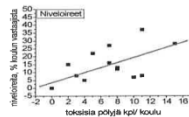
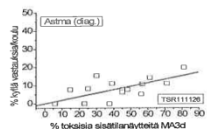
Helsingin Yliopiston tutkimuksissa mitattiin elävien mikrobien läsnäoloa pääkaupunkiseudun kouluissa (2015) laskeumamaljoilla ja pyyhintänäyttein.

Tulokset sisäilmaongelmallisesta koulusta pääkaupunkiseudulla osoittivat että:

- Bakteerimaljat (TSA) **jäivät usein tyhjiksi** tai niille kasvoi homeita
- Homeiden kasvuun tarkoitetuille maljoilla (mallasagar) kasvoi **harvakseltaan homeita** (sisätiloissa 0 – 5 pesäkettä/h) vaikka samaan aikaan otetussa ulkoilmanäytteessä maljalle kasvoi >100 pesäkettä.
- Kun HOME-kouluksi leimautuneen koulun luokkatiloista kerättyä 38 erillispesäkkeen saalista analysoitiin, niistä 27 (**71%**) **osoittautui mykotoksiinien tuottajiksi**.
Sipoolaisessa koulussa, jossa ei terveyshaittaa valitettu: 46 tutkitusta pesäkkeestä vain 5 oli toksista (11%). HOME-koulun naapurikoulun (1,5 km), jossa opettajat (rehtorin mukaan) voivat hyvin, laskeumamaljoilla kasvoi paljon sekä bakteereja että homeita.

Helsingin koulut, - sisäilmaan liittyvän oireilun ja toksisuuden tutkimus

Loppuraportti TSR hanke 111126



Hankkeen toteuttajat:

InspectorSec Oy

Helsingin Yliopiston Elintarvike- ja ympäristötieteiden Iits

Työsuojelurahaston hanke Tsr111126

(tutkittiin 403 koululuokkaa, 15 koulua):

Mallas-agarille kasvaneiden

laskeumanäytteiden toksisuus ennusti hyvin

joidenkin sisäilmaoireityyppien (alleviivattu)

esiintymistä opettajissa. **Kouluissa, joissa**

>50% saman koulun näytteistä oli toksisia,

opettajien oireilu oli n. kaksinkertainen 2x

verrattuna kouluihin joissa <20% näytteistä oli

toksisia.

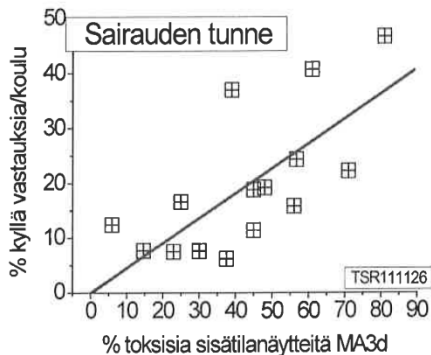
Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin Yliopisto

Tsr 111126 (13.2.2012) hankkeen loppuraportista:

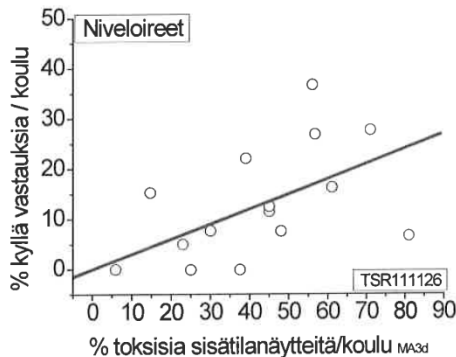
Taulu 3A. Koulujen sisätilanäytteiden toksisuus ja henkilöstön terveyshaittaoireet

Toksiset mikrotilaskeumat*:	vähiten toksisia:	keskiryhmä	eniten toksisia:	kaikki koulut				
Koulujen lkm	5 koulua	5 koulua	5 koulua	15 koulua				
Koulujen koodit	#2,6,8,12,14	#3,4,5,9,15	#1,7,10,11,13	#1 - #15				
Laskeumanäytteitä, n	113	138	119	370				
Toksisia laskeumia*, n	30	56	76	162				
Toksisten laskeumien osuus, %	26,5	40,5	63,9	43,7				
Terveyshaittakyselyn tulokset:								
Vastaajat, n	123	121	138	382				
Kysytty 136 erillistä oireita								
Oireiryhmät (32 kpl):								
	Kyllä, n	%	Kyllä, n	%	Kyllä, n	%	Kyllä, n	%
Yleisoireet	51	41,5	63	52,1	74	53,6	188	49,2
Päänsärky	33	26,8	52	43,0	43	31,2	128	33,5
Väsymys	34	27,6	36	29,8	52	37,7	122	31,9
Sairauden tunne	11	8,9	23	19,0	43	31,2	77	20,2
<u>Yleiskunnon lasku</u>	16	13,0	19	15,7	34	24,6	69	18,1
Pahoinvointi	5	4,1	4	3,3	11	8,0	20	5,2
Nenäoireet	42	34,1	54	44,6	79	57,2	175	45,8
Kurkkuoireet	28	22,8	48	39,7	65	47,1	141	36,9
Silmäoireet	23	18,7	44	36,4	59	42,8	126	33,0
Univaikeudet	31	25,2	28	23,1	48	34,8	107	28,0
Ihon oireet	23	18,7	27	22,3	43	31,2	93	24,3
Yskä	17	13,8	28	23,1	42	30,4	87	22,8
Herkytyminen haju ym	25	20,3	23	19,0	41	29,7	89	23,3
Ruuansulatuskanavan oireet	27	22,0	23	19,0	37	26,8	87	22,8
<u>Sydän ja verisuonioireet</u>	15	12,2	21	17,4	28	20,3	64	16,8
Lämmönsäätelyn häiriöt	18	14,6	16	13,2	25	18,1	59	15,4
Korvat&Kuulo	16	13,0	13	10,7	27	19,6	56	14,7
Hajuaistin oireet	20	16,3	8	6,6	33	23,9	61	16,0
Niveloireet	8	6,5	15	12,4	31	22,5	54	14,1
Psykyen ongelmat	16	13,0	13	10,7	21	15,2	50	13,1
Tasapainoasti	19	15,4	14	11,6	17	12,3	50	13,1
<u>Hengitysvaikeudet</u>	9	7,3	9	7,4	24	17,4	42	11,0
Näköaistin häiriöt	13	10,6	11	9,1	11	8,0	35	9,2
Aineenvaihd&hormonihäiriöt	14	11,4	15	12,4	15	10,9	39	10,2
<u>Neurologiset</u>	9	7,3	5	4,1	23	16,7	37	9,7
Kipu	6	4,9	5	4,1	16	11,6	27	7,1
Makuuain häiriöt	4	3,3	4	3,3	6	4,3	14	3,7
Ihotunnon häiriöt	8	6,5	2	1,7	4	2,9	14	3,7
Allerginen nuha (diag)	16	13,0	18	14,9	21	15,2	55	14,4
Atopia	12	9,8	12	9,9	14	10,1	38	9,9
<u>Astma (diag.)</u>	4	3,3	12	9,9	17	12,3	33	8,6
Antibioottikuurit, lkm #	34	27,6	28	23,1	33	23,9	95	24,9
Kaikki oireiryhmät yhteensä (ei antibiootit):			573		665		1004	

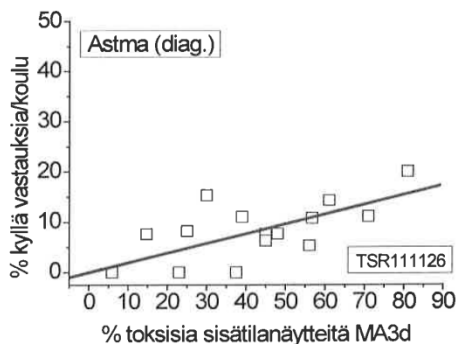
*Tässä taulussa näytetty toksisuus mitattiin 1 h laskeuman kasvustosta mallasagarilla, 3 d siittäesti, viitearvo EC50 12 ug/ml
2012-02-20 Mirja Salkinoja-Salonen HY_EYT; Janne Salin OY & InspectorSec Oy, Pekka Salin, Katri Nelo InspectorSec Oy
TSR Hanke 111126/ Helsingin Yliopisto, InspectorSec Oy, Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, 2011



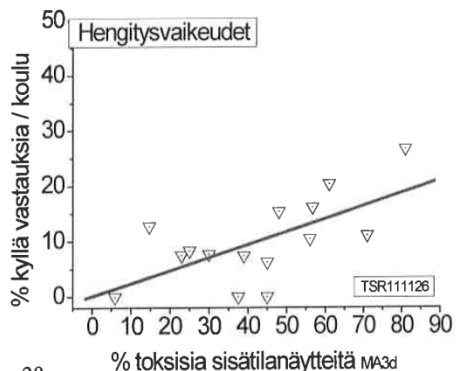
Kuva 25



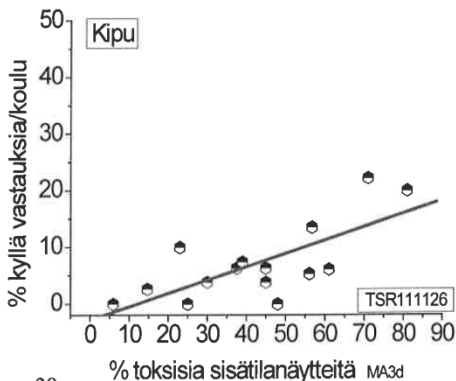
Kuva 26



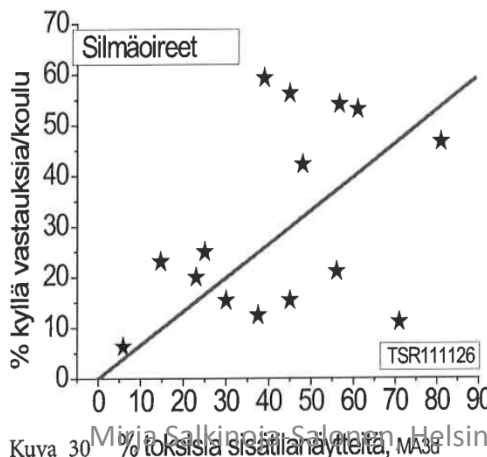
Kuva 27



Kuva 28



Kuva 29



Kuva 30 Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin Yliopisto

Työsuojelurahaston
hankkeen Tsr111126
loppuraportista: **Kouluissa,
joiden näytteistä >50% oli
toksisia, opettajien oireilu oli
n. kaksinkertainen verrattuna
kouluihin joissa <20%
näytteistä oli toksisia.**

Raportti löytyy kokonaisuudessaan (3
taulukkoa, 84 kuvaa, 32 sivua tekstiä)
Helsingin Yliopiston TUHAT
tietokannasta (Salkinoja-Salonen
Mirja, Salin Janne, Salin Pekka, Nelo
Katri, 13.2.2012)



Kouluissa ja toimistoissa, joissa tilankäyttäjillä oli runsaasti sisäilmaan liitettyjä terveyshaittoja, homeet olivat harvalukuisia, mutta enemmistöltään toksisia ja biosidiresistenttejä: ne kasvoivat yhtä hyvin riippumatta siitä, sisälsikö viljelymal mallasuutteen ohella:

- boorikemikaaleja (5000 ppm)
- arseenipentoksidia (500 ppm)
- PHMBtä (500 ppm) tai PHMGtä

KUVA: seuraava slaidi

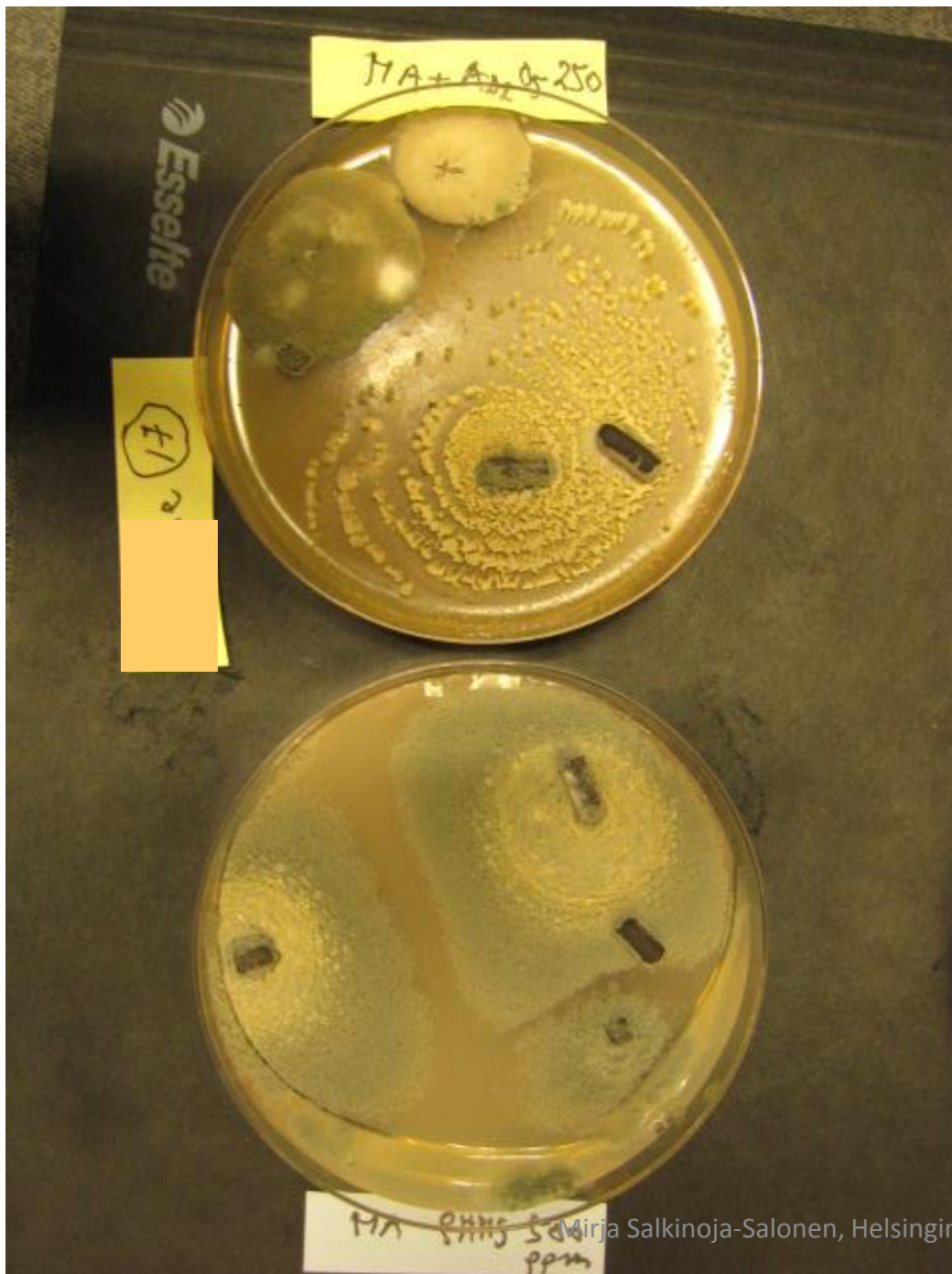
Sairaissa kouluissa homeita oli harvalukuisesti, mutta ne olivat, saman tontin ulkoilmanäytteisiin verrattuna, biosidiresistenttejä. Eräessä koulussa oli homeita jotka jopa sietivät DDACTä (didekyylidimetyyli ammonium kloridi, 500 ppm) (=markkinoiden tehokkain homeenestoaine)

MITEN TÄMÄ HAVAINTO pitäisi tulkita?

Rakennuksen ylläpidossa on saatettu käyttää biosidisia kemikaaleja, jolloin rakennukseen on valikoitunut biosideja kestäviä homekantoja. ”Luonnonhomeet” joita tulee varsinkin sulana vuodenaikana ilmanvaihdon ja ihmisten mukana sisätiloihin, eivät menesty biosidilla aineilla käsitellyissä tiloissa.

Siivousaineet ja maalit saattavat sisältää haihtumattomia antimikrobisia biosideja (tert. ja kvat. ammonium yhdisteitä, ja isotiatsoliini-yhdisteitä). Haihtumattomat biosidiset aineet eivät poistu sisätilapinnoilta ilmanvaihdon myötä, vaan vaikuttavat pitkään (markkinatuotteissa mainostetaan ”pitkäkestoista homeenesto vaikutusta”) estäen bakteerien sekä useimpien homeiden kasvua / elossapysymistä käsitellyillä pinnoilla. Koneellinen ilmanvaihto aiheuttaa turbulenssin joka irrottaa käsitellyiltä sisätilapinnoilta biosidista aerosolia, joka hengitysilmassa voi aiheuttaa oireita ihmiselle.





Sisäilmaongelmaisissa kouluissa on tyypillistä, että lähes joka luokkaan on hankittu ilmanpuhdistin. Niitä on hyvin monenlaisia. Puhdistimien avulla luokan ilmasta tai tuloilmakanavan sisääntulosta yritetään poistaa haitta-aineita erilaisin suodattimin, sähköllä, otsonilla, happiradikaalien tuotolla, aktiivihiilellä....

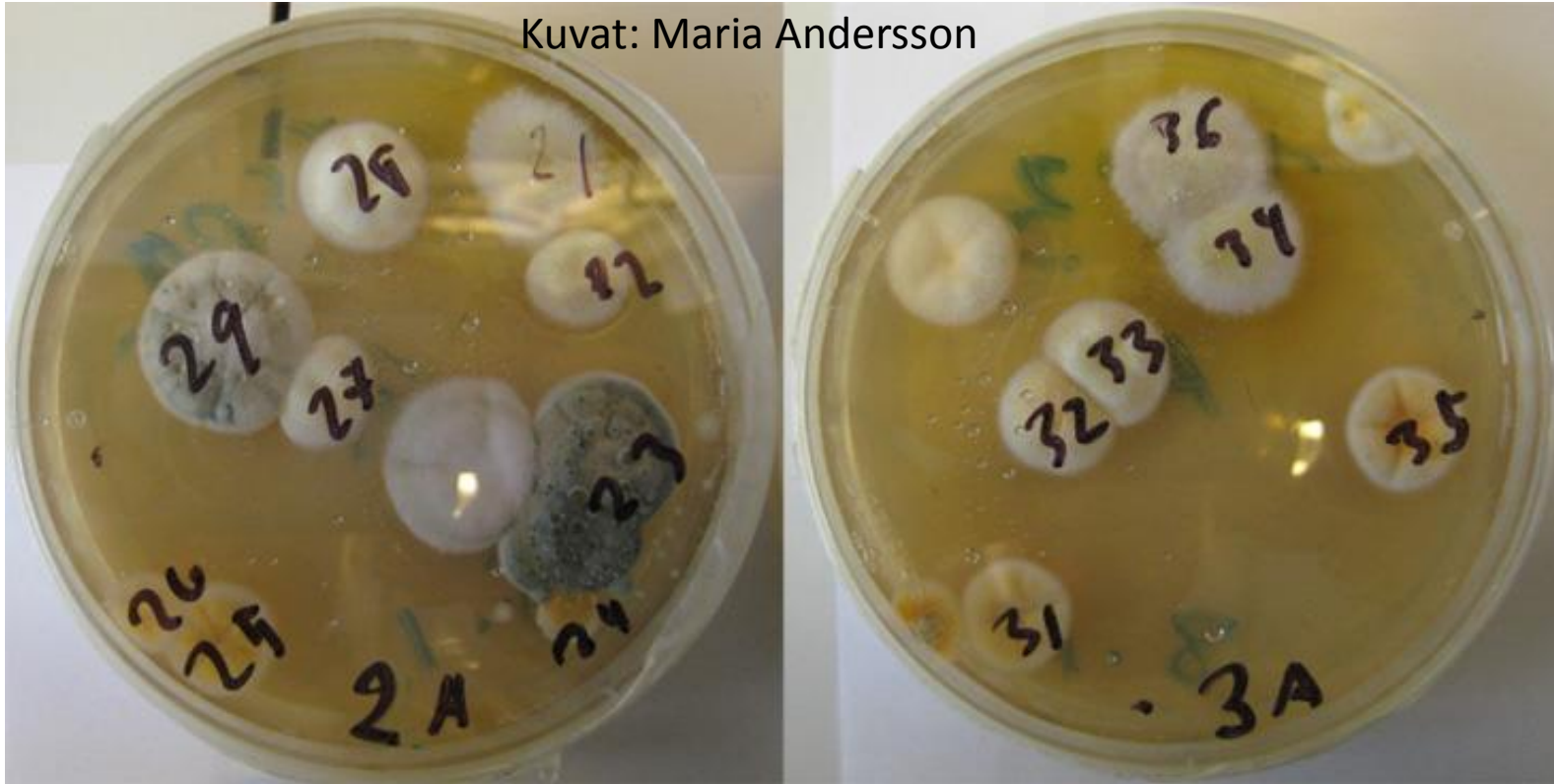
USEIMMILLE

”puhdistus”menetelmille on yhteistä: tavoitteena on TAPPAA mikrobeja...

Tappamista saadaankin aikaan: puhdistus tai desinfiointitoimien jälkeen ilmassa on VÄHEMMÄN mikrobeja, mutta ne, jotka siellä ovat, ovat PÄÄOSIN (> 70% toksiinin tuottajia. Nämä ovat ulkoilmassa tai ”terveessä” sisäilmassa vain VÄHÄN (10%).

Rakennuksien toksisia mikrovesikkelejä tuottavat homeet ovat osin samoja lajeja kuin viljelykasvien tuholaihomet: *Stachybotrys chartarum*, *Penicillium expansum*, *Trichoderma* lajit ja *Aspergillus*, *Chaetomium*. Kasvipatogeenisten homeiden tiedetään levittävän toksinejaan mikrovesikkeleinä, jotka leviävät ulkoilmassa kosteuden ja tuulen mukana ympäristöön, aiheuttavat seuraavan isäntäkasvin solukossa vaurion, jonka avulla itiöt pääsevät tunkeutumaan uuteen isäntäkasviin....

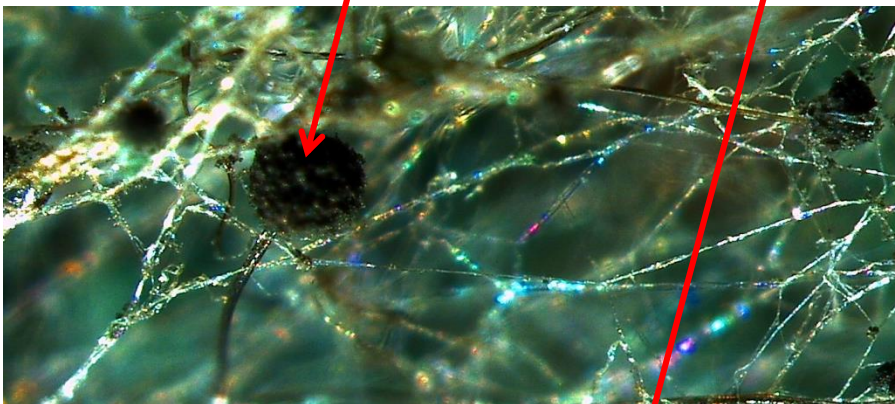
Kuvat: Maria Andersson



Helsingin Yliopiston ja Aalto Yliopiston tutkijat havaitsivat, että silloin kun rakennuksen sisäpinnoilla tai rakenteissa kasvoi yllämainittujen lajien toksineja tuottavia homeita, nekin tuottivat "hometautia", toksineja sisältäviä mikropisaroita, joita koneellinen ilmanvaihto ja sisätilan alipaineisuus voivat kuljettaa sisätiloihin, tilankäyttäjien hengitysilmaan.....

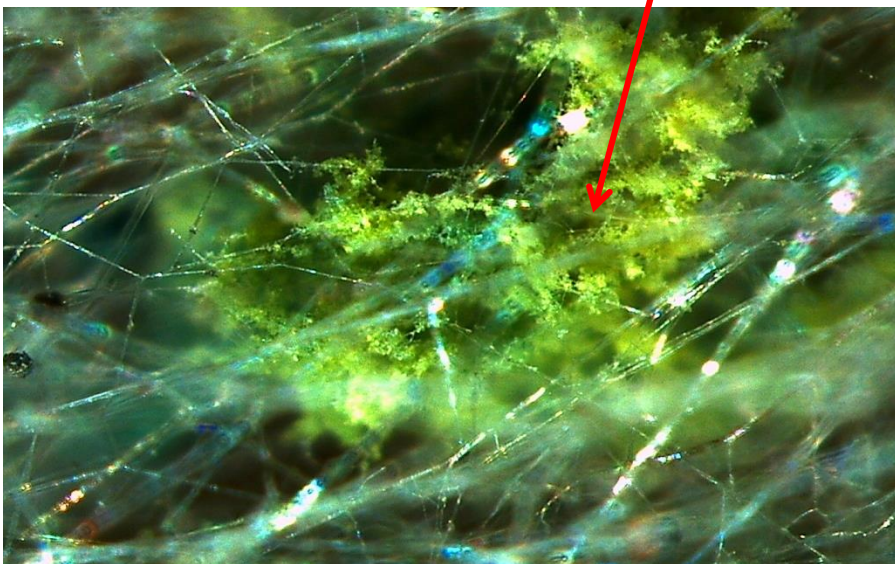


Sisätilojen toksisten homeiden havaittiin erittävän myrkkynsä mikroskooppisen pieninä nestepisaroina. Koneellisen ilmanvaihdon aiheuttama ilman turbulenssi pirstoo pisaroita ja ilman konvektio kuljettaa niitä sisäilmaan Lähde: Salo J, ym. 2015 Proc. Healthy Buildings 2015 – Europe (ISIAQ International), Eindhoven, NL, May 18 -20, 2015, Paper ID526, 8 pp E.1 Sources & Exposure, Source control



Kuvat: Maria Andersson, Helsingin Yliopisto

Sisäilmaongelmaisen rakennuksen tuloilman suodattimesta löytynyt toksinen home eritti toksiinipisaroita: *Chaetomium sp.*





Koulujen siivouksessa käytetään isotiatsoliini-ryhmän biosideja sisältäviä siivous aineita. Näitä on yhdisteitä siivoustuotteissa neljä

erilaista:

 MI	2-Methyl-4-isothiazolin-3-one CAS no. 2682-20-4 MW = 115.2 $\log P_{ow} = -0.11$
 MCI	5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one CAS no. 26172-55-4 MW = 169.6 $\log P_{ow} = 0.60$
 OIT	2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-one CAS no. 26530-20-1 MW = 213.3 $\log P_{ow} = 3.6$
 Dichloro-OIT	4,5-Dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one CAS no. 64359-81-5 MW = 282.2 $\log P_{ow} = 4.9$

Suomalaisiissa kouluissa käytettyjä (tiedot tuotteiden KTT:stä):
2-Metyyli-4-isotiatsolin-oni (MIT), ("SAPU", Berner OY, "TahraSpurt", Kiilto OY; KiiltoAlvari, Kiilto Biorine, Kiilto KISU

5-kloori-2-metyyli-4-isotiatsolin-3oni;
Metyyli-kloori-isotiatsolinoni (MCI), ("SAPU", Berner OY), Kiilto Biorine

2-n-Oktyyli-4-isotiatsolin-3-oni (OIT);
Bentsyyli-isotiatsolinoni (TahraSpurt, Kiilto OY, KiiltoAlvari; Kiilto KISU

4,5-Dikloori-2-n-oktyyli-4-isotiatsolin-3-oni

Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin Yliopisto

Isotiatsoliini-ryhmän antimikrobiset aineet ovat maailman pahamaineisin herkistävä kemikaali: ovat aiheuttaneet pandeemisen kosketusallergian, tästä esimerkkejä:

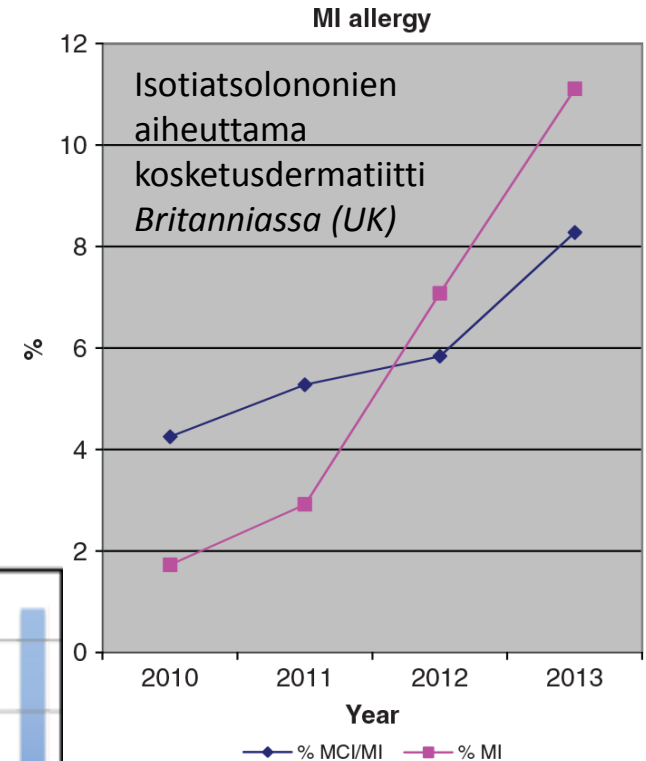
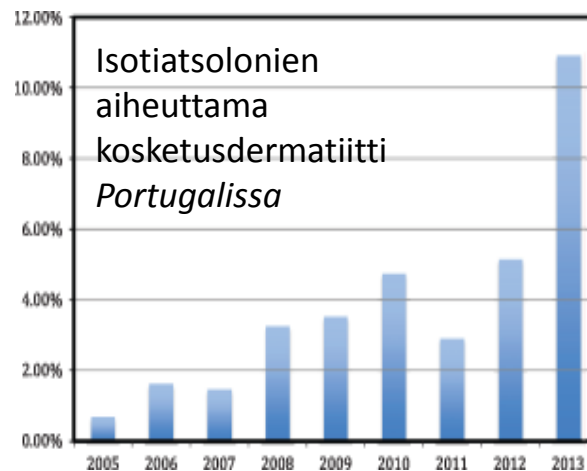
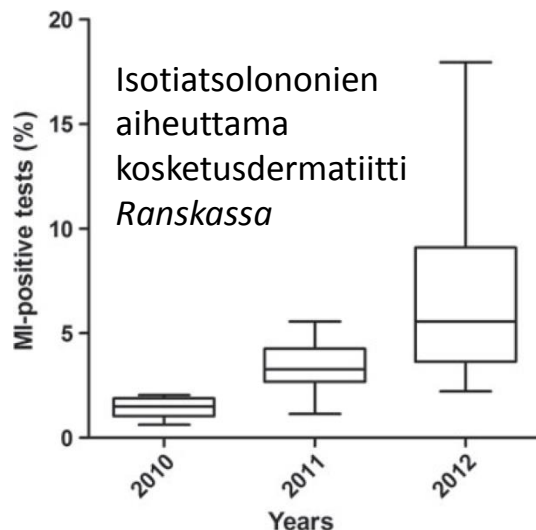


Isoissa Britanniassa metyyli-isotiatsolinoni (MIT)-kosketusallergiaan sairastuminen **8- kertaistui kolmessa vuodessa**: 1,7% (2010); 2,9% (2011); 7,1% (2012), 11,1% (2013) (tutkittiin 2200 -2800 henkilöä/vuosi).

Ranskasta raportoitiin CMIT/MIT aiheuttama allergiaepidemia: v. 2010 1,5%, v. 2012 5,6% väestöstä.

Portugalissa CMIT / MIT isotiatsolinoni- allergisoituneiden osuus **15- kertaistui** <1% :sta (2005) 10,9%:iin (2013)

Suomessa Kathon CG:lle (= isotiatsolonien MIT & CMIT kaupallinen seos) allergisoituneiden henkilöiden lukumäärä **nousi nolasta (v. 1983) 0,7%:een (1985) ja 4,6%:iin (1986)** muutamassa vuodessa.



Lähteet: Johnston; Hosteing ym Gameiro ym , Contact Dermatitis (2014) 70, 238-240; 242-243; 262-269.

Fig. 3. Percentages of methylisothiazolinone (MI)-positive tests from 2010 to 2012. The graph shows the median of MI sensitization rate with 10th and 90th percentiles/minimum and maximum values.



Isotiatsolinonit ovat aiheuttaneet pandeemisen kosketusdermatiitti- ja allergiaepidemian



Isotiatsoloneja tuotetaan maailmassa miljoonia kiloja ja sitä sisältäviä tuotteita myydään kuluttajille ja julkisiin laitoksiin. **Näiden aineiden antimikrobisia ominaisuuksia erehdytään usein pitämään hygienialle hyödyllisenä .**

Päiväkodeissa ja kouluissa sekä lapset että hoitohenkilöstö ja muut työntekijät henkilöstö käytännössä pakotetaan altistumaan, koska siivousaineiden valinnat päättää muu taho kuin näiden henkilöstö.

8-vuotias lapsi sairastui isotiatsolin-yhdisteitä sisältävien kosteuspyyhkeiden käytöstä. *Hänen oireensa hävisivät kun luovuttiin kosteuspyyhkeiden käytöstä.*

LÄHDE: Six Children With Allergic Contact Dermatitis to Methylisothiazolinone in Wet Wipes (Baby Wipes) Wu Chan & Nakrani, 2014, *Pediatrics* 133 pp e434-e438



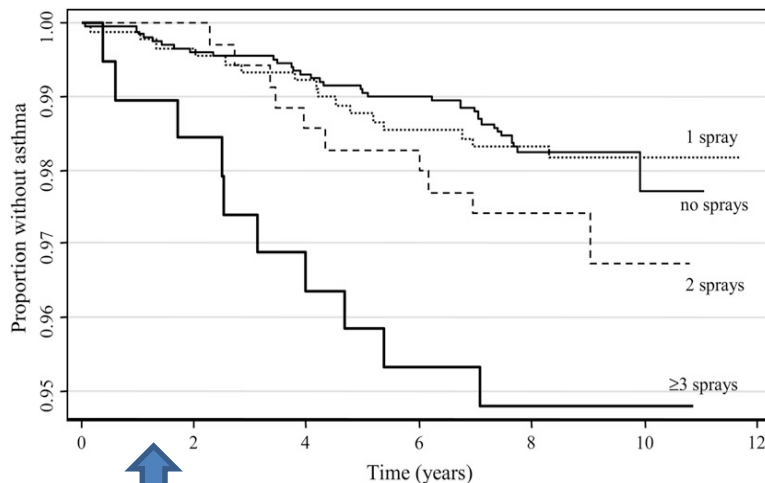
Suomessa isotiatsoliini-yhdisteet ovat yleisiä siivoustuotteissa, maaleissa, liimoissa, pintasivelyaineissa, tiivistyspastoissa:

Tunnetun rautakaupaketjun myynnissä olleista kuluttaja- / laitossiivoustuotteista ja maaleista ja liimoista 60% sisälsi yhtä tai useampaa isotiatsolinoni-biosidia (2014).

Pistokokeet (n = 10, 2014) pääkaupunkiseudulla viittavat siihen että yli puolessa kouluista siivottiin isotiatsoliini-yhdisteitä sisältäviä tuotteita käyttäen. Näissä tiloissa toimivat opettajat altistuvat joka päivä isotiatsolinoneille ammatissaan. **Oppivelvollisuuslaki pakottaa lapset altistumaan isotiatsolinoneille.**

Lisäaltistumista aiheutuu siitä, että **siivous tehdään "leave-on" menetelmällä**, eli pyyhintään käytetyt siivousaineet jätetään pinnoille eikä huuhdota pois ("rinse-off"). Pinnoille kertyy ajan mittaan melkoinen biosidikuorma, jonka koneellisen ilmanvaihdon turbulenssi ja mekaaninen kulutus (kävely, tavaroiden siirtely) levittää sisäilmaan.

Siivoajien ammattikunta lisää-altistuu keuhkojen kautta käyttäessään siivousaineiden levittämiseen suihkepulloja:



Jo kolme suihkepullon käyttökertaa viikossa kaksinkertaisti astmaan sairastuneiden osuuden siivoajista

Epidemiologisissa tutkimuksissa on todettu suihkutettavien siivoustuotteiden käytön ja astmaan sairastumisen yhteys (UK, ES,

NL, I, DE, SE GR, FI, CDN, USA). Zock ym 2007, Am J Respir Crit Care Med 176: 738; Sherwood Burge & Richardson 1994, Thorax 49: 843

Johnston (2014) ja Gameiro ym (2014) , Contact dermatitis 70, 238-240 ja 242-243; Salkinoja-Salonen, julkaisematon (2014).



Veden käyttö siivouksessa on Suomessa – **homeiden pelossa?** – minimoitu, joten isotiatsoloneja kertyy pyyhityille pinnoille kun sitä ei huuhdota pois.

Kuivuneista pyyhintäpinnoista irtoaa hienoa isotiatsolinoni-pölyä, joka altistaa ihoa ja hengitysteitä.

Isotiatsoliini-altistuksen rajoittaminen:

1. EU komissio

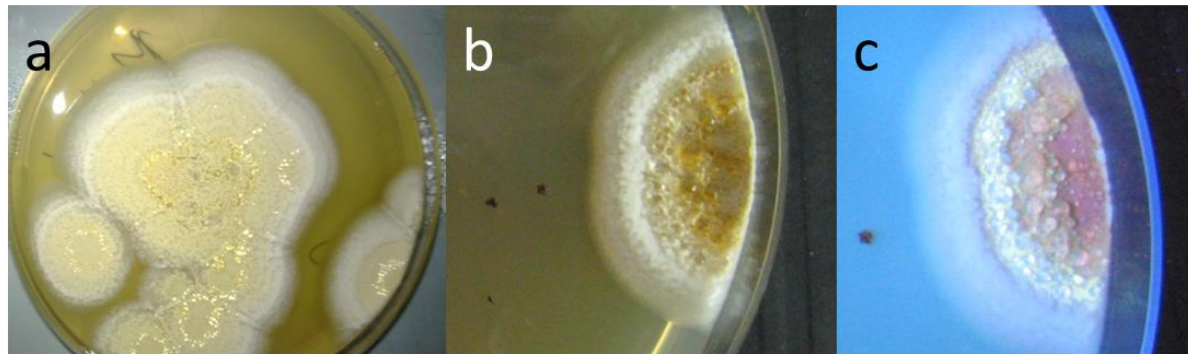
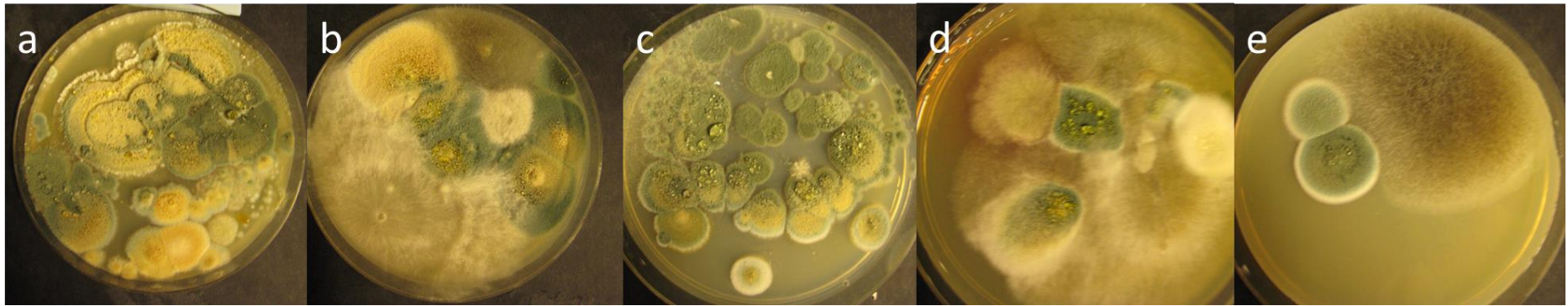
Pahin herkistäjä, 5- kloori-2-metyyli-2H-isotiatsoli-3-oni (CMIT) on poistettu EU:ssa sallittujen biosidien listalta, mutta rakennuksissa sitä voi olla pitkään.

EU komissio on rajoittanut tiatsolinoni biosidien käyttöä toistaiseksi vain kosmetiikassa (ei saa ylittää 15ppm eli 0.015 mg/g)

2. Saksan ympäristöviranomaisen

on määrännyt, että työpaikan hengitysilman korkein sallittu OIT pitoisuus on $50 \mu\text{g m}^{-3}$ ja CIT/MIT (3:1) korkeintaan $200 \mu\text{g m}^{-3}$. Muulle kuin ammatissa altistumiselle ohjearvo on $0.05 \mu\text{g m}^{-3}$. OIT ja BIT arvellaan olevan vähemmän herkistäviä kuin CIT/MIT. BIT'ille ei ole viitearvoa epidemiologisten ja toksikologisten tietojen puutteellisuuden takia.

3. Suomi ??

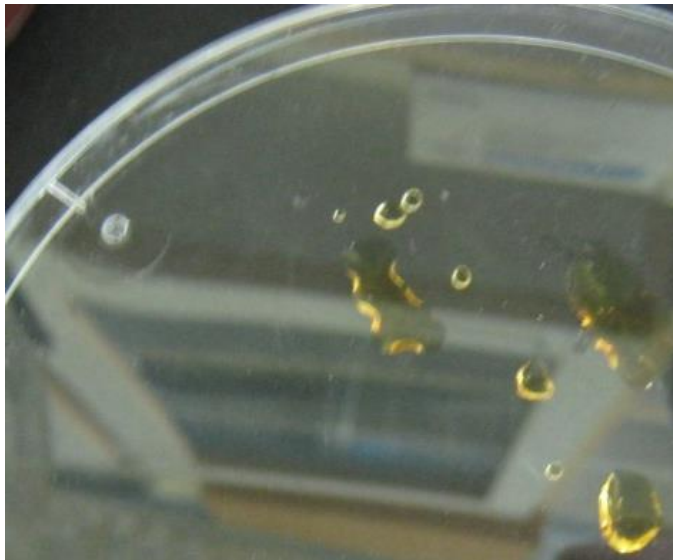
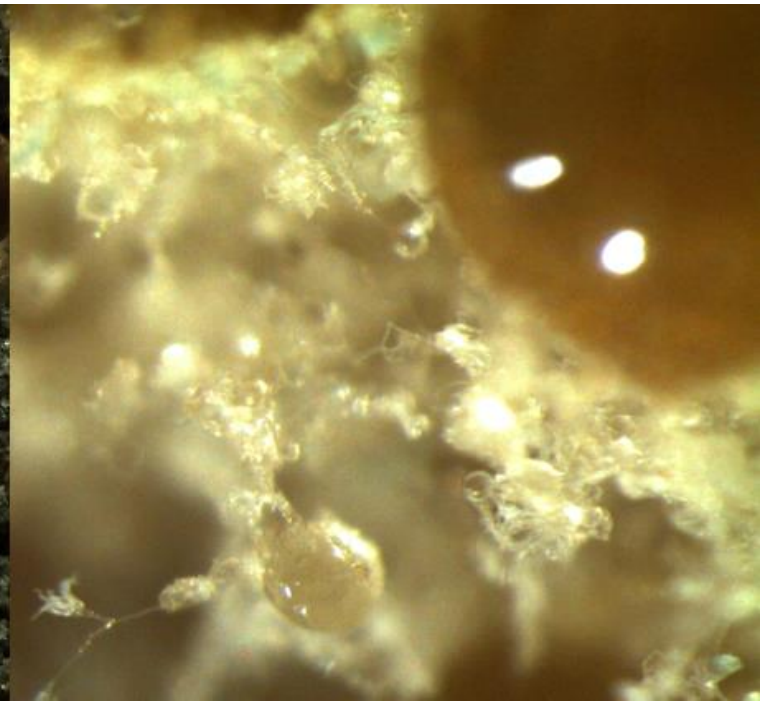
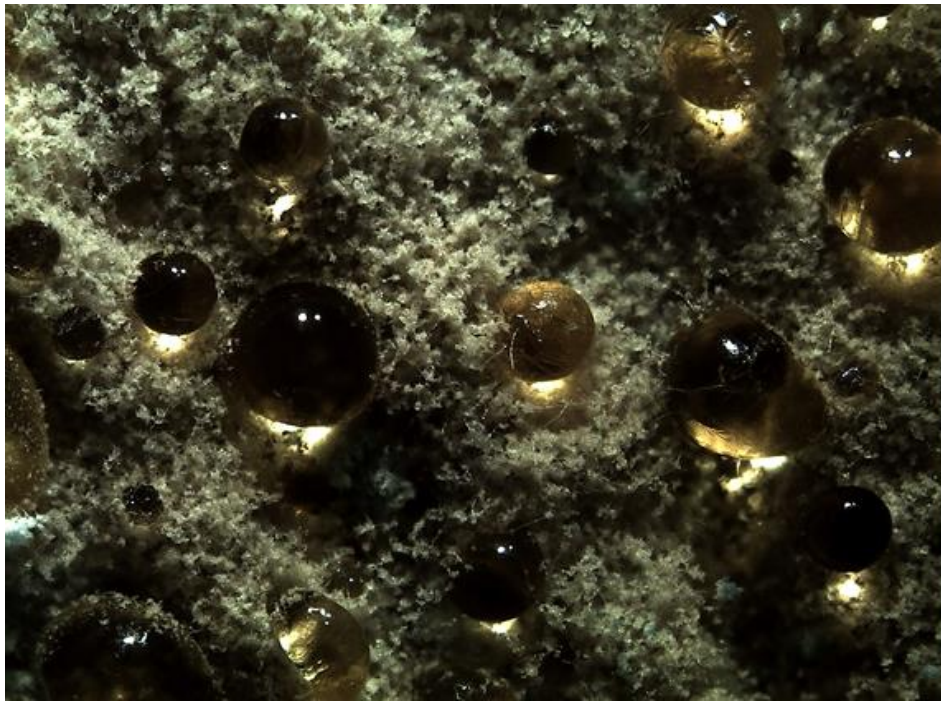


Kaikki näille maljoille kasvaneiden laskeumanäytteiden homepesäkkeet tuottivat **toksiseen nesteeseen täyttämiä** mikrovesikkelejä. *Penicillium expansum*.

Lähde: Salo J, Andersson M. A., Mikkola R., Kredics L., Viljanen M., Salkinoja-Salonen, M. 2015. Proceedings of: Healthy Buildings 2015 – Europe (ISIAQ International), Eindhoven , The Netherlands , May 18 -20, 2015, Paper ID526, 8 pp E.1 Sources & Exposure, Source control

Yllä: Lahtelaisen koulun opettajien pöydiltä kerättyjä laskeuma-malja viljelmiä koululuokista joita oli moneen otteeseen homesaneerattu.

Viljelytulos oli yhtä hyvä maljoilla joissa ei ollut tai oli 2000 ppm booraksia tai boorihappoa (b,d); 500 ppm arseeni pentoksidia (a), tai PHMB (c) tai PHMG (e). Henkilöstön ja lasten oireilu jatkui useista saneerauksista huolimatta.



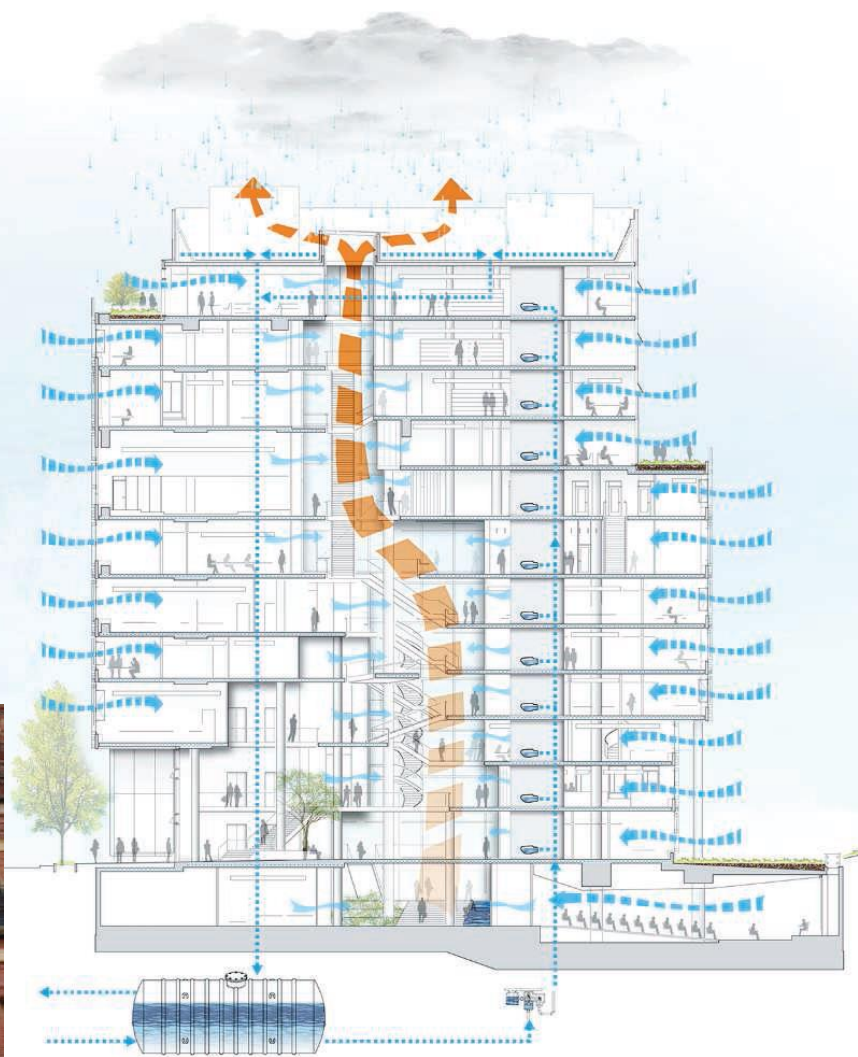
Johanna Salo osoitti Aaltoyliopiston Rakennustekniikan diplomityössään, että *Penicillium expansum* homeen toksiset mikroversikkelit irtoavat kosteilta kasvupinnoiltaan ja aerosolisoituvat sisäilmaan lämpötilaerojen ylläpitämän konvektiovirtauksen myötä.

Lähde:

Salo J, Andersson M. A., Mikkola R., Kredics L., Viljanen M., Salkinoja-Salonen, M. 2015. Vapor as a carrier of toxicity in a health troubled building. Proceedings of: Healthy Buildings 2015 – Europe (ISIAQ International), Eindhoven , The Netherlands , May 18 -20, 2015, Paper ID526, 8 pp E.1 Sources & Exposure, Source control.

**Kuvat: Maria Andersson,
Helsingin Yliopisto**

Terveydelle turvallisiksi havaituilla massiivisilla asunto- ja toimistotaloilla kuuluisaksi tullut arkkitehti Stefan Behnisch sanoo, että ulkoilman tuloreitin tulee olla mahdollisimman lyhyt, ja poistoilman tulee perustua hormivaikutukseen jolloin *alipainetilanteita ei synny sisätiloihin*. Yksi Helsingin kouluista on rakennettu tällä periaatteella, ja siellä ovat monet muualla homekoulualtistuneet opettajat voineet toimia.



Stefan Behnisch, Science 342,
131-2 (2013)



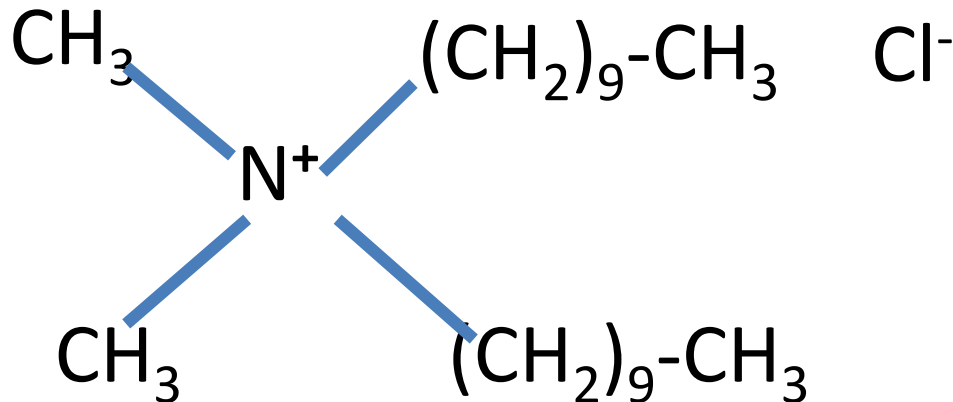


Kiinteistön ylläpidossa käytetyt:

tertiäriset ja kvaternääriset ammonium yhdisteet, kuten Didekyyli-dimetyyli-ammonium kloridi DDAC, ovat ihmisellekin myrkyllisiä

on kationinen tensidi, ja kvaternäärinen amiinibiosidi. Se on höyrystymätön aine. Aerosolisoituu pölyksi mekaanisessa rasituksessa. Sisältyy moniin siivous- ja puhdistusaineisiin.

DDAC:n on raportoitu aiheuttavan astmaa.



Tiedot tuotteiden sisältämien desinfiointiaineiden ja muiden biosidien käyttöön liittyvistä akuuteista terveysvaaroista löytyvät EU-direktiiveistä ja käyttöturvallisuustiedotteista (KTT).

- 3. KOOSTUMUS JA TIEDOT
- AINEOSISTA Delta Pronatura (Dr Beckmann)
- 3.1 Vaaraa aiheuttavat aineosat
- 3.1.1 CAS/EYnumero ja rekisteröintinumero
- 3.1.2 Aineosan nimi 3.1.3 Pitoisuus
- 3.1.4 Varoitusmerkki, R-lausekkeet ja muut tiedot aineosasta
- 67-63-0 / 200-661-7
- 7173-51-5 / 230-525-2
- Propan-2-ol
- Didecyldimethylammonium chloride
- 2,5 - 10%
- <2,5%
- Xi, F, R11, R36, R67
- C, Xn, R22, R34



Polyguanidiset biosidit

Näitä käytetään Suomessa rakennusten desinfiointiin, ”mikrobittomaksi siivoukseen” ja sisäilmaongelmatilojen saneerausaineina, käsidesi-suihkeina, tekstiiliraikastin suihkeina, hajujen poistoon .

Niillä käsitellään julkisia tiloja, liikuntatiloja, hoitolaitoksia, asuntoja, päiväkoteja, toimistoja.

PHMB, poly (heksametyleni) biguanidi kloridi, CAS 27083-27-8 tai 32289-58-0.

Tätä hengitysmyrkyllistä biosidia on käytössä monissa rakennustuotteissa homehtumisen estoon tarkoitettuna säilöteaineena. PHMB on biohajoamaton, vesiliukoinen. Sillä käsitellyt tuotteet / esineet ovat jätteenä ovat riski vesistöille (kaatopaikat).

PHMG, poly (heksametyleenidiamiini guanidium) kloridi, CAS 57028-96-3
Poistettu sallittujen tehoaineiden listalta 2012.



Suomessa EU:n kemikaaleja koskevien säädösten (direktiivit) täytäntöön panoa valvoo TUKES (Elinkeinoministeriö).

TUKESin verkkosivuilla on säännöllisesti tiedotteita muutoksista ja hyväksymättä jättämisestä ja uusista riskinarvioinneista.

Tässä TUKESin tuore BIOSIDI-tiedote (joulukuu 2015), jossa kerrotaan että **PHMB ei ole enää hyväksytty tehoaine** muovien, kumin, kuitutuotteiden ym. aineosana eikä materiaalien (**rakennus- ja muuraustuotteet kuten tiivistyspastat, tasotteet jne**) säilytys- (esim. homeen-esto) aineena.

BIOSINFO 2/2015 (TUKES):

Hyväksymättä jääneet tehoaineet

Biosidien pysyvässä komiteassa on äänestetty seuraavien tehoaineiden hyväksymättä jättämisestä:

PT1: Ihmisen hygienia (PT 1): triklosaani, 2-butanoniperoksidi, PHMB (1600; 1.8) desinfiointiaineet ja levämyrkyt

Sisätilat (PT 2): 2-butanoniperoksidi

PT 6: Tuotteiden varastoinnissa käytettävät säilytysaineet PHMB (1600; 1.8)

PT 9: kuitujen, nahan, kumin ja polymeeristen materiaalien säilytysaineet , PHMB (1600; 1.8)

PT 18: hyönteis- ja punkkimyrkyt (PT 18): triflumuron

PT 21: antifouling-valmisteet (PT 21): sybutryyni

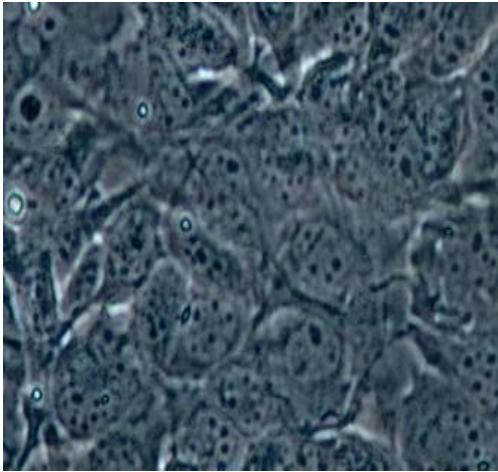


PHMG on aiheuttanut kuolonuhreja. Etelä- Koreassa sairastui v. 2011 ihmisiä vakavasti hengitettävään asunnon sisäilmaa kun *ilmankostuttimien veteen* oli, limottumisen ehkäisemiseksi, lisätty muutama mg PHMGtä / litra. 91 henkilöä tarvitsi sairaalahoitoa, 28 menehtyi keuhkofibroosiin, pääosin nuoria naisia ja pikkulapsia. Lähteitä: Cheong ym, 2012 *Envir Health Toxicol* ; Kim ym 2012

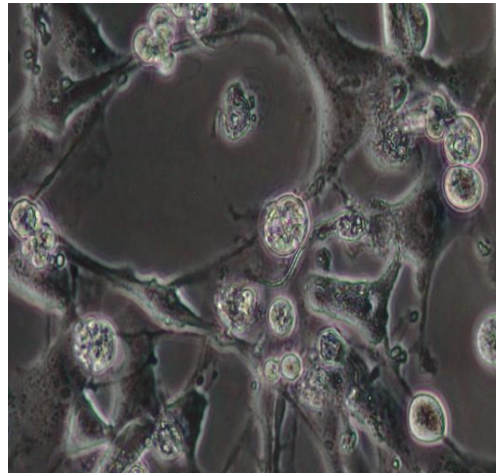
Cardiovasc Toxicol; Lee ym., 2012 *Envir Sci Technol*

Hajonnut solumatto

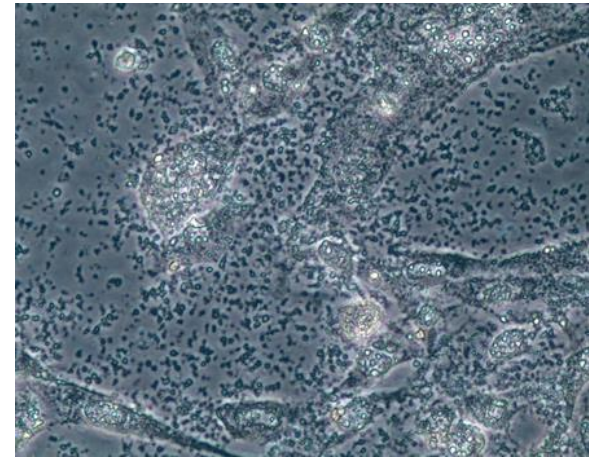
Lyysanneita soluja



2µg



5µg



50µg

PHMG altistus aiheutti koiran primaaristen keuhkosolujen nekroosin 1 vuorokauden kuluessa. Lähde: *Maria A Andersson, Helsingin Yliopisto (Toksikologi 2, 2013)*.

Suomessa on vuoteen 2014 asti markkinoitu PHMGtä tehoaineena sisältäviä desinfiointituotteita julkisten tilojen ja asuntojen kosteushaittojen ennalta ehkäisyyn ja rakentamisen yhteydessä sattuneiden kosteusvaurioiden saneeraukseen. PHMG poistui EU:ssa sallittujen biosidien luettelosta 2013, mutta sitä voi olla näissä rakennuksissa edelleen läsnä koska se on haihtumaton ja biohajoamaton.



Polyhexamethyleneguanidine phosphate induces severe lung inflammation, fibrosis, and thymic atrophy



Jeong Ah Song^a, Hyun-Ju Park^a, Mi-Jin Yang^b, Kyung Jin Jung^c, Hyo-Seon Yang^a, Chang-Woo Song^d, Kyuhong Lee^{a,*}

^a Inhalation Toxicology Center, Jeonbuk Department of Non-human Primate, Korea Institute of Toxicology, Jeongeup-si, Jeollabukdo 580-185, Republic of Korea

^b Toxicopathology Center, Non-human Primate Center, Jeonbuk Department of Non-human Primate, Korea Institute of Toxicology, Jeongeup-si, Jeollabukdo 580-185, Republic of Korea

^c Analytical Center, Korea Institute of Toxicology, Daejeon 305-343, Republic of Korea

^d Division of Toxicological Research, Korea Institute of Toxicology, Daejeon 305-343, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 6 December 2013

Accepted 14 April 2014

Available online 22 April 2014

ABSTRACT

Polyhexamethyleneguanidine phosphate (PHMG-P) has been widely used as a disinfectant because of its strong bactericidal activity and low toxicity. However, in 2011, the Korea Centers for Disease Control and Prevention and the Ministry of Health and Welfare reported that a suspicious outbreak of pulmonary disease might have originated from humidifier disinfectants. The purpose of this study was to assess the toxicity of PHMG-P following direct exposure to the lung. PHMG-P (0.2, 0.9, or 1.5 mg/kg) was instilled into

- **PHMB biosidia koskee velvoittava EU komission asetus, annettu 2.10.2013**, määritteli PHMB:lle altistumisen terveyshaitan seuraavasti:
- Tappavaa hengitettynä (luokka 1)
- Välitön silmävaurion vaara (luokka 1)
- Ihon herkistyminen (luokka 2)
- Syöpävaarallisuus (luokka 2)
- Myrkyllisyys suun kautta (luokka 4)

(1) *Komission päätös 2012/78/EU* (2) *Komission asetus (EU)*

N:o 944/2013

(3) Lisätietoa www.tukes.fi

ESIMERKKI TUOTESELOSTEESTA:

Softcare Textile Refresher on uuden-tyyppinen tekstiilien ja muiden huokoisten pintojen raikastin, joka ehkäisee epämiellyttäviä hajuja. Poistaa mm. homeen, hien ja muun epämiellyttävän hajun kertosumutuksella kuukausiksi. Estää pölypölkien lisääntymistä. Tehoaine PHMG on laajalti tutkittu biosidi, joka on todettu turvalliseksi käytössä. Käytä biosidejä aina huolellisesti ja pakkausohjeen mukaisesti.

Kommentti:

Totuudella näköjään ei ole väliä....PHMG aerosolin hengittäminen on aiheuttanut kymmenien ihmisten kuoleman

Lähteitä: Cheong ym, 2012 *Envir Health Toxicol* ; Kim ym 2012 *Cardiovasc Toxicol*; Lee ym., 2012 *Envir Sci Technol*



Hapettimet (reaktiivisten happiradikaalien tuottajat) ja hajusteet

Hapettimet

- Ulkoilmassa auringonvalo tuottaa **otsonia** O_3 (40 – 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) joka sisätiloissa *reagoi haihtuvien orgaanisten kemikaalien kanssa (VOC) sekundääriseksi orgaaniseksi aerosoliksi (SOA)*
- Kasveilla on paljon happiradikaalien neutralointiin soveltuvia entsyymejä.
- Otsoni tuottaa reaktiivisia happiradikaaleja (ROS): **hydroksyyli-radikaaleja**, $\text{OH}\cdot$, HO_2 (hydroperoksi), CH_3O_2 (metyyliperoksidi) ja (superoksidi) O_2^-
- Sisätilojen desinfiointiin saatetaan käyttää hapettimia: **otsonointi**, **vetyperoksidi** H_2O_2 , **natrium hypokloriitin vesiliuos**, NaClO , **orgaaniset peroksidit** (*tert*-butyyli hydroperoksidi). Nämä tuottavat happiradikaaleja
- Fotokatalyyttinen titaanidioksidi, TiO_2 , **tuottaa reaktiivisia hydroksyyli radikaaleja kun sitä valaistaan 360 nm valolla**. Tavallisten loisteputkien valo riittää (n. 5% emissiosta on ≤ 360 nm)



Hapettimien haitallisuus terveydelle riippuu todennäköisyydestä kulkeutua keuhkoihin ja verenkiertoon.

- **Tert-butyyli-hydroperoksidi** , tBHP, on rasvaliukoinen aine. Se kulkeutuu ilmakosteuden mukana, *imeytyy tehokkaasti keuhkoihin ja verenkiertoon.*
- **tBHP muun muassa kulkeutuu** hajuradan hermojen kautta hajukäämiin (olfactory bulb), tuhoaa gliasoluja aivoissa, maksassa steatoosin (non alcoholic fatty liver); vaurioittaa haimaa ja sarveiskalvon endoteeliä.

- **Lähteitä:** Fernandez-Millan ym 2014 Food & Chem Toxicol 66;
- Kucera ym Ox Med & Cell Longev doi:org/10.1155/2014;752506;
- Araujo ym 2013 EurJ Pharmacol 720;
- Linden ym 2008 Toxicol in Vitro 22;
- Cheng ym 2007 ExpBiol Med 232

Hajusteet

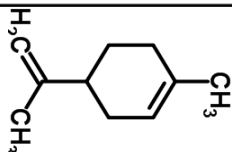
Hajusteet ovat veteen liukenemattomia, rasvaliukoisia kemikaaleja. Ne on tehty haihtumaan ja reagoimaan nenän hajuepiteelin kanssa. Koska hajurata on pääosin *myeliinitupeton* hermokimppu, hajusteet saattavat kulkeutua hajuradan kautta aivoihinkin, hajukäämiin.

Hajusteiden joukossa mitokondriotoksisuus näyttää olevan yleistä (Griffiths 2005, ATLA 33), joten niille ei kannattaisi pysyvästi altistua:

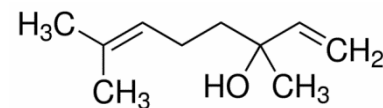
Table 1: Inhibition of mitochondrial membrane potential ($\Delta\Psi_m$), NADH oxidase and NADH-UQ reductase by perfume formulations

Lähde: Griffiths, 2005, ATLA 33

Perfume Formulations	EC50 (dilution factor x 10 ⁻³) ^b		
	$\Delta\Psi_m$	NADH oxidase	NADH-UQ ^a
<i>Eau de toilette</i> (18) ^a	1.0–2.2	2.1–3.5	2.5–3.0
<i>Eau de parfum</i> (13) ^a	3.2–4.5	4.8–7.0	5.0–6.2
Perfumes (24) ^a	8.0–10.0	12.0–16.6	12.5–15.5
Perfume oils (10) ^a	32.0–40.0	50.0–70.0	55.0–65.0



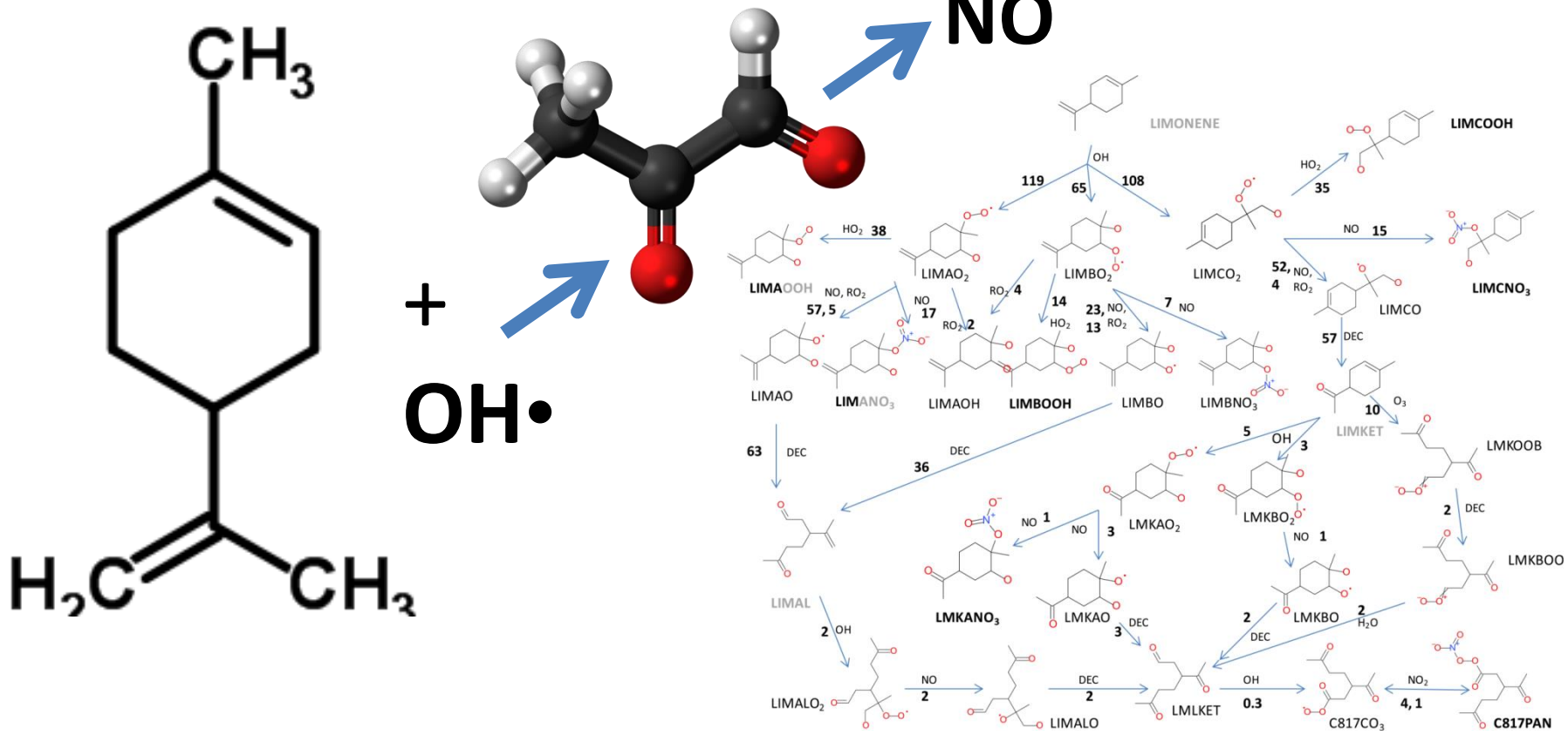
limoneeni



linalooli



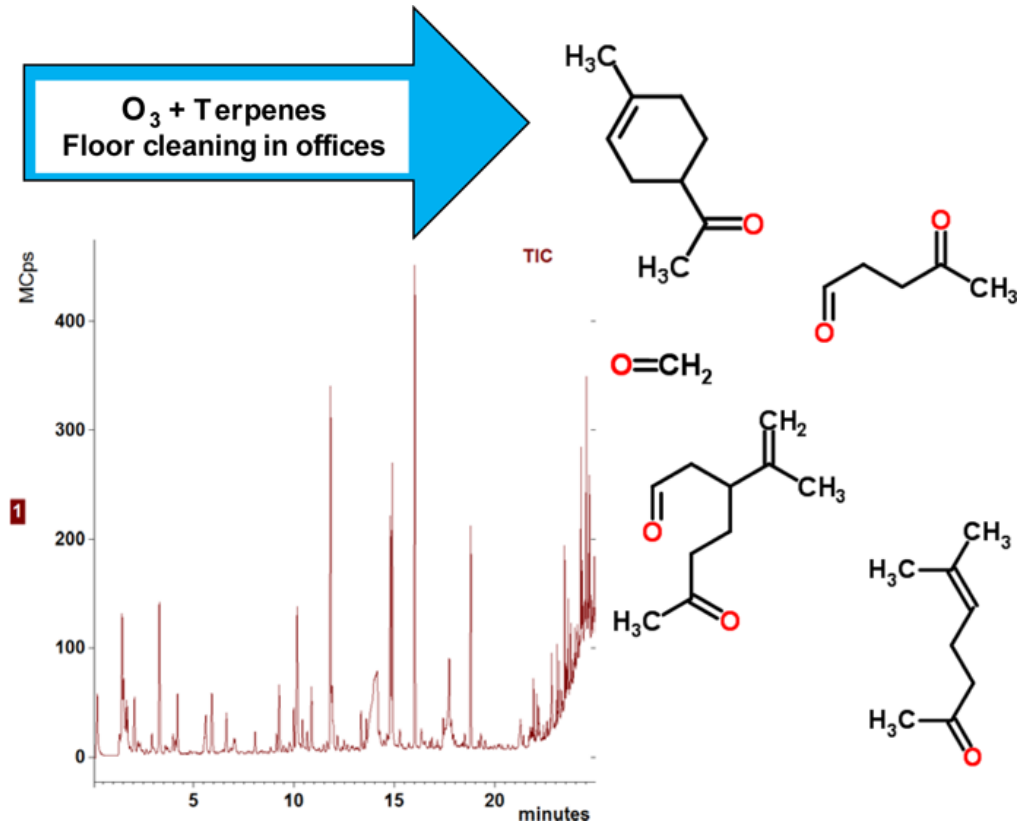
Limoneeni, linalooli ja dihydromyrsenoli ovat hajusteita, joita sisältyy siivous- ja tekstiilien käsittelyyn markkinoituihin teknokemian tuotteisiin. Hydroksyyli- ja nitrosyyliradikaalit, $\text{OH}\cdot$, tuottavat limoneenista myrkyllistä glyoksaalia ja metyyli- glyoksaalia. Nämä ovat haihtumattomia, ja muodostavat ilmassa myrkyllisiä nanohiukkasia.





EU-hanke OFFICAIR: Siivouskemikaalien hajuste ovat merkittävä VOC ja sekundääriaerosolien tuottaja

1. EU hankkeessa OFFICAIR (Ranska, Kreikka, Unkari, Italia, Hollanti) tutkittiin toimistojen lattian siivoustuotteiden terpeeniyhdisteiden (=hajusteet) vaikutusta sisäilman sekundaari aerosoleihin. Yhdessä maassa lattian siivous tehtiin ilman kemikaaleja. Muissa maissa käytettiin aluksi tuotteita jotka sisälsivät *limoneenia*, *linaloolia* ja/tai *dihydromyrsenolia*, ja sitten korvaavaa tuotetta jossa ei ollut lisättyjä hajusteita.
2. Tulokset osoittivat, että **sisäilman limoneeni-, formaldehydi- ja 4-oksopentanali (4-OPA) pitoisuudet putosivat murto-osaan kun käytetty siivoustuote ei sisältänyt lisättyjä hajusteita.**
3. *Toimiston, jonka siivoukseen kemikaaleja ei käytetty, sisäilmasta ei löytynyt hapettumistuotteita.*



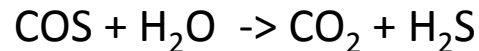
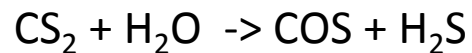
Lähde: Norgaard ym 2014
EnvSciTechnol48:13331-13339



Rikkivety eli vetysulfidi

Kipsiä hajottavien mikrobien energiaravinnoksi kelpaa tärkkelys ja liimat, selluloosa, (kipsi)levyn päällyspaperi, eristeet kuten polyuretaani, rakenteisiin joutuneet tai unohtuneet jäteaineet. Tuotteena syntyy hiilidioksidia, CO₂, rikkivetyä, H₂S ja vesihöyryä, H₂O. Hiidioksidi yhdistyy veden kanssa hiilihapoksi, jolloin ympäristö happamoituu (pH 4 - 5). Sadevesi on Suomessa hapanta, pH 4,5 – 6. Tämä happamuus aiheuttaa rikkivedyn kaasuuntumisen. Rikkivety on *rasvaliukoinen kaasu*, ja **senvuoksi läpäisee diffusiivisesti muovit ja muovimatot**. Hengityselimiin joutunut rikkivety imeytyy sekuntien murto-osassa keuhkoista elimistöön.

Rikkihiiltä, CS₂, voi muodostua samanaikaisesti rikkivedyn kanssa. **Molemmat ovat myrkyllisiä ja korreloivat hengitysoireiluun**. Rikkihiili hajoaa rikkivedyksi:



Kipsiä hajottavat mikrobit ovat bakteereja, eivät homeita, joten niitä ei voi havaita paljain silmin. Rikkivedyn muodostumisprosessin yhteydessä saattaa muodostua harmaita läiskiä kun kipsilevyssä epäpuhtautena olevat rauta-jonit muuttuvat rautasulfidiksi.

Rikkivedyn ominaisuuksia

Ominaisuus	lukuarvo
CAS numero	7783-06-4
Olomuoto huoneen lämmössä	kaasu
Molekyylikaava	H ₂ S
Moolipaino, g/mol	34,08
Tiheys ilmaan verrattuna	1,2 (ilma = 1)
Tiheys g/ dm ³	1,363
biologisen kalvon läpäisevyys (H ₂ S)	0,5 cm s ⁻¹
Ulkoilman pitoisuus, µg/m ³	< 7 ³
Liukoisuus veteen, mg/l	3980
Höyrynpaine, kPa (21°C)	1740
Kiehumispiste, °C	-60
Sulamispiste, °C	-82
Vetysulfidi anionin, HS ⁻ , pK _a	6,9
Sulfidi anionin, S ²⁻ , pK _a	>14
Haitallisia altistumisoireita pienillä pitoisuuksilla²	
Muuntokertoimet 20°C (höyry): 1 mg m ⁻³ = 0,7 ppm	1 ppm = 1,4 mg m ⁻³ 1 ppm = 1400 µg m ⁻³
Krooninen sisätila-altistuminen, nenäoireet, ylähengitysteiden oireet	0,92 µg m ⁻³ (ka) 3,11 µg m ⁻³ (max)
Silmien verestys, sarveiskalvon punotus, tulehdus	10 – 20 ppm
”kaasusilmä”, pitkäaikaisesta altistuksesta johtuva krooninen sidekalvon tulehdus	oireita jopa 1 ppm
Hajukynnys	0,008 ppm
Hajukynnys	0,011 mg m ⁻³
Mädän kananmunan haju	0,02 – 0,13 ppm

Rikkivedyn (vetysulfidin) mahdollisia muodostumispaikkoja rakennuksessa:



- Viemärikaivot ja kuivumaan päässeet hajulukot
- Kipsiä sisältävät rakenteet: kipsilevyt, ruiskukipsi, kipsiä sisältävä tasote, betoni, josta kosteus ei pääse poistumaan (höyrysulkuvuovi, vinyylitapetit, epoksi, hengittämättömät pinnotteet ja maalit).
- Maalla tai muovilla peitetyt jätekipsikasat rakennuksen vieressä tai alla.

Kosteus ja rikkivety:

- Kipsin mikrobiologinen konversio rikkivedyksi käynnistyy hapettomissa, kosteissa oloissa.
- Käynnistyttyään prosessi tuottaa kosteutta ja voi jatkua ilman ulkoista lähdettä.
- Rikkivety on ilmaa raskaampaa. Se voi jäädä leijumaan kuoppiin, kellareihin ym tai nousta ylös diffusiivisesti kylmemmistä tiloista lämpimiin.

Rikkivety on solutoimintoja säätelevä välittäjä-aine, joten ulkoinen vetysulfidi häiritsee elimistön normaalia toimintaa, etenkin hermoston.

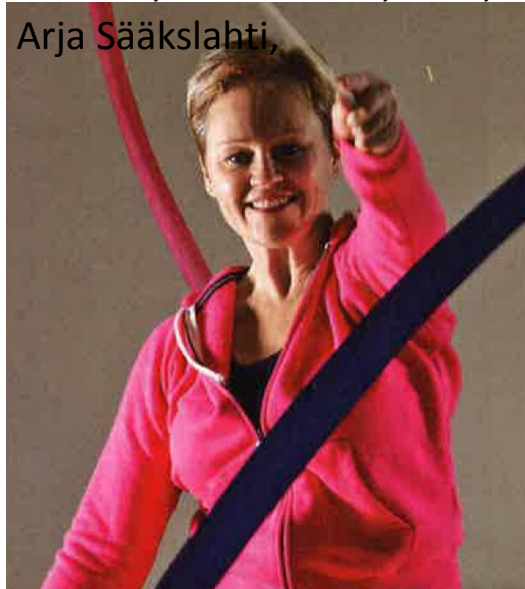


Tutkijan ehdotuksia toimenpiteiksi rakennuksen sisäilmapäästöihin liittyvien terveyshaittojen minimoimiseen :

1. Jäljitetään ja eliminoidaan rikkivedyn muodostumismahdollisuudet kattavasti kaikissa tiloissa.
2. Selvitetään eri tiloissa muovimattojen alapuolisten tasotteiden pH ja kipsipitoisuus. Jos löytyy vahvasti emäksisiä tasotteita (pH 12 - 13), kontaktissa liimaan / vinyylimattoon, ne poistetaan, koska emäksen hydrolysoima liima ja ftalaattiesterit tuottavat VOC päästöjä.
3. Mitataan VOC 24/7. VOC anturit / näytteenottimet lähelle lattiakorkeutta, koska siellä hengittää alttein väestönosa (lapset).
4. Seurataan hiilidioksidiantureilla sisäilman hiilidioksidipitoisuuksia 24/7, mittausväli 5 min. Jos luppoaikana (tilojen ollessa tyhjä) havaitaan hiilidioksidin nousuja, asennetaan sisätilaan alipaineisuuden poisto (räppänät?) ja / tai tilakohtaiset ilmanvaihtimet. Ne voi sijoittaa ikkunan yläosaan tai tilan ulkoseinään.
5. Selvitetään rakennuksen kemikaalikäytön historia ja nykytilanne (desinfiointit, homeettomaksi siivoukset), tilakohtaisesti.
6. Kootaan rekisteri kiinteistössä käytetyistä siivousaineista ja -tavoista (kaikkien tuotteiden KTTt ja pakkauspäällykset). *Luovutaan kaikista antimikrobisia kemikaaleja ja/tai hajusteita sisältävistä tuotteista ja "leave on" siivoustekniikasta. Siivotaan "hollantilaistekniikalla" (= vedellä kostutettu moppi tai paineistettu vesihöyry) (Pilottihanke, seuranta-aika 1 vuosi).*

7. Tutkitaan IV koneiden suodattimet toksisuuden suhteen vaihdon yhteydessä, jos toksisuutta on, vaihtoväliä lyhennetään ja selvitetään kemikaalien käyttö.
8. Tehdään kirjanpito homeenestoaineiden tai muiden kemikaalien käytöstä tuloilmasuodattimissa, siivouksessa, IV kanavien nuohous/puhdistus ja koko kiinteistössä.
9. Tutkitaan tilakohtaisten ilmanpuhdistimien suodatinten/aktiivihiiilen mikrobiologinen laatu (toksiineja tuottavat homeet) vaihdon yhteydessä.
10. Seurataan otsonitason muutoksia tuloilmakoneelta sen palvelemaan tiloihin (anturilla, Pilotti). Iso alenema ($> 40\mu\text{g}/\text{m}^3$) viittaa sekudääriaerosolin muodostukseen.
11. Mitataan loggereilla sisäilman tilakohtaiset happipitoisuuskäyrät 24/7, ja vaihtelu eri vuorokauden aikoina ja viikonpäivinä, mittausväli 5 min. Tavoitteena paikantaa ja poistaa happinielut (löytynevät viikonloppu- tai yömittauksissa, tuloilmakoneen ollessa suljettuna).
12. Tilakohtainen lattiapäällysteen vaihto: poistetaan muovi, liimaukset, ja epoksointi ym. betonin päällä olevat ilmatiiviit materiaalit, tilalle laualattia, sen alla ritilä ja ilmarako, josta betoni, maakosteus ym. pääsee kuivumaan). Pilottihanke, jonka aikana seurataan käyttäjien hyvinvointia 1 vuosi.
13. Tuetaan huonekasvien hankintaa ja hoitoa sijoitusta opetus / toimitiloissa.
14. Paikannetaan (UV-lamppu) ja poistetaan (umpeen maalataan) fotokatalyyttisellä maalilla / pinnoitteella aiemmin käsitellyt sisätilapinnat.
15. Lopetetaan kenkien riisuminen, ohjastetaan tilankäyttäjät hankkimaan mikrobiliikuntaa esim. koiran avulla, metsäretkillä, elintarvikevalinnoilla (käymistuotteet, tuoreet kasvikset).

Arja Sääkslahti,



”Hollannissa opin, että..

tiin. Siellä lapset viettivät suurimman osan ajasta tilassa, jossa ei ollut lainkaan tuoleja, ja ovi oli koko ajan auki ulos. Lapset touhusivat sekä pihalla että sisällä.

– Sitä katsellessani tajusin, että ei hyvänen aika, miten taitavia me suomalaiset olemme opettamaan lapset istumaan hiljaa. Se oli pysähdyttävä oivallus.

Sääkslahti joutui tutkimustensa perusteella toteamaan, että mielikuvat paljon liikkuvista suomalaislapsista eivät vastaa tämän päivän todellisuutta. Vaikka päiväkodeissa on päivää kohti kaksi ulkoiluhetkeä, monet lapset istuvat ne hiekkalaatikolla. Ainoastaan osa hyödyntää ajan liikumalla aktiivisesti.

Alla: Allergologian professori Tari Haahtela (Helsingin Yliopisto), Haastattelu, Ihon aika – lehti, 2015, Nro 5, kansilehti ja s.10, ohjeistaa näin:

Ihon, hengitysteiden ja erityisesti suoliston kautta ihmisen luontaisen immunitietin toimintaan vaikuttaa suuri joukko erilaisia pieneliöitä, mikrobeja, joita ovat virukset, bakteerit, homesienet, arkit ja alkueläimet. Ne muodostavat ihmisen ns. mikrobiomin, joka huolehtii ihmisen omien solujen ja ympäristön vuoropuhelusta.

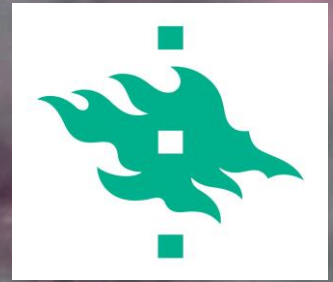
– Ilmansaasteet, kemikaalit ja ruoan lisäaineet eivät ole tehneet suomalaisista allergisia, vaikka ongelmia ovatkin, vaan sananmukaisesti luonnon kaupunkielämä betonin ja asfaltin keskellä, Haahtela sanoo.

– Ihmisen immuunipuolustus vauvasta vaariin kaipaa edelleen maata, multaa, metsää ja luonnonvesiä.

Haahtelan mukaan kysymys on pienistä arkipäiväisistä asioista, siitä mihin koskemme, mitä hengitämme, mitä syömmme ja juomme. Hän kehottaa unohtamaan käsidesit ja työntämään kädet syvälle multaan.



Allergologian professori Tari
Haahtela



Kiitos kärsivällisyydestä!

Kuva: Sisäilmaa pilaava
Penicillium sp kanta
tuottaa monen värisiä
myrkkypisaroita. Maria
Andersson.

DL0
L=356.054 um

Mirja Salkinoja-Salonen,
Helsingin Yliopisto