Rakennusten sisäilman laatu – nykytilanne ja tulevaisuuden näkymiä

Prof. Heidi Salonen

Missä työskentelen

Rakennustekniikan laitos, Aalto-yliopisto

International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology, Australia

Missä työskentelin ennen Aaltoa

Queensland University of Technology (QUT), Brisbane, Australia, 2011-2013

Työterveyslaitos, Helsinki, 1998-2010, 2013-2014

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (ent. Kansanterveyslaitos), Kuopio 1996, Helsinki 1997

Kuopion yliopisto, 1995, 1996

Heidi Salonen
Indoor air contaminants in office buildings
Finnish Institute of Occupational Health
People and Work Research Reports 87

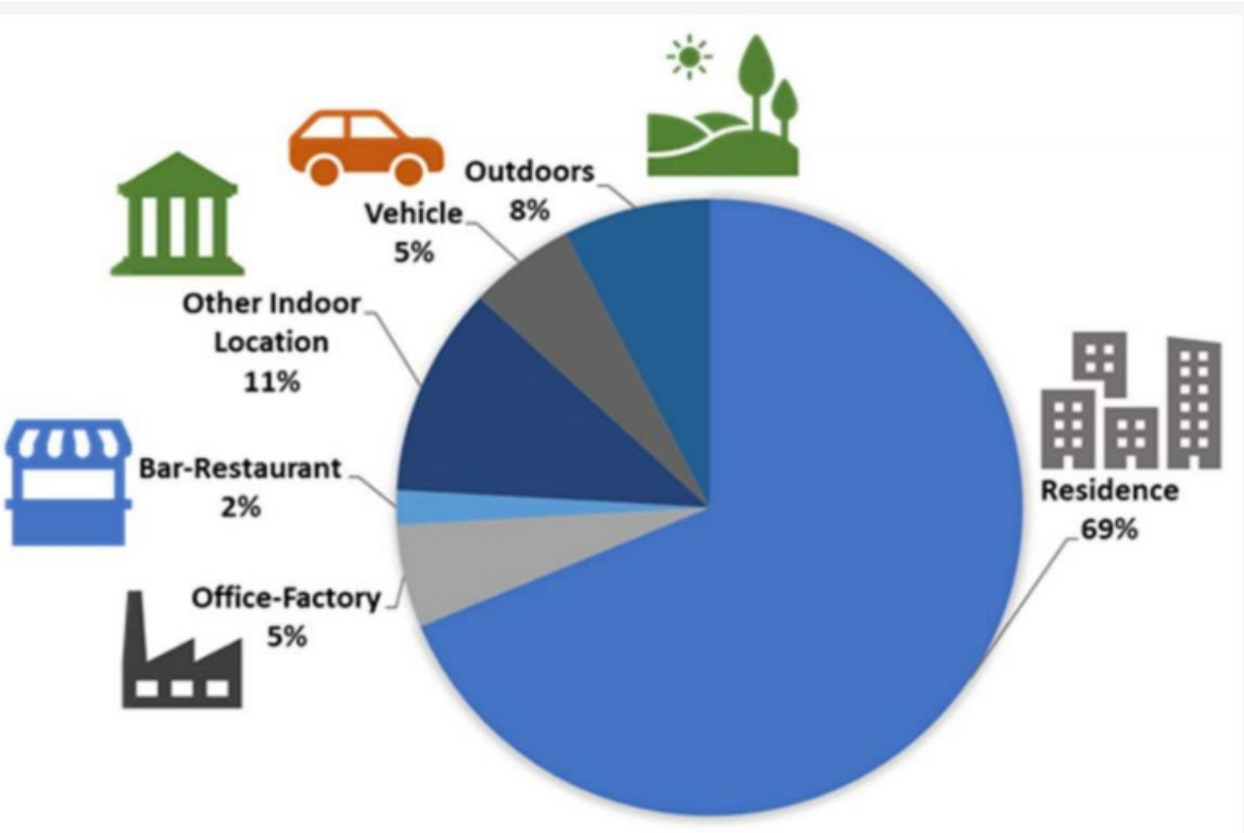
Työterveyslaitos
Toimiston sisäilmaston tutkiminen

KOSTEUS- JA
HOME VAURIOT
Ratkaisuja työpaikoille

Esityksen sisältö

- Faktoja, käsitteitä ja hieman historiaa
- Sisäilman laadun nykytilanne Suomessa ja maailmalla
- Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset sisäilman laatuun
- Keskeisiä tuloksia ja johtopäätelmiä viimeaikaisista tutkimushankkeista
- Meneillään olevia tutkimushankkeita ja tulevaisuuden tutkimustarpeita

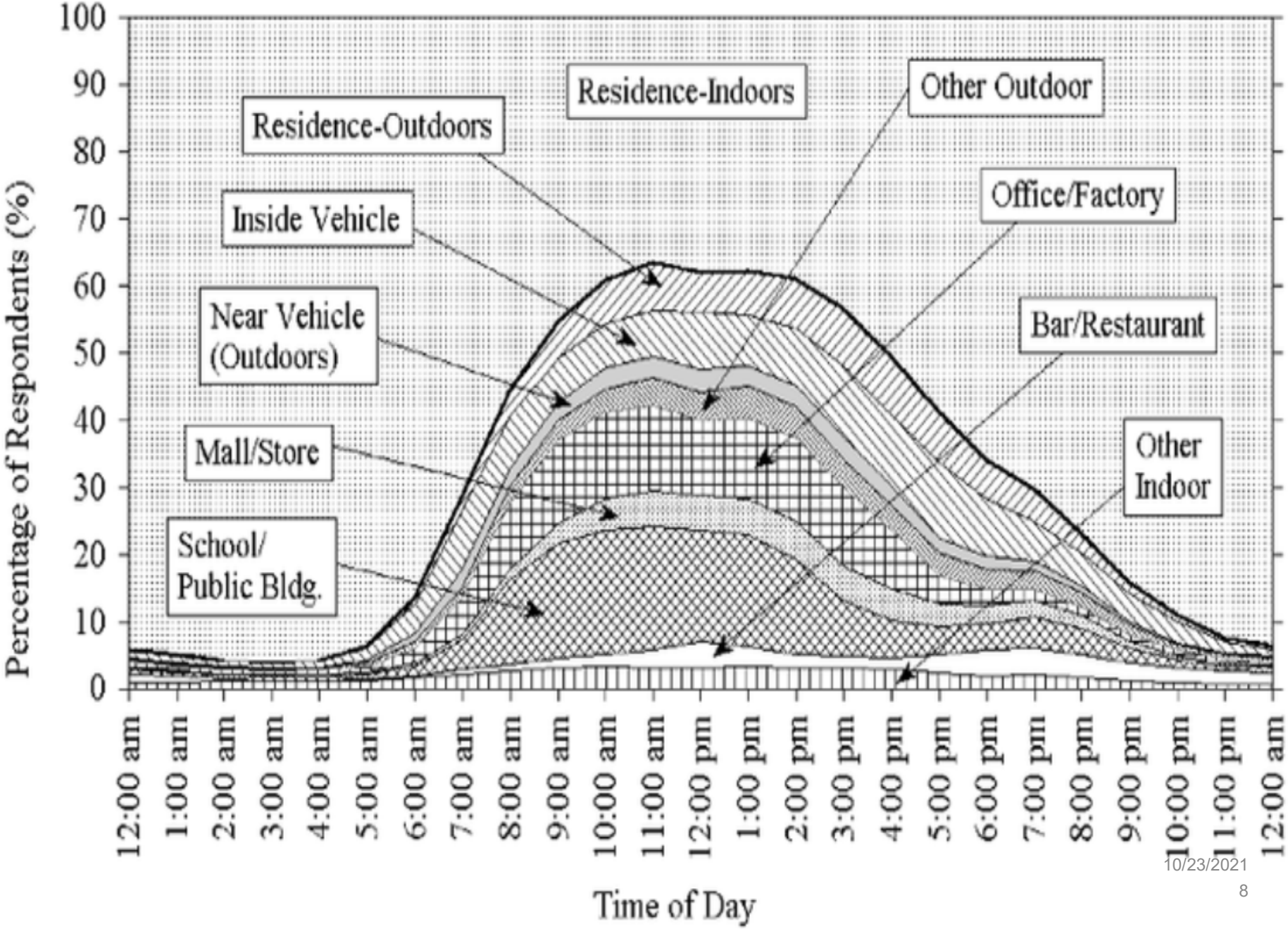
Vietämme n. 90% ajastamme sisätiloissa



Kuva: Mannan ja Al-Ghamdi 2021. Tiedot kerätty US EPA:n tietokannasta.

THL, 2021: Suomessa työikäiset ihmiset viettävät ajastaan noin 90 % sisätiloissa, pienet lapset ja vanhukset jopa enemmän.

US EPA = United States Environmental Protection Agency =Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto


Residence-Indoors
Other Outdoor
Residence-Outdoors
Office/Factory
Inside Vehicle
Near Vehicle (Outdoors)
Bar/Restaurant
Mall/Store
Other Indoor
School/ Public Bldg.
Percentage of Respondents (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
12:00 am
1:00 am
2:00 am
3:00 am
4:00 am
5:00 am
6:00 am
7:00 am
8:00 am
9:00 am
10:00 am
11:00 am
12:00 pm
1:00 pm
2:00 pm
3:00 pm
4:00 pm
5:00 pm
6:00 pm
7:00 pm
8:00 pm
9:00 pm
10:00 pm
11:00 pm
12:00 am
Time of Day

Vuonna 2020

Time spent...

People spend **80-90%** of their time indoors.

70% of cellular calls and **80%** of data connections originate from indoors.

Source: Strategy Analytics

Laadukas sisäympäristö on kokonaisuus, jossa sisäilman laatu on yksi tärkeä tekijä

Kokonaisuuden merkityksen ensimmäinen raportoija oli ”Sairaanhoitaja ja rakennusinsinööri”

Florence Nightingale (1820–1910)

‘Hoitotyön ensimmäinen tehtävä on pitää potilaiden hoitotilassa hengittämä ilma yhtä puhtaana kuin ulkoilma ja huolehtia ettei ilma ole liian kylmää”

Viisi merkittävää rakennusterveyden tekijää:

1. Puhdas ilma; 2. Puhdas vesi; 3. Tehokas jäteveden poisto; 4) Hygienia; 5) Valaistus

Nightingalen suosituksia 1800-luvulla

Tuo rakennukseen ilmaa rakennuksen ulkopuolelta.
Avaa ikkunat ja sulje ovet.

(Luonnolliset) ilman lämpötilan vaihtelut ovat välttämättömiä, jotta pysymme terveinä.

Valo on välttämätöntä sekä terveydelle että palautumiselle.

Keho ja mieli rappeutuvat ilman auringonvaloa.

– SAIRAALABAKTEERIEN VARALTAKO TÄÄLLÄ SUOJAUDUTAAN ?
– EI, VAAN SUOMALAISEN RAKENTAMISEN VARALTA.

Kansallinen sisäilma ja terveys-ohjelma 2018-2028 julkistettiin 31.10.2018

Tavoite: Vähentää sisäympäristön terveys- ja hyvinvointihaittoja.

Ohjelman osa-alueet:

- Tiedolla vaikuttaminen
- Rakennusten ongelmatilanteet
- Ihmisten hoito ja tuki
- Koulutus

Suomessa sisäilmaan liittyvät ongelmat ja oireilu ovat yleisiä, mutta sisäilman keskimääräinen laatu on eurooppalaisittain hyvä.

KUVIO 1.

Lähde: Kansallinen sisäilmakartoitus 2018 -kyselytutkimus; 25–64-vuotiaat suomalaiset (20).

Suomessa on puututtu sisäilmaongelmiin voimakkaasti jo kauan

Suomessa on eurooppalaisittain hyvä sisäilma

Tarvitaan uusia, tutkittuun tietoon perustuvia keinoja, näkökulmia ja ratkaisuja

Sisäilmaongelmat ja sisäilmaan liittyvä oireilu ovat yleisiä Suomessa

Vilkas julkinen keskustelu ja epäluottamus

Viite: Jussi Lampi ym. Sisäilmastoseminaari 2019.

The INDoor AIR POLLution NETwork (INDAIRPOLLNET) (Bekö ym. 2021)

Sisäilman laatu ja laatuun vaikuttavat tekijät Euroopassa

Lisääntyvä tietoisuus ilmastonmuutoksesta

→ rakennusten tiukentuneet energiatehokkuustoimet

→ rakennusten ilmatiiviys lisääntyy

→ Ilmanvaihto heikkenee

→ haitallisten terveysvaikutusten esiintyminen lisääntyy

Ilman epäpuhtauspitoisuudet ovat usein korkeampia sisällä kuin ulkona erityisesti **siivouksen, ruanlaiton ja tupakoinnin seurauksena.**

Sisäilman saastumisen vuoksi Euroopassa on menetetty yli **2 miljoonaa terveen elämän vuotta**

Eroavaisuuksia rakennusten välillä:

- Rakennustyyppi ja käyttötarkoitus
- Asukkaiden käyttäytyminen (toimintatavat)
- Maantieteellinen sijainti
- Ilmanvaihtojärjestelmät
- Epäpuhtauksien sisä- ja ulkolähteet

→ Kemiallisten yhdisteiden reaktiot niin sisällä kuin ulkona sekä niiden yhteydet on ymmärrettävä hyvin.

→ Tiedon soveltaminen erityyppisiin rakennuksiin.

Yleiset sisäilman epäpuhtaudet ja niiden vaikutukset terveyteen (Tran ym. 2020)

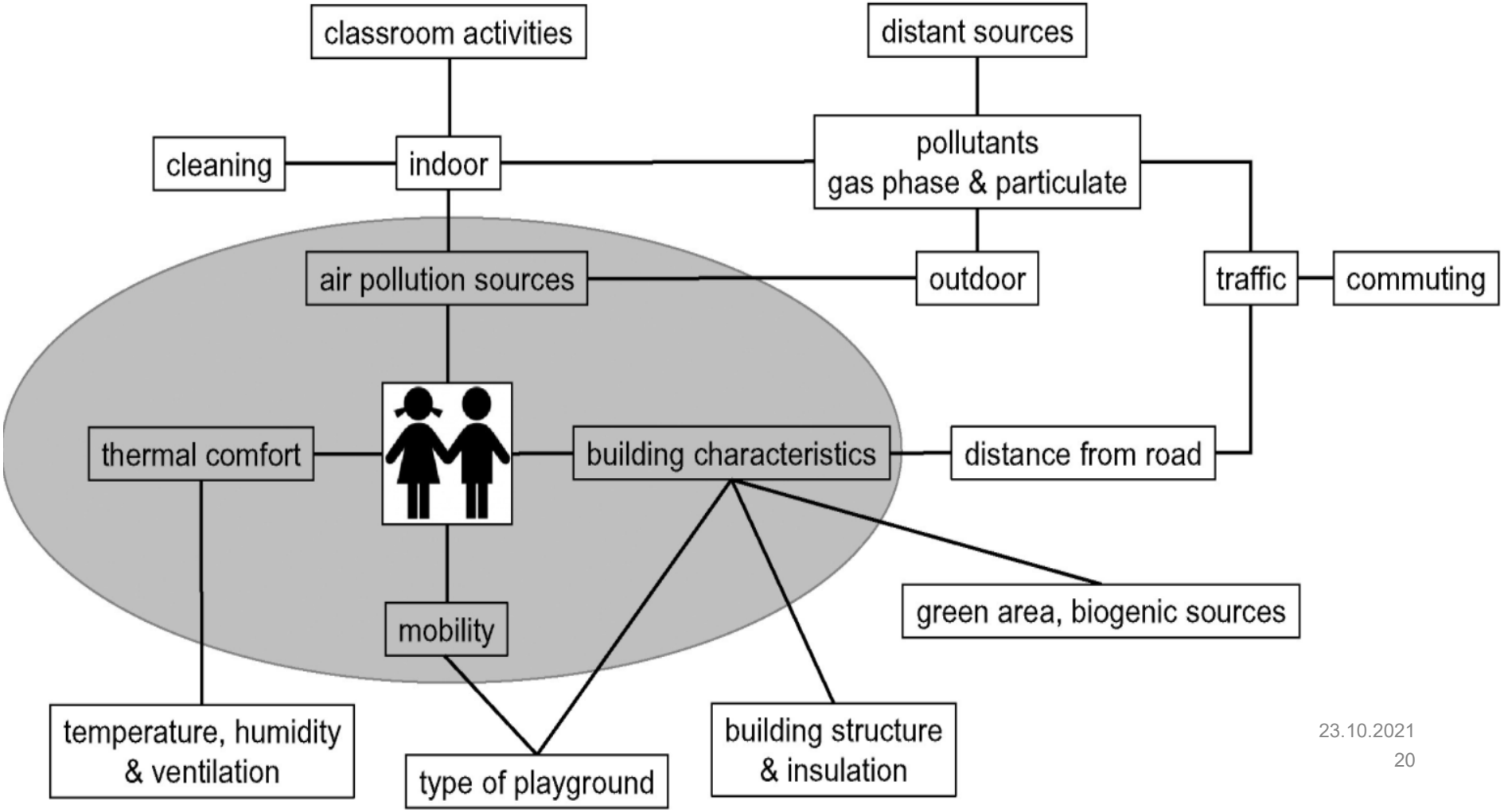
Pollutants	Sources	Health Impacts	Refs
PM	Outdoor environment, cooking, combustion activities (burning of candles, use of replaces, heaters, stoves, fireplaces and chimneys, cigarette smoking), cleaning activities	Premature death in people with heart or lung disease, nonfatal heart attacks, irregular heartbeat, aggravated asthma, decreased lung function, increased respiratory symptoms	[7,25–27]
VOCs	Paints, stains, varnishes, solvents, pesticides, adhesives, wood preservatives, waxes, polishes, cleansers, lubricants, sealants, dyes, air fresheners, fuels, plastics, copy nachines, printers, tobacco products, perfumes, dry-cleaned clothing, building materials and furnishings	- Eye, nose and throat irritation - Headaches, loss of coordination and nausea - Damage to liver, kidney and central nervous system - Some organics can cause cancer	[34,39,43–45]
NO_2	Gas-fueled cooking and heating appliances	- Enhanced asthmatic reactions - Respiratory damage leading to respiratory symptoms	[46]
O_3	Outdoor sources, photocopying, air purifying, disinfecting devices	DNA damage, lung damage, asthma, decreased respiratory functions	[51,52]
SO_2	Cooking stoves; fireplaces; outdoor air	- Impairment of respiratory function - Asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and cardiovascular diseases	[60]
CO_x	Cooking stoves; tobacco smoking; fireplaces; generators and other gasoline powered equipment; outdoor air	Fatigue, chest pain, impaired vision, reduced brain function	[64,105]
Heavy metals	Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, As, Ni, Hg, Mn, Fe Outdoor sources, fuel-consumption products, incense burning, smoking and building materials	- Cancers, brain damage - Mutagenic and carcinogenic effects: respiratory illnesses, cardiovascular deaths	[71,106,107]
Aerosols	Tobacco smoke, building materials, consumer products, incense burning, cleaning and cooking	Cardiovascular diseases, respiratory diseases, allergies, lung cancer, irritation and discomfort	[6,108,109]
Radon (Rn)	Soil gas, building materials, and tap water Outdoor air	Lung cancer	[86,89,90]
Pesticides	Termiticides, insecticides, rodenticides, fungicides, disinfectants and herbicides Building materials: carpet, textiles, and cushioned furniture Outdoor environment	Irritation to eye, nose and throat; Damage to central nervous system and kidney; Increased risk of cancer	[92,93,97,98]
Biological allergens	House dust, pets, cockroaches, mold/dampness, pollens originating from animals, insects, mites, and plants	Asthma and allergies Respiratory infections, sensitization, respiratory allergic diseases and wheezing	[100,103]
Microorganism	Bacteria, viruses, and fungi are carried by people, animals, and soil and plants	Fever, digestive problems, infectious diseases, chronic respiratory illness	[100,104]

Sisäiman laatuun eniten vaikuttavat epäpuhtaudet ja tyypilliset epäpuhtauslähteet (Saini ym. 2020)

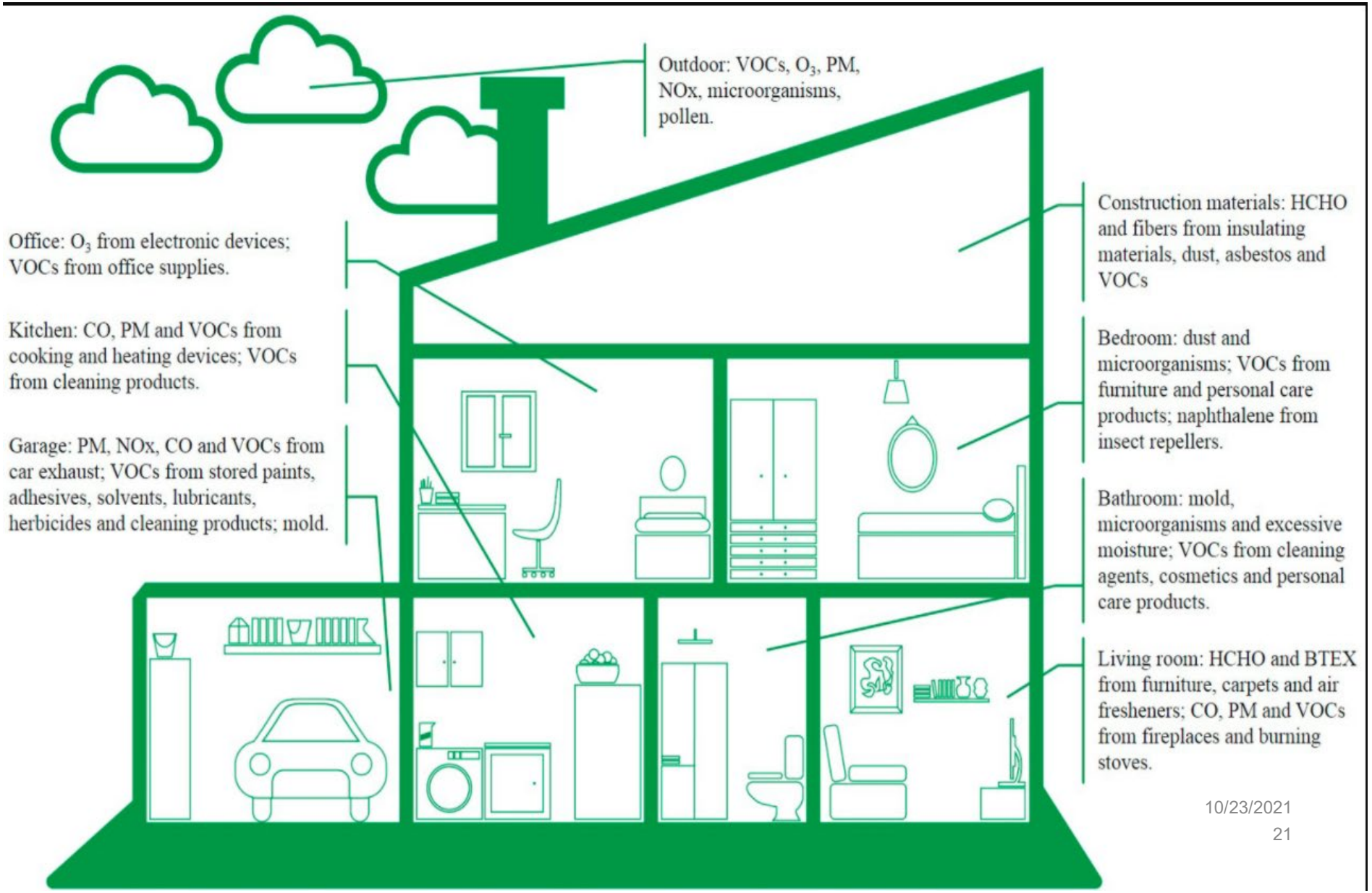
Pollutants	Major Sources of Emission	Associated Medical Health Consequences
SO_2	Fossil fuel combustion such as oil, coal and natural gas, outdoor air	Acute exposure leads to bronchial activity.
CO	Tobacco smoke, stoves, boilers, kerosene or gas heaters, fuel burning	Low birth weight, Increase in perinatal deaths
CO_2	Combustion activities, metabolic activity and motor vehicle in garages	Headaches, sleepiness, Poor concentration, Loss of attention
Fungal Spores	Internal surfaces, foodstuffs, plants and soil	Asthma episodes, Allergic reactions, Eye, throat and nose irritation, Sinus and other respiratory problems
Radon	Soil Building concentration materials such as stone and concrete	Risk of lung cancer, Breathing problems
Asbestos	Insulation, fire retardant materials	Cancers such as mesothelioma, Pleural thickening, Pleural plaques and asbestosis
NO_2	Motor vehicles in garages, fuel burning and outdoor air	Exacerbation of asthma and wheezing, Reduced lung function in kids, Respiratory infections
Pollens and allergens	Outdoor air, plants, weeds, grass, trees, insects, domestic animals, and house dust	Trigger symptoms of allergy
Particles (small particles < 10 µm; and < 2.5 µm aerodynamic diameter)	Tobacco smoke, re-suspension, combustion products	Exacerbation of Asthma, Wheezing, Respiratory infections, Exacerbation of COPD, Chronic bronchitis and COPD
Ozone	Photochemical reactions	Airway irritation, Permanent lung damage, Pneumonia and bronchitis, Aggravate asthma
Lead	Paints, firearms, lead bullets, dust, soil, radiators, consumer products	Memory loss, Hearing loss, Damage to the nervous system in new-borns, High blood pressure, Kidney & heart disease, Reduced fertility, Hyperactivity or loss of consciousness
VOCs	Burning of gas, wood, and kerosene, cleaning agents, paints, hair spray, perfumes and tobacco smoke	Allergic skin reactions, Visual disorders and memory impairments, Damage to the central nervous system, kidney, and liver, Decline in serum, cholinesterase levels, SBS

Tekijät, joilla voi olla yhteys koulujen luokkahuoneiden sisäilman laatuun (Salthammer ym. 2016)

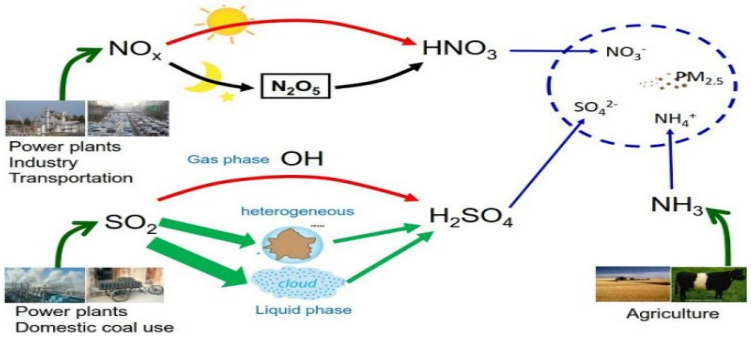
https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.009



Epäpuhtauksien päälähteet kodeissa
(Gonzalez-Martin ym. 2021)



PIENHIUKKASET ($PM_{2.5}$)



Lisää ennenaikaista kuolleisuutta, sydän- ja verisuonisairauksia, keuhkosyöpää ja mahdollisesti myös astmaa.

Pienhiukkasten lähteet ja terveysvaikutukset (VTV 2015)

PIENHIUKKASTEN LÄHTEET

Kaukokulkeuma
61 %

Puun pienpoltto kiinteistöissä
16 %

Liikenne
11 %

Energiatuotanto lämpö- ja voimalaitoksissa
8 %

Teollisuus
4 %

TERVEYSVAIKUTUKSET

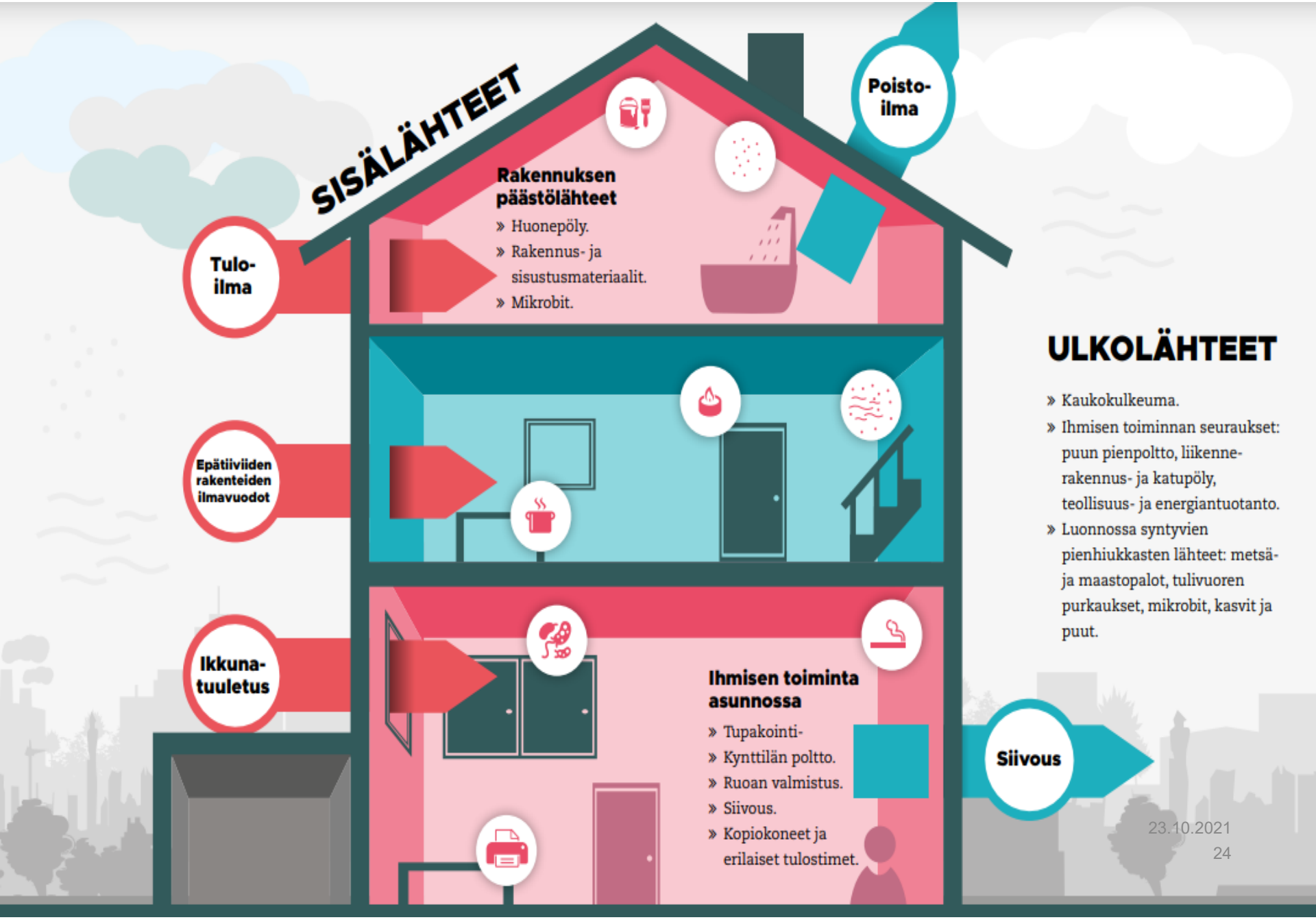
Ennenaikainen kuolema

Keuhkoahtaumatauti ja keuhkosyöpä

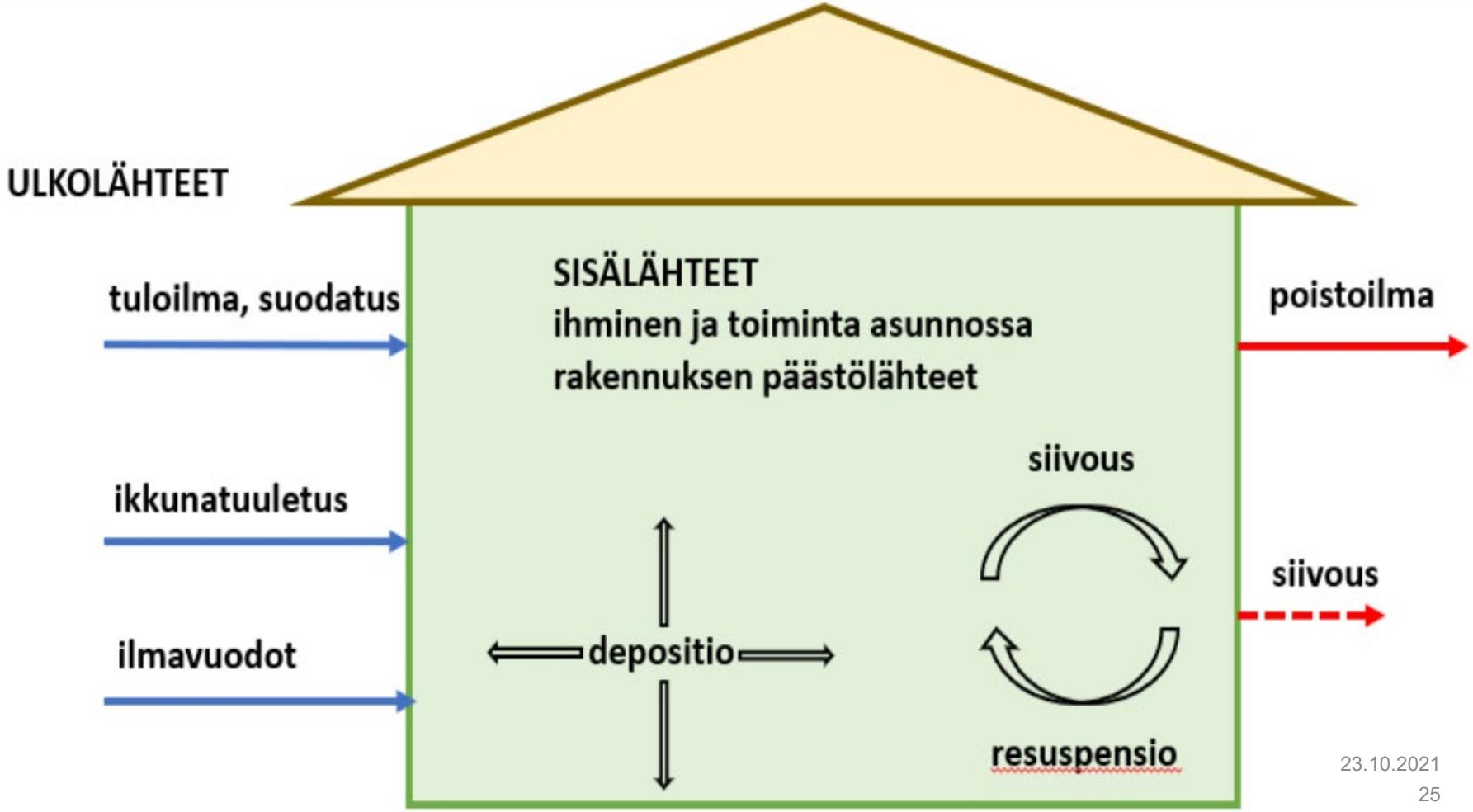
Sepelvaltimotauti

Astma

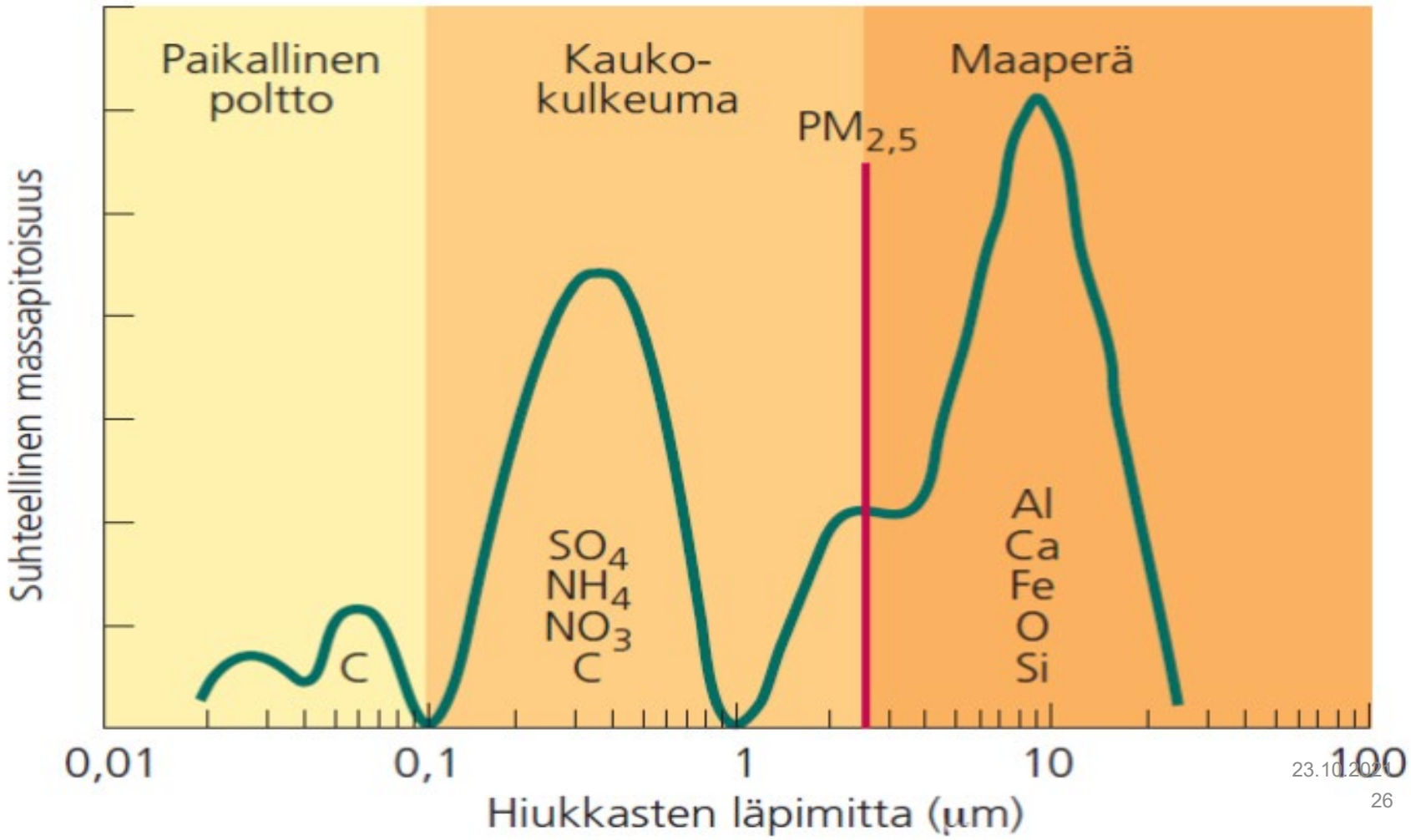
Pienhiukkasten sisä- ja ulkolähteet (Hengitysliitto, 2019)



Sisäilman hiukkaspitoisuuteen vaikuttavat tekijät (Morawska ym. 2017; Säkkinen 2019)

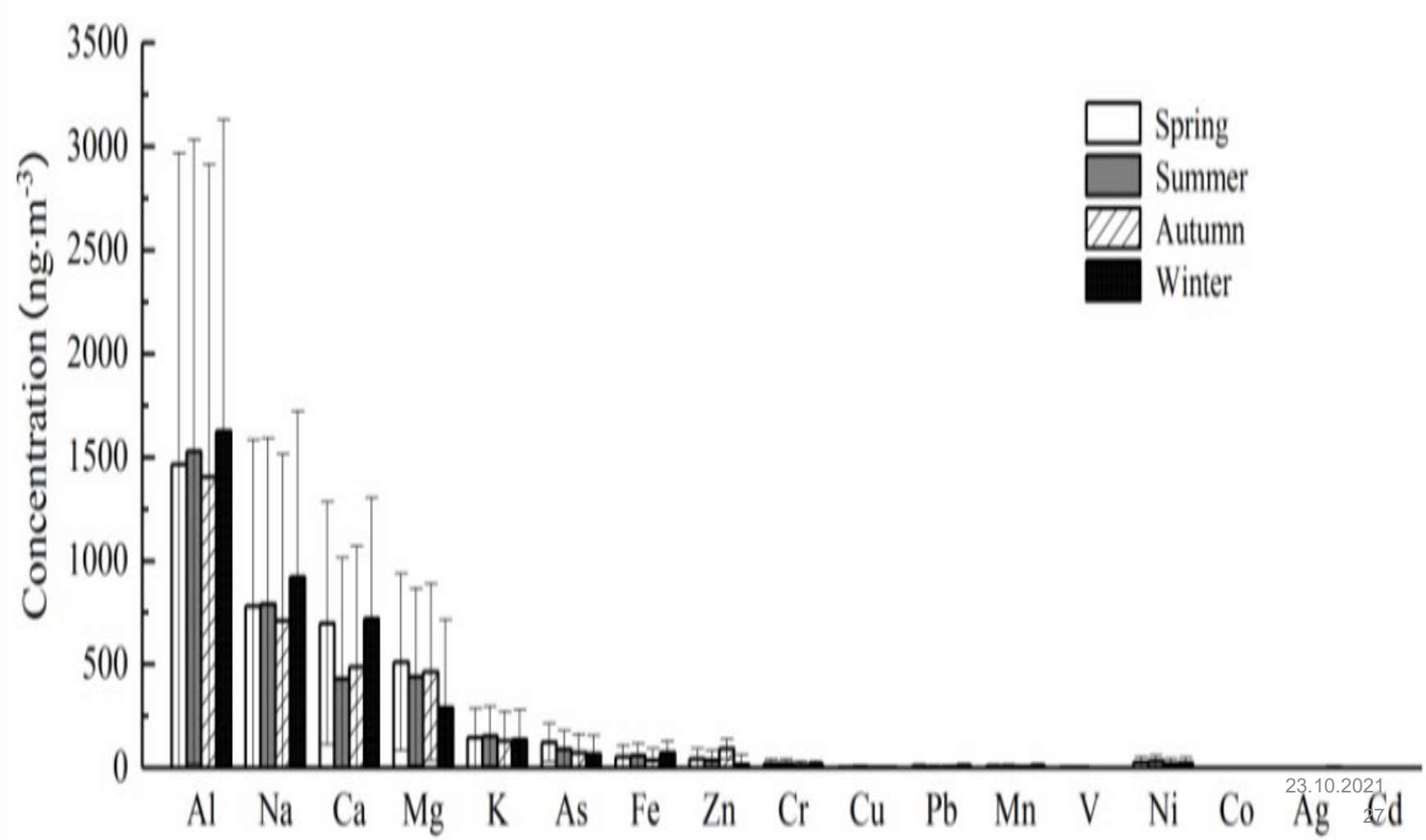


Kaupunki-ilman hiukkasten massapitoisuudet ja niiden lähteet (Pekkanen 2004)



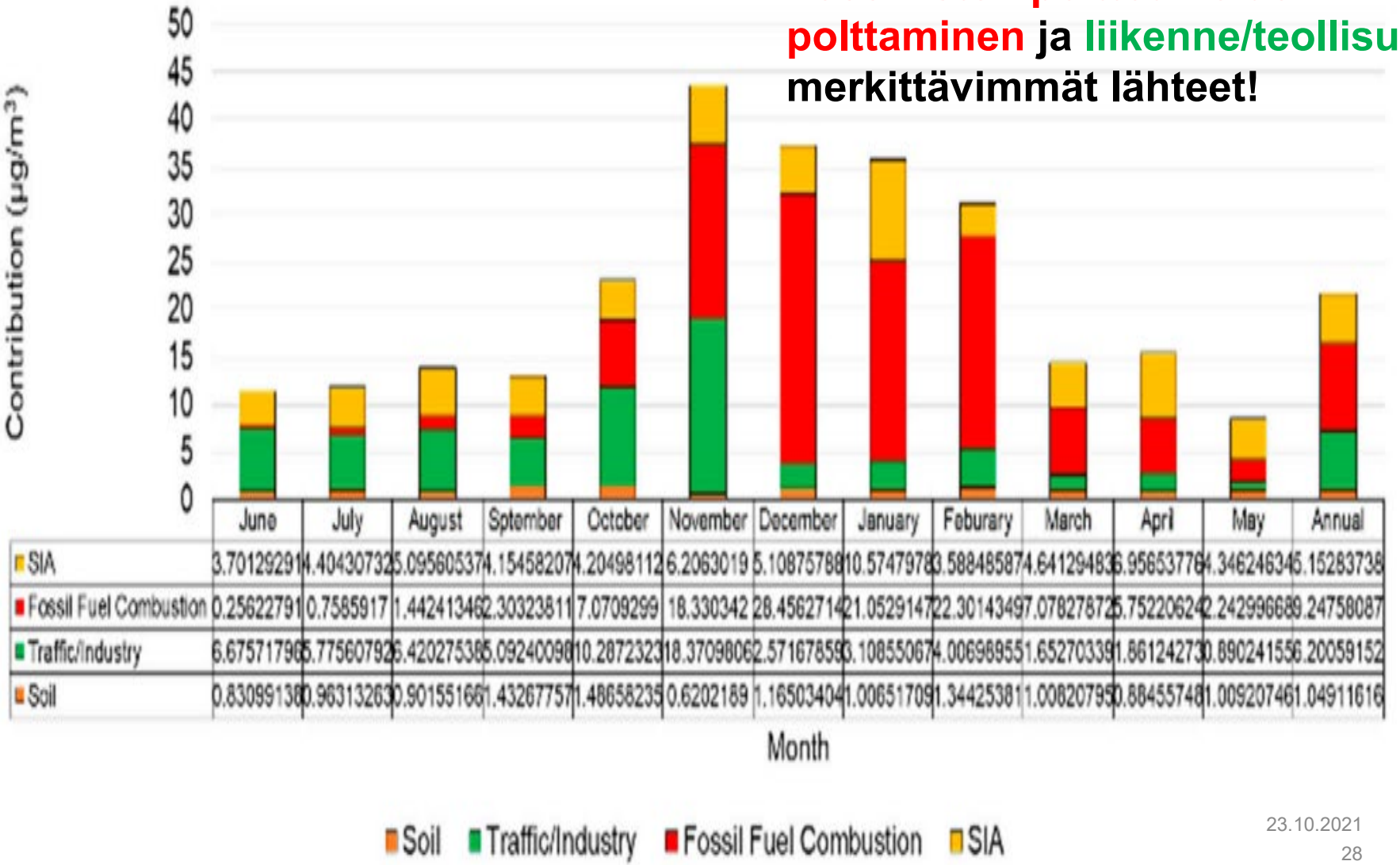
$PM_{2.5}$ metallielementtien pitoisuudet Xinxingissä, Kiinassa (Wang et al. 2021)

Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 6821.
https://doi.org/10.3390/ijerph18136821



Eri lähteiden vaikutus $PM_{2.5}$ pitoisuuteen Keski-Euroopassa (Samek et al. 2020)

Fossiilisten polttoaineiden polttaminen ja liikenne/teollisuus merkittävimmät lähteet!



	June	July	August	Sptember	October	November	December	January	Feburary	March	April	May	Annual
SIA	3.70129291	4.40430732	5.09560537	4.15458207	4.20498112	6.2063019	5.10875788	10.5747978	3.58848587	4.64129483	6.95653776	4.34624634	5.15283738
Fossil Fuel Combustion	0.25622791	0.7585917	1.44241346	2.30323811	7.0709299	18.330342	28.4562714	21.0529147	22.3014349	7.07827872	5.75220624	2.24299668	9.24758087
Traffic/Industry	6.67571796	5.77560792	6.42027538	5.09240098	10.2872323	18.3709806	2.57167859	3.10855067	4.00698955	1.65270339	1.86124273	0.89024155	6.20059152
Soil	0.83099138	0.96313263	0.90155166	1.43267757	1.48658235	0.6202189	1.16503404	1.00651709	1.34425381	1.00820795	0.88455748	1.00920746	1.04911616

SIA = Secondary Inorganic Aerosols

Lähteet /tekijät, joilla on vaikutus $PM_{2.5}$ pitoisuuksiin ja niiden yhteys sydän- ja verisuonitautien esiintymiseen (Stanek ym. 2011)

Grouped Components	Named Source or Factor	Location	Health Effects	Type of Study[a]	Reference
Not provided	Crustal	Washington, D.C.	↑ mortality	E	Ito et al. (2006)
Al, Ca, Fe, Si	Soil	Santiago, Chile	↑ mortality	E	Cakmak et al. (2009)
Not provided	Crustal	Copenhagen, Denmark	↑ hospital admissions	E	Andersen et al. (2007)
Al, Si, Ca, K, Fe	Crustal	Helsinki, Finland	ST-segment alterations	E	Lanki et al. (2006)
Al, Si, Ca, K, Fe	Crustal	Los Angeles, CA	ST-segment alterations	H	Gong et al. (2003)
Al, Si	Not provided	Boston, MA	ST-segment alterations	T	Wellenius et al. (2003)
Al, Si, Ca	Not provided	Boston, MA	arterial narrowing	T	Batalha et al. (2002)
Al, Si, Ca, Fe	Resuspended soil	Tuxedo, NY	↓,↑ HR ↑ HRV	T	Lippmann et al. (2005)
Al, Si	Not provided	Boston, MA	↑ systemic inflammation	T	Clarke et al. (2000)
Not provided	Salt	Phoenix, AZ	↑ mortality	E	Mar et al. (2006)
Na, Cl	Salt	Helsinki, Finland	ST-segment alterations	E	Lanki et al. (2006)
Na, Cl	Not provided	Boston, MA	↑ systemic inflammation	T	Clarke et al. (2000)
Not provided	Sulfate	Phoenix, AZ	↑ mortality	E	Mar et al. (2006)
Not provided	Secondary inorganic compounds	Copenhagen, Denmark	↑ hospital admissions	E	Andersen et al. (2007)
S, K, Zn, Pb	Long-range transport	Helsinki, Finland	ST-segment alterations	E	Lanki et al. (2006)
SO_4^{2-}, S	Not provided	Los Angeles, CA	↓ blood pressure	H	Gong et al. (2003)
S, Si, OC	Regional sulfate	Tuxedo, NY	↓ HR ↓ HRV	T	Lippmann et al. (2005)
S	Not provided	Boston, MA	red blood cell changes	T	Clarke et al. (2000)
Not provided	Traffic	Phoenix, AZ	↑ mortality	E	Mar et al. (2006)
Mn, Fe, Zn, Pb, OC, EC, CO, NO_2	Motor vehicle exhaust/ resuspended road dust	Phoenix, AZ	↑ mortality	E	Mar et al. (2000)

Lähteet /tekijät, joilla on vaikutus PM2.5 pitoisuuksiin ja niiden yhteys hengitystieoireisiin (Stanek ym. 2011)

Grouped Components	Named Source or Factor	Location	Health Effects	Type of Study[a]	Reference
Al, Ca, Fe, Si	Soil	Santiago, Chile	↑ mortality	E	Cakmak et al. (2009)
Si, Fe, Al, Ca, Ba, Ti	Road dust	New Haven, CT	↑ respiratory symptoms	E	Gent et al. (2009)
Si, Al, Ca, Fe, Mn	Soil	Helsinki, Finland	↓ lung function	E	Penttinen et al. (2006)
Al	Road dust	Boston, MA	↓ lung function	T	Nikolov et al. (2008)
Na, Cl	Salt	Helsinki, Finland	↓ asthma medication use	E	Penttinen et al. (2006)
Na, Cl	Not provided	Boston, MA	↑ lung inflammation	T	Saldiva et al. (2002)
SO_4^{2-}, NH_4^+, OC	Secondary sulfate, ammonium sulfate	Atlanta, GA	↑ ED visits	E	Sarnat et al. (2008)
Not provided	Secondary inorganic compounds	Copenhagen, Denmark	↑ hospital admissions	E	Andersen et al. (2007)
S, K, Zn, PM mass	Long-range transport	Helsinki, Finland	↓ lung function ↓ asthma symptom prevalence	E	Penttinen et al. (2006)
SO_4^{2-} (+NO_2)	Not provided	Los Angeles, CA	↓ lung function	H	Gong et al. (2005)
CO, NO_2, EC, OC	Vehicle	Santiago, Chile	↑ mortality	E	Cakmak et al. (2009)
EC, Zn, Pb, Cu, Se	Vehicle exhaust	New Haven, CT	↑ respiratory symptoms	E	Gent et al. (2009)
NO_X, ultrafine PM, Cu, Zn, Mn, Fe	Local combustion	Helsinki, Finland	↓ lung function	E	Penttinen et al. (2006)
Not provided	Gasoline + secondary nitrate	Birmingham, AL; Atlanta, GA; Pensacola, FL; Centreville, AL	cytotoxicity	T	Seagrave et al. (2006)
Not provided	Gasoline + diesel	Birmingham, AL; Atlanta, GA; Pensacola, FL; Centreville, AL	inflammation	T	Seagrave et al. (2006)
Ni	Oil combustion	Boston, MA	↓ respiratory rate	T	Nikolov et al. (2008)
V, Ni	Not provided	Boston, MA	↑ lung inflammation	T	Saldiva et al. (2002)
Cr, Cu, Fe, Mn, Zn	Combustion	Santiago, Chile	↑ mortality	E	Cakmak et al. (2009)
Not provided	Biomass combustion	Copenhagen, Denmark	↑ hospital admissions	E	Andersen et al. (2007)
Total C	Vegetative burning	Spokane, WA	↑ ED visits	E	Schreuder et al. (2006)
Fe—Se—SO_4^{2-}	Not provided	Chapel Hill, NC	↑ lung inflammation	H	Huang et al. (2003)
Br, Cl, Pb	Not provided	Santiago, Chile	↑ mortality	E	Cakmak et al. (2009)
Br, Pb	Not provided	Boston, MA	↑ lung inflammation	T	Clarke et al. (2000)
Br, Pb	Not provided	Boston, MA	↑ lung inflammation	T	Saldiva et al. (2002)

[a] E = epidemiology, T = toxicology, H = controlled human exposure.

Hiukkaspitoisuuksien raja-arvoja

	$PM_{2.5}$ (µg/m³) vuosi	$PM_{2.5}$ (µg/m³) 24h	PM_{10} (µg/m³) vuosi	PM_{10} (µg/m³) 24h
WHO 2021	**5**	**15**	**15**	**45**
WHO 2005, 2018	10	25	20	50
Asumisterveysasetus 2015		25		50
Sisäilmastoluokitus 2018		SI-luokka: < 10 S2-luokka: < 10 S3-luokka: < 25		

World Health Organization 2021

https://apps.who.int/iris/handle/10665/345334

Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
$PM_{2.5}$, µg/m³	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour[a]	75	50	37.5	25	15
PM_{10}, µg/m³	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour[a]	150	100	75	50	45
O_3, µg/m³	Peak season[b]	100	70	-	-	60
	8-hour[a]	160	120	-	-	100
NO_2, µg/m³	Annual	40	30	20	-	10
	24-hour[a]	120	50	-	-	25
SO_2, µg/m³	24-hour[a]	125	50	-	-	40
CO, mg/m³	24-hour[a]	7	-	-	-	4

[a] 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).
[b] Average of daily maximum 8-hour mean O_3 concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O_3 concentration.

WHO:n 2021 antamat ilman laadun ohjearvot verrattuna WHO:n 2005 ohjearvoihin

Epäpuhtaus	Aikakeskiarvo	2005	2021
$PM_{2.5}$ [µg/m^3]	Vuosi	10	5
	24-h	25	15
PM_{10} [µg/m^3]	Vuosi	20	15
	24-h	50	45
O_3 [µg/m^3]	Huippujakso	-	60
	8-h	100	100
NO_2 µg/m^3 [µg/m^3]	Vuosi	40	10
	24-h	-	25
SO_2 [µg/m^3]	24-h	20	40
CO [mg/m^3]	24-h	-	4

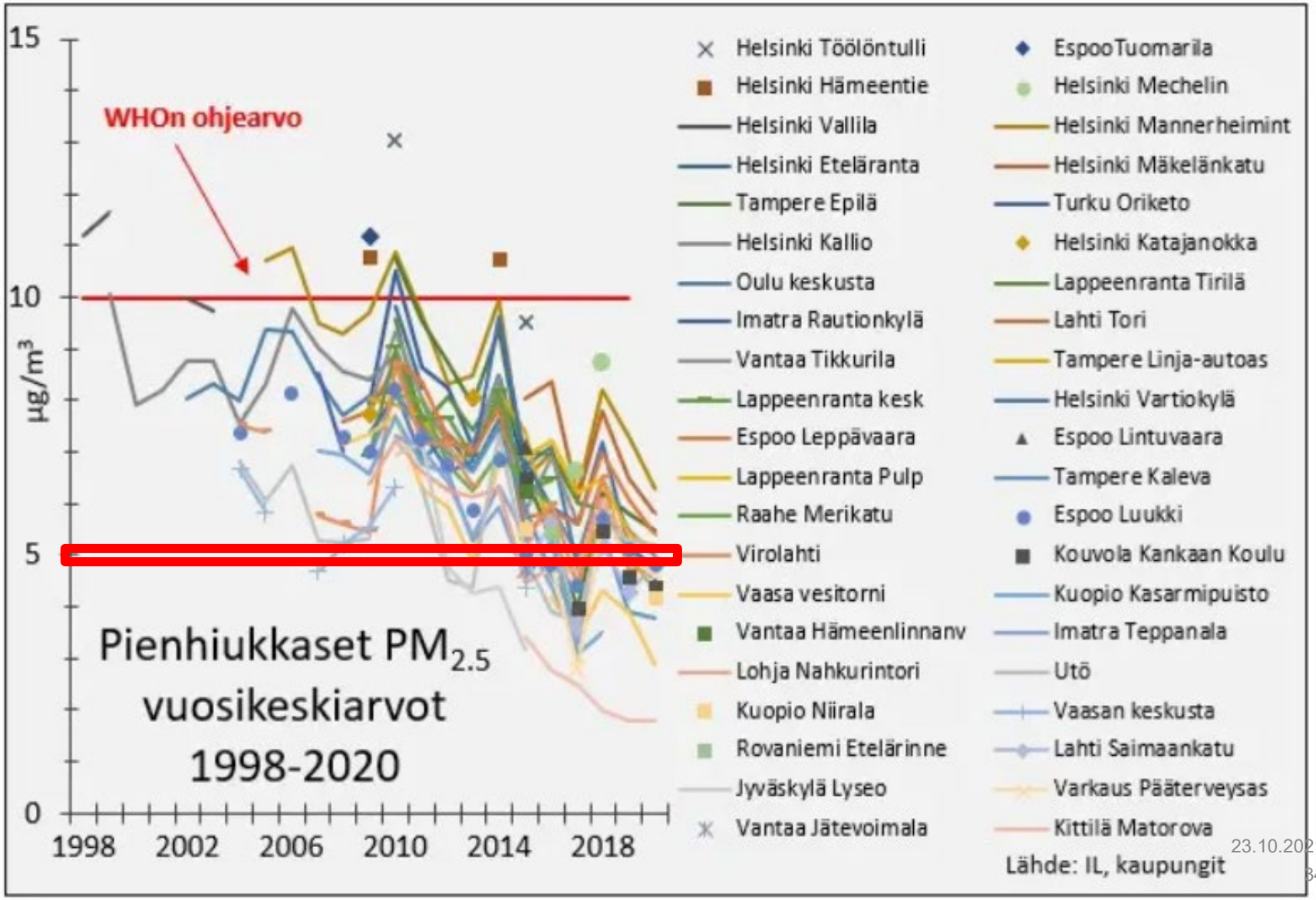
Asuminen ja terveys ohjearvot, WHO 2018

World Health Organization

WHO HOUSING AND HEALTH GUIDELINES

Pienhiukkaset

(Ilmatieteen laitos, 2021)
https://www.ilmatieteenlaitos.fi/pienhiukkaset-ilmansaasteena



$PM_{2.5}$-tasot (vuosikeskiarvo, [µg/m³]) "puhtaimmissa maissa"

(Brauer, M. et al. 2017, for the Global Burden of Disease Study 2017).
https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.PM25)

Kaikista listatuista 194:stä maasta 24:n mitatut $PM_{2.5}$ tasot olivat WHO:n 2005 suositusten mukaisia.

YKSIKÄÄN MAA EI TÄYTÄ WHO:N 2021 ANTAMAA UUTTA VAATIMUSTA (5 µg/m³)!

Canada	6
Finland	6
Iceland	6
New Zealand	6
Sweden	6
Estonia	7
Norway	7
United States	7
Ireland	8
Maldives	8
Portugal	8
Puerto Rico	8
Australia	9
Uruguay	9
Andorra	10
Denmark	10
Luxembourg	10
Marshall Islands	10
Northern Mariana Islands	10
Spain	10
Switzerland	10
United Kingdom	10
Virgin Islands (U.S.)	10

Pohjoismaiden kansalliset ohjearvot sisäympäristön altisteille (Haverinen-Shaughnessy ym. 2020)

Suure	Yksikkö	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Islanti
$PM_{2.5}$	µg/m³	25 (24h)		15 (24 h), 8 (12 kk)		
Asbesti		0,01 kuitua/cm³		0,001 kuitua/ml		
Radon	Bq/m³	300 (säteilylainsäädännön uudistus 12/2018), 400 (rak. ennen 1992), 200 (rak. 1992 jälkeen)	200	200	100[c]	
Kosteus- ja homevauriot (näkyvä)		Korjaamaton kosteus- tai lahovaurio, aistinvaraisesti todettu mikrobikasvu rakennuksen sisäpinnalla		ei näkyvää hometta	0 cm² (asuintilat), < 400 cm² (märkätilat), < 2 500 cm² (yläkatot ja kellarit)[d]	
Lämpötila, T	°C	18–26 (lämmityskausi), 18–32 (kesä), suunnitteluarvo 21 (lämmityskausi), 23 (kesä)	20–23	19–26 (kevyt työ), 16–26 (keskiraskas työ), 10[b]–26 (raskas työ)	toimistot 23–26 (kesä), 20-24 (talvi)[d]	
Ilmanvaihtokerroin		0,35 l/s/m²	0,35 l/s/m²	1,2 m³/h·m²	0,35 l/s/m² (kodit), 0,35 l/s/m² (koulut)[c,d]	
Hiilidioksidi, CO_2	Ppm	1 150 > ulkoilma, < 1 200 ppm	1 000	1 000	1 000[c] (koulut ja päiväkodit), 1 000 (toimistot)[d]	
Hiilimonoksidi eli häkä, CO	µg/m³ tai ppm	7 mg/m³, 8 mg/m³		80 ppm (15 min), 25 ppm (1 h), 10 ppm (8 h)		
Formaldehydi	µg/m³	100 (30 min), 50 (12kk)	100[a]	100	100[d]	
Melu	dB	asunnot: 35 (päiväaika), 30 (yöaika), muut tilat: 40		45	jälkikaiuntaaika 0,6 s (koulut, toimistot), 0,4 s (päiväkodit)[d]	

[a] Vanhoissa rakennuksissa 700 µg/m³; [b] Sormet ei saa kylmettyä; [c] Ministry of Transport, Building and Housing 2018; [d] standardi DS3033

Kynttilöiden poltto pienhiukkasten lähteenä

Ensimmäinen arvio tarvittavasta ilmanvaihdon ilmamäärästä julkaistiin v. 1836. Thomas Tredgold: “**yksi ihminen tarvitsee hengittämiseen ja kynttilänpolttoon raikasta ilmaa 2l/s”.**

Viite: J. E. Janssen, “The History of ventilation and Temperature Control,” ASHRAE J., vol. October, pp. 48–70, 1999.

Tuloksia Andersen ym. 2021 tutkimuksesta

https:// doi.org/10.1111/ina.12909

Vahan ja kynttiläsydämen koostumuksen optimointi

→ voidaan vähentää noki (musta hiili, BC)-, $PM_{2.5}$- ja hiukkasfaasisten polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH) päästöjä

- Ei vaikutusta NOx-, formaldehydi- ja kaasufaasipohjaisten PAH-yhdisteiden päästöihin kokeellisissa palo-olosuhteissa.

Liekin ”häiriöiden” estäminen

→ voidaan vähentää altistumista noelle (musta hiili, BC), $PM_{2.5}$:lle ja hiukkasfaasisille polysyklisille aromaattisille hiilivedyille (PAH).

Tarvittaisiin kynttilöiden palamispäästöjen vaatimusstandardeja!

INDOOR AIR
International Journal of Indoor Environment and Health

MALTILLISEN KYNTTILÄNPOLTON VÄLITTÖMÄT VAIKUTUKSET OMAKOTITALON SISÄILMAN JA TOIMISTOTALON TYÖHUONEEN HIUKKASPITOISUUKSIIN

Kari Pasanen, Pekka Taimisto ja Raimo O. Salonen

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Terveysturvallisuusosasto, Ympäristöterveysyksikkö

TIIVISTELMÄ

Kohtuullisen kynttilämäärän poltto tuotti koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon omakotitalossa erikokoisten huoneiden sisäilmaan vilkasliikenteisen liikenneväylän ruuhkaa vastaavia pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) ja mustan hiilen (BC) pitoisuuksia, ja jopa tätä suurempia ultrapienten hiukkasten lukumääräpitoisuuksia (PNC). Liekin sammutuksen ja lepatuksen aikana hiukkaskoko suureni nopeasti, mikä näkyi PNC-pitoisuuden laskuna samanaikaisen $PM_{2.5}$-pitoisuuden nousun kanssa. Yhteensä 58 – 350 min kestäneiden kynttilöiden polttoajan ja sammutuksen jälkeisen savun poistumisen aikana mitattuja $PM_{2.5}$-, BC- ja PNC-keskipitoisuuksia hallitsi hiukkasten hidas, tyypillisesti 2-3 tuntia kestänyt poistuminen tutkituista huoneista. Tehostetun ilmanvaihdon toimistohuoneessa kynttilänpoltto kohotti hiukkaspitoisuuksia selvästi vähemmän.

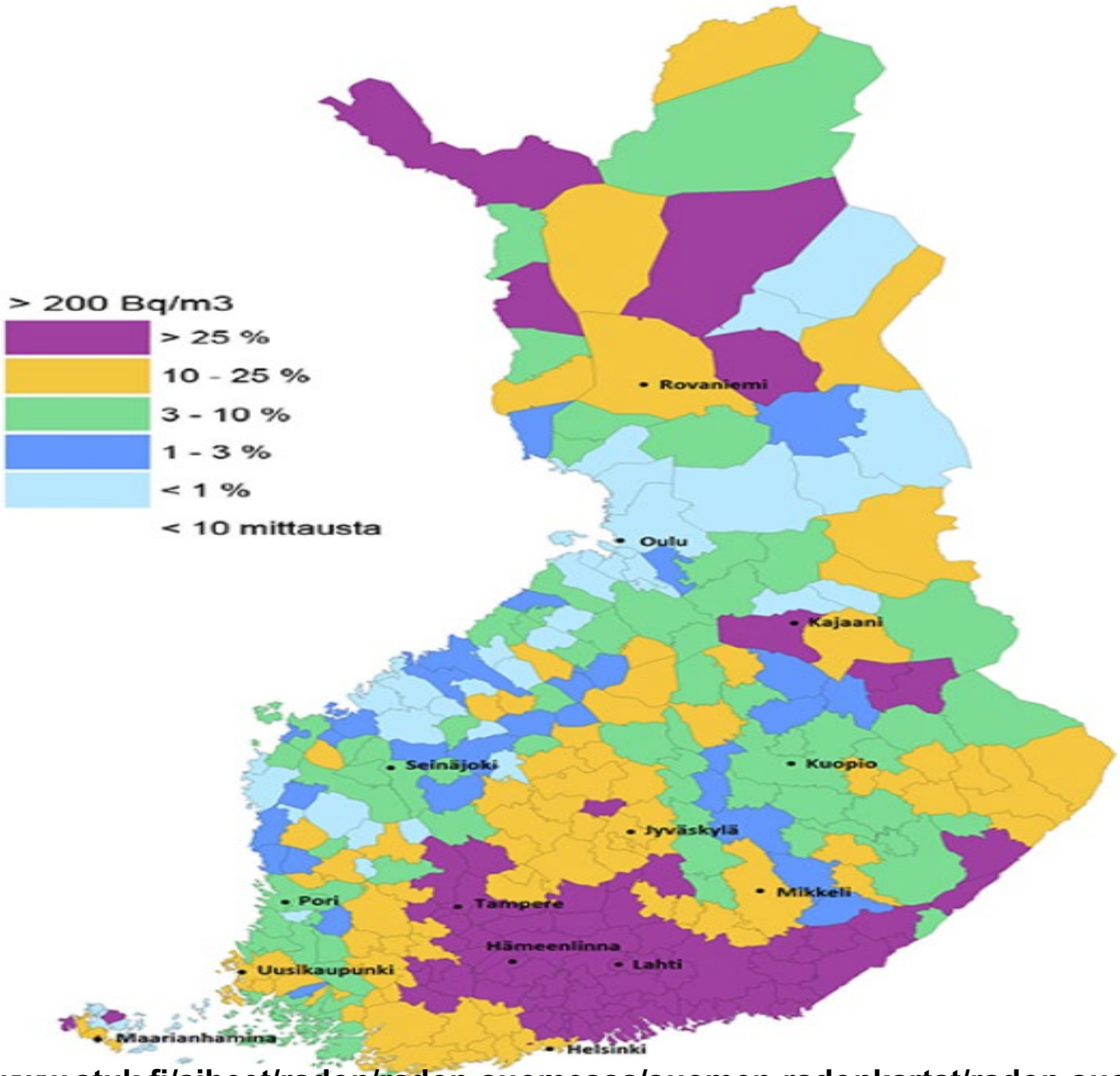
RADON

Lisää keuhkosyöpäriskiä

Mittaaminen edelleen tärkeää!

Radon Suomessa (Säteilyturvakeskuksen nettisivut. 2021)

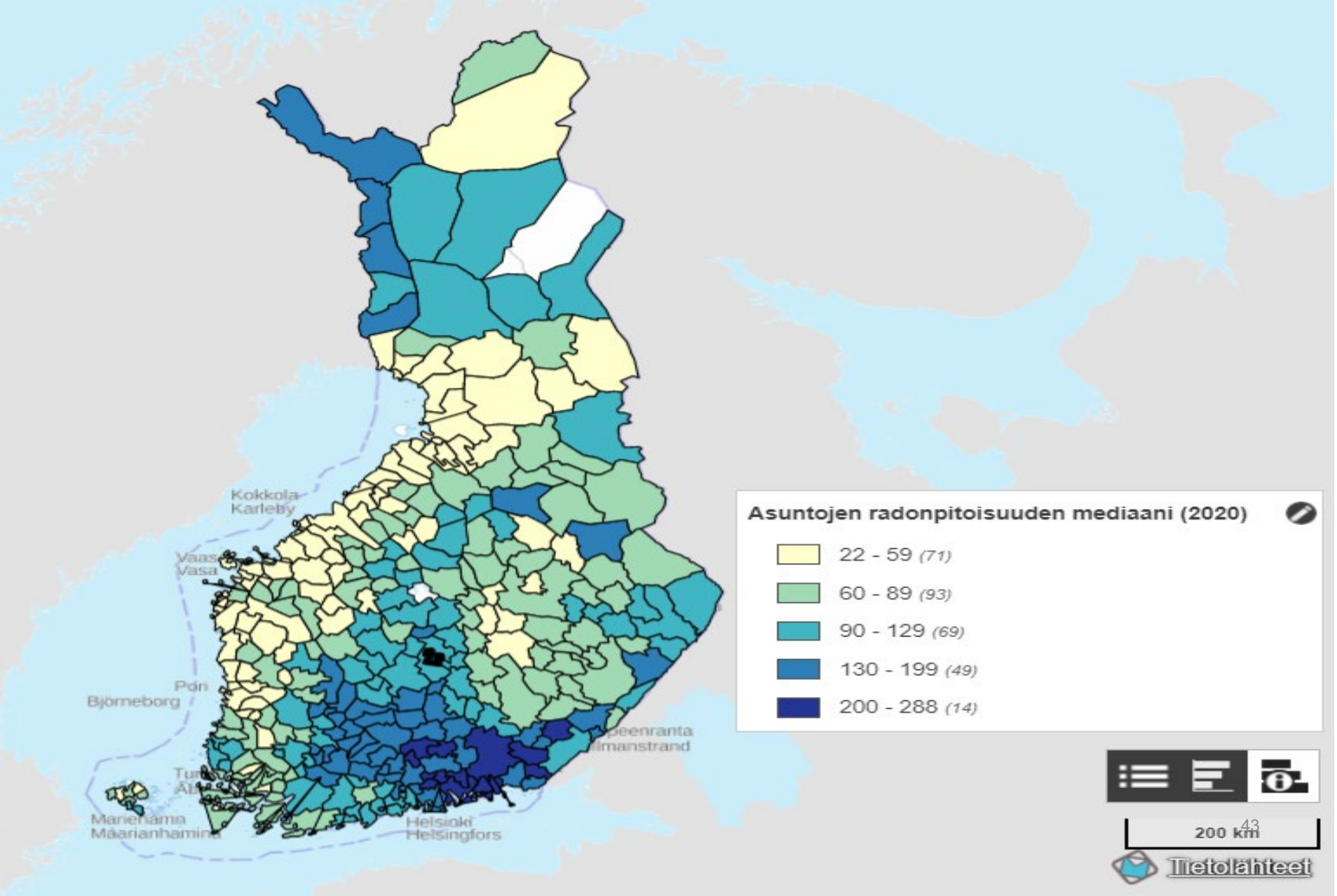
Yli 200 becquereliä kuutiometrissä pitoisuudet kunnittain



Lähde: https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa/suomen-radonkartat/radon-suomessa-kunnittain

Radon Suomessa (Säteilyturvakeskus, 2020)

Lähde: https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa/suomen-radonkartat/radon-suomessa-kunnittain



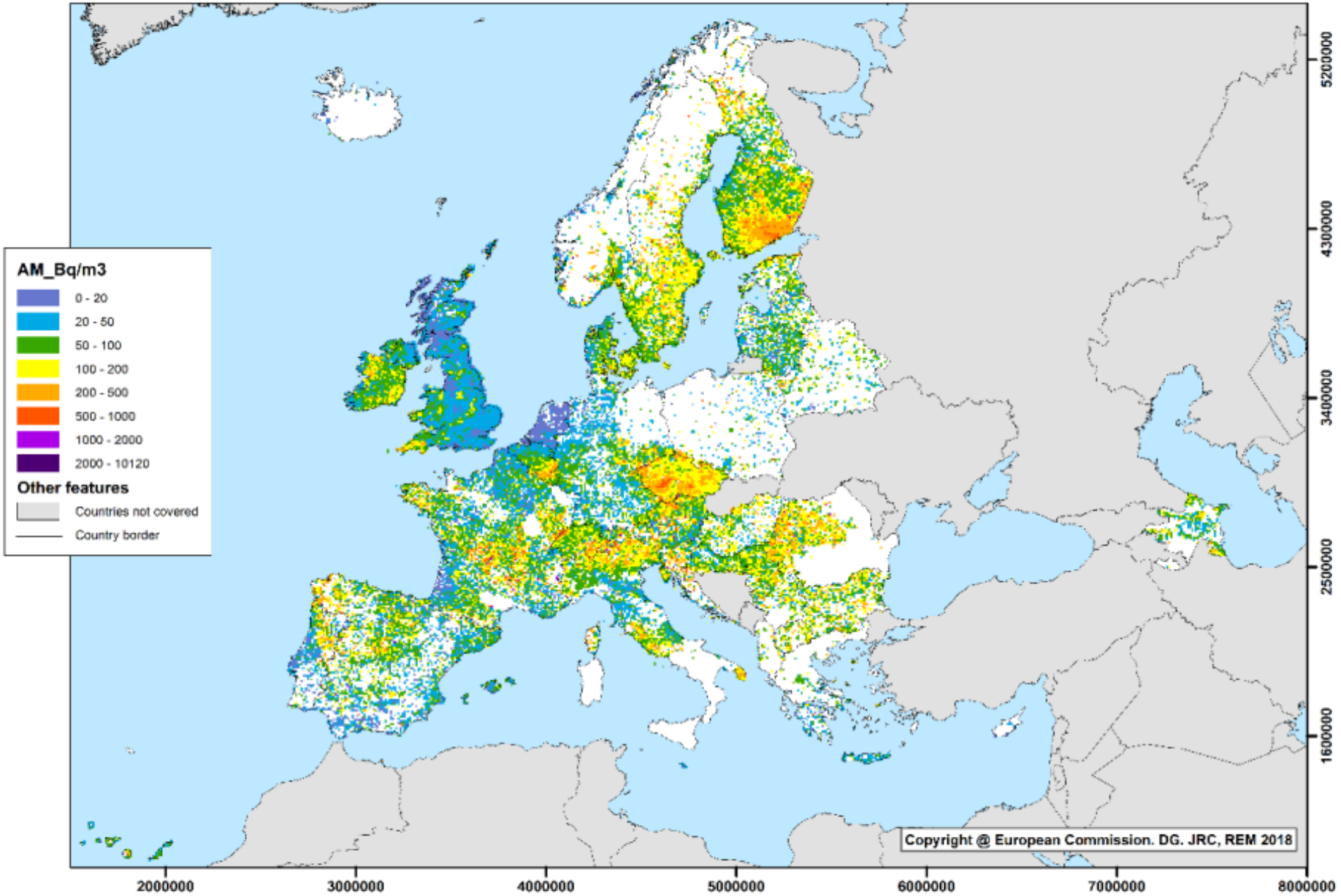
Radon Euroopassa (EU, 2005)

Country	Estimated annual mean levels (Bq/m³)	% dwellings > 200 Bq/m³ and <400 Bq/m³	% dwellings > 400 Bq/m³
Albania	NA	NA	NA
Austria	97	8	4
Belgium	48	1.7	0.3
Croatia	68	5.4	1.8
Cyprus	19	0	0
Czech Republic	140	10 - 15	2 - 3
Denmark	53	2.7	0.2
Estonia	60	2 – 2.5	0.3 – 0.5
Finland	120	8.7	3.6
France	63	6.5	2
FYROM	NA	NA	NA
Germany	50	2.5	< 1
Greece	55	2	1.1
Hungary	NA	5.1	0.8
Ireland	89	6	1.5
Italy	70	3.2	0.9
Latvia	NA	NA	NA
Lithuania	55	2.5	0.3
Luxembourg	115	NA	3
Malta	40	0	0
Netherlands	23	0.3	0
Norway	89	6	3
Poland	49	1.6	0.4
Portugal	NA	NA	NA
Romania	45	NA	NA
Serbia-Montenegro*	144	18	4
Slovakia	108	14	11
Slovenia	87	5.5	2
Spain	90	4	2
Sweden	108	6 - 7	3 - 4
Switzerland	77	10	7
United Kingdom	20	0.4	0.1

**** Province of Vojvodina only***

NA: Not Available

European Indoor Radon Map, September 2018



Arithmetic means over 10 km x 10 km cells of long-term radon concentration in ground-floor rooms.
(The cell mean is neither an estimate of the population exposure, nor of the risk.)

Source:
European Commission, Joint Research Centre (JRC),
Directorate G - Nuclear Safety & Security, REM project

MIKROBIEPÄPUHTAUDET JA NIIDEN AINEENVAIHDUNTATUOTTEET

Yhteys hengitystieoireisiin ja astmaan

Kosteusvaurioiden yleisyys Euroopassa (Eurostat 2019, Haverinen-Shaughnessy ym. 2020)

Kosteusvaurioisten rakennusten osuus kaikista kotitalouksista Euroopassa v. 2018: < 5 % (Suomi) – 31 % (Portugali).

Kosteusvaurioita esiintyi Pohjoismaista vähiten Suomessa (alle 5 %), eniten Tanskassa ja Islannissa (yli 15 %).

Ruotsissa ja Norjassa kosteusvaurioita oli alle 10 %:ssa rakennuksista.

Kosteus ja homevaurioiden aiheuttamat kustannukset Suomessa (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, 2021)

Terveydenhoitokustannukset vuosittain satoja miljoonia euroja ja kiinteistöjen korjaustarve vähintään samaa suuruusluokkaa.

Välillisten vaikutusten takia kansantaloudelliset kustannukset ovat vielä huomattavasti suuremmat.

INDOOR AIR
International Journal of Indoor Environment and Health

Volume 31, Issue 6
November 2021
Pages 1952-1966

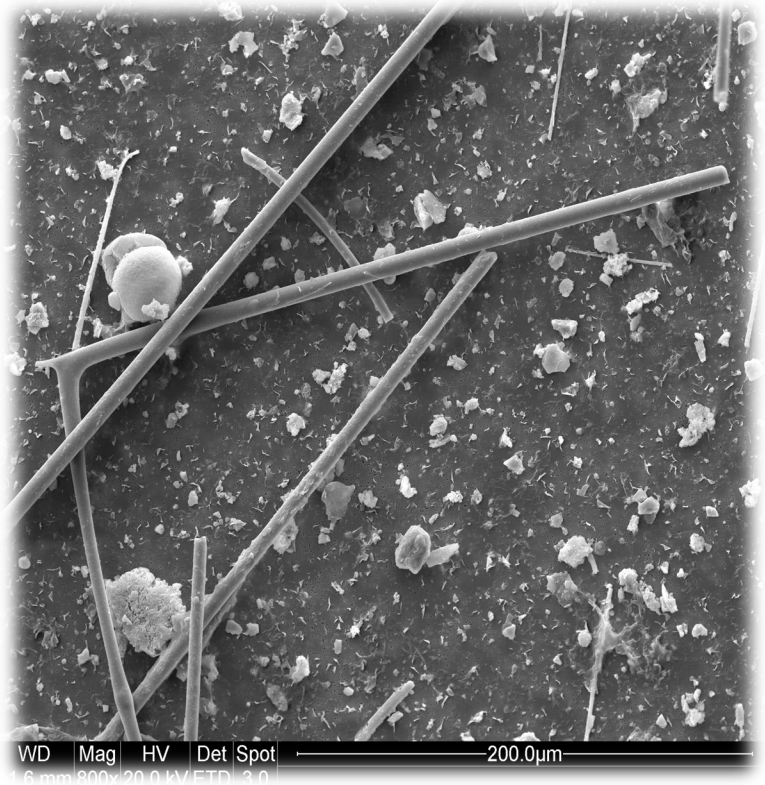
ORIGINAL ARTICLE | Open Access

Microbial exposures in moisture-damaged schools and associations with respiratory symptoms in students: A multi-country environmental exposure study

Rachel I. Adams, Hanna Leppänen, Anne M. Karvonen, José Jacobs, Alicia Borràs-Santos, Maria Valkonen, Esmeralda Krop, Ulla Haverinen-Shaughnessy, Kati Huttunen, Jan-Paul Zock, ... See all authors

TEOLLISET MINERAALIKUIDUT

(esim. lasikuidut (lasivilla) ja kivikuidut (vuorivilla))



Ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet

Altistuminen teollisille mineraalikuiduille

- Altistuminen edelleen melko yleistä.
- Kuituja vapautuu pääasiassa kuitulevyjen asennusvaiheessa.
- Kuituja vapautuu myös
  - Rakennusten peruskorjausten ja korjausten aikana
  - Kuitumateriaalien eroosion seurauksena
  - Huoltotoimenpiteiden aikana (materiaaleja kolhitaan/vahingoitetaan)
  - Vaurioituneista akustiikkalevyistä

- Kuidut kertyvät helposti tasopinnoille

→ Paikallinen uudelleen leviäminen ja siirtyminen esim. sormien välityksellä silmiin

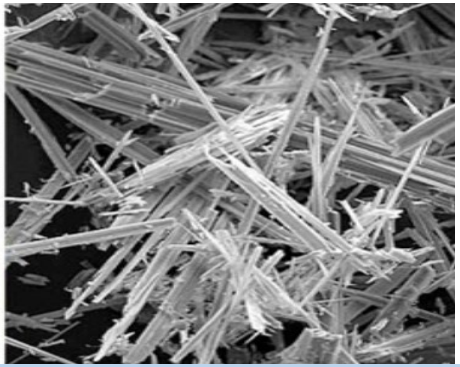
→ Mahdollinen ärsytysvaikutus

- Ilmanvaihdolla voidaan vaikuttaa merkittävästi halkaisijaltaan < 3 µm kuitujen ilmapitoisuuksiin ja siivouksella halkaisijaltaan > 3 µm kuitupitoisuuksiin.
- Suurin osa laskeutuneista kuiduista toimistopinnoilla > 100 µm.

→ Pintojen siivous tärkeää!!

- Mikäli kuitulähteitä on paljon on lähteiden poistaminen/vähentäminen ainut keino vähentää merkittävästi kuitukertymää.

ASBESTI



- Putkieristeet
- Akustinen eristys
- Asbesti- ja kuitusementtituotteet
- Asbestipahvit
- Asbestiruiskutus
- Bitumiemulsiot ja -kermit
- Bitumimaali ja -liimat
- Bitumisaumausmassat
- Joustovinyylimatot
- Kattohuovat
- Muovi- ja kumimatot
- Muovimassalattiat
- Julkisivumaalit
- Magnesiamassa-lattiat,
- Mineraalihuovat
- Palonsuojalevyt
- Palo-ovet
- Plastiset saumausmassat
- Kiinnitys- ja saumauslaastit
- Seinätasoitteet
- Pinnoitetut teräslevyt
- Vinyylilaatat
- Öljykattilat
- Asbestilangat, -nauhat ja -kankaat

Keuhkosyöpä, mesotelioma, kurkunpään syöpä, munasarjasyöpä ja asbestoosi

Helsingin Sanomat 7.8.2018

Ulkomaat

Yhdysvallat helpottaa tappavan asbestin käyttöä – venäläinen asbestifirma kiitti Trumpia lätkäisemällä presidentin naaman asbestipaaleihin

Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto helpottaa terveydelle erittäin vaarallisen asbestin käyttöä. Suomessa asbestia koskevaa lainsäädäntöä tiukennettiin vuonna 2016.

Donald Trump Thinks Asbestos is "100% Safe"

HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (VOC-YHDISTEET)

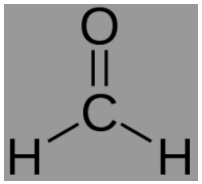
Liikenteen päästöt

Teollisuuden päästöt

Rakennusmateriaalit
Laitteet ja tekniset järjestelmät
Sisustusmateriaalit
Siivous ja huolto
Tilan käyttäjät
Käyttäjien toiminnot

Mahdolliset ohimenevät ärsytys- ja hengitystieoireet

FORMALDEHYDI



Yleensä peräisin liima-aineena käytetystä ureaformaldehydihartsista, jota on käytetty lastulevyssä ja eräissä paneeleissa (esim. asuntojen kiintokalusteet ja huonekalut).

Voi vapautua myös

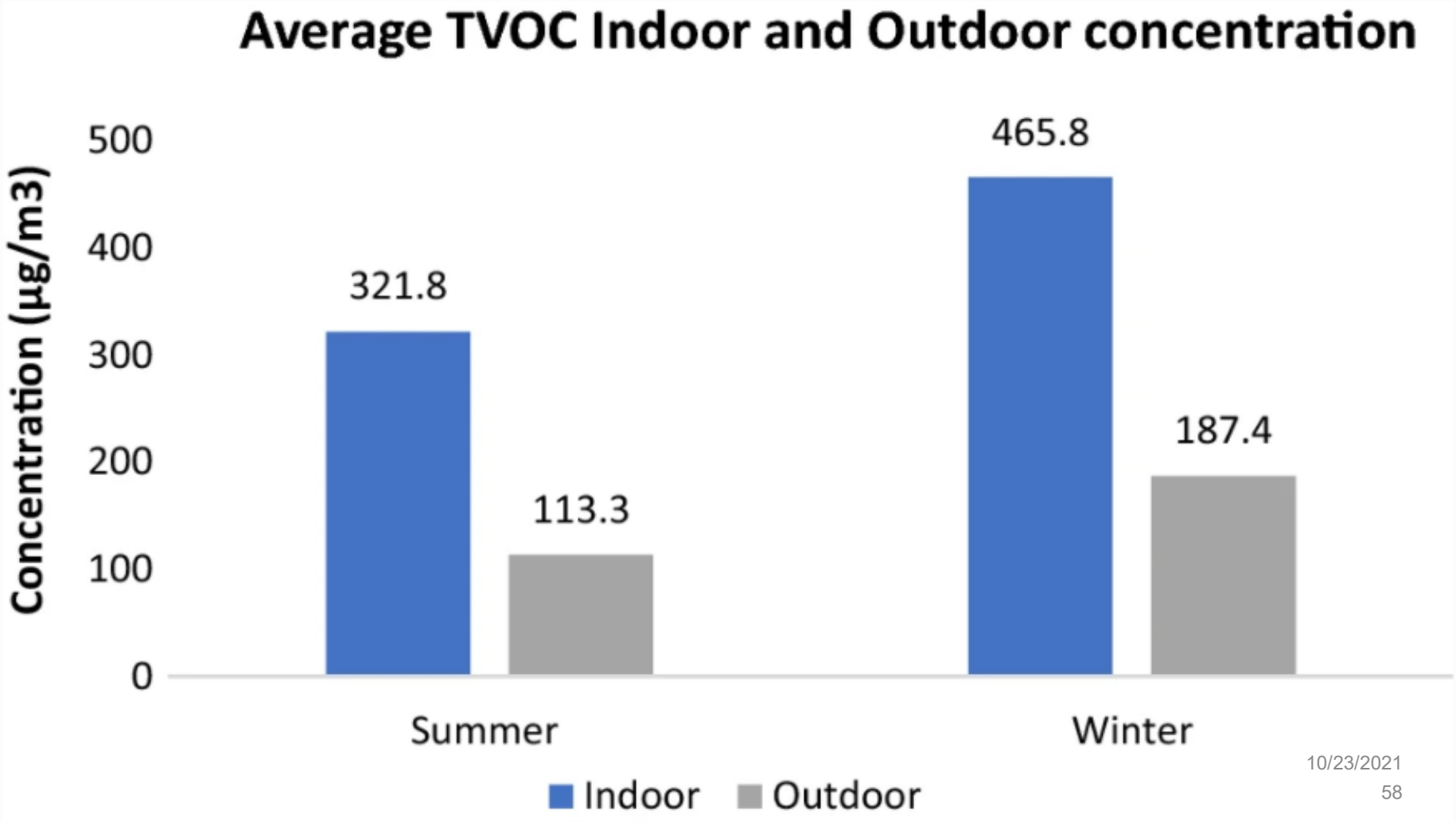
- Lakoista
- Maaleista
- Pinnoitteista
- Kokolattiamatoista
- Itsesiliävistä tekstiileistä.

Karsinogeeninen. Asuinympäristössä oireet liittyvät lähinnä ärsytys- ja hengitystieoireisiin sekä mahdollisesti liittyvään astmariskiin

Wallenius ym. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyyppisissä työympäristöissä. Työterveyslaitos. ISBN 978-952-261-957-0 (pdf)

http://urn.fi/URN:ISBN:9789522619570

TVOC pitoisuudet sisällä ja ulkona
(Nandan et al. 2021)



Sisäilman kaasumaisiin epäpuhtauksiin vaikuttavat tekijät toimistoissa—OFFICAIR-projekti (Spinazzè et al. 2019)

Rakennusten ominaispiirteet:

- Pysäköintialue/integroitu autotalli (styreeni)
- Jäähdytysjärjestelmän tyyppi (α-pineeni, bentseeni)
- Alakatto (glutaraldehydi)
- Seinämateriaali (etyylibentseeni)
- Pöytämateriaali (glutaraldehydi)
- Huonekalujen ikä (propanaali, heksanaali)

Toimistolaitteet:

- Lasertulostimien määrä (formaldehydi)
- Tilassa olevat kopiokoneet (asetaldehydi)

Toimiston mikroilmasto-ominaisuudet:

- Lämpötila (asetaldehydi, heksanaali, etyylibentseeni, 2-butoksietanoli, 2-etyyliheksanoli ja styreeni)
- Suhteellinen kosteus (2-butoksietanoli ja heksanaali)
- Ilmanvaihtonopeus (bentseeni ja a-pineeni)

Tilankäyttäjien toiminta:

- Hiuslakkojen käyttö (n-heksaani)
- Hajunpoistoaineiden käyttö (etyylibentseeni, d-limoneeni ja styreeni)
- Muiden toimistotarvikkeiden käyttö (glutaraldehydi)

Puhdistuskäytännöt:

- Lattianpesuaineiden käyttö (tolueeni ja 2-etyyliheksanoli)
- Lasinpuhdistusaineen käyttö (2-butoksietanoli)

Rakennuksen sijainti:

- Vähäliikenteiden tien läheisyys (akroleiini)
- Vilkasliikenteisen tien läheisyys (formaldehydi)

Ympäristötekijät:

- Vuodenaika (tolueeni, d-limoneeni, formaldehydi, propanaali, bentsaldehydi ja glutaraldehydi)
- Ulkoilman otsonipitoisuus (d-limoneeni, 2-butoksietanoli, heksanaali, akroleiini ja propanaali)
- Ko. epäpuhtauksien ulkoilmapitoisuudet (asetaldehydi, akroleiini, bentsaldehydi, formaldehydi, heksanaali, propanaali, d-limoneeni, 2-butoksietanoli, etyylibentseeni, ksyleeni, bentseeni, n-heksaani, styreeni ja tolueeni)

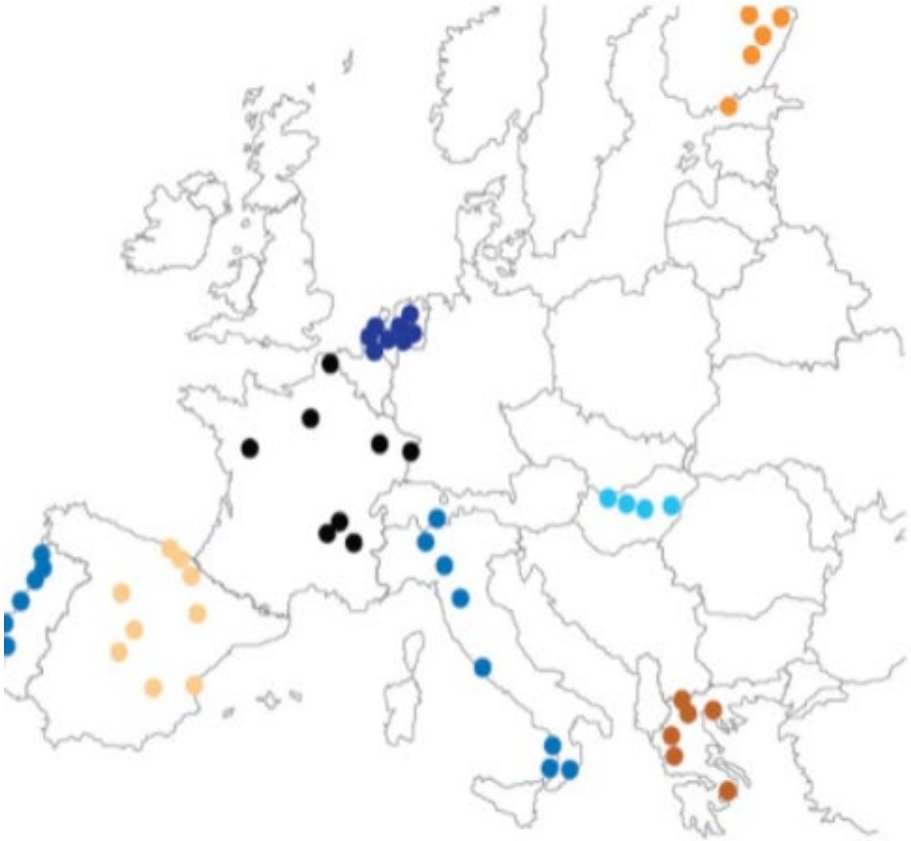
Huom! Useita sisäpitoisuuksia liitettiin muuttujaan ”kohdemaa".

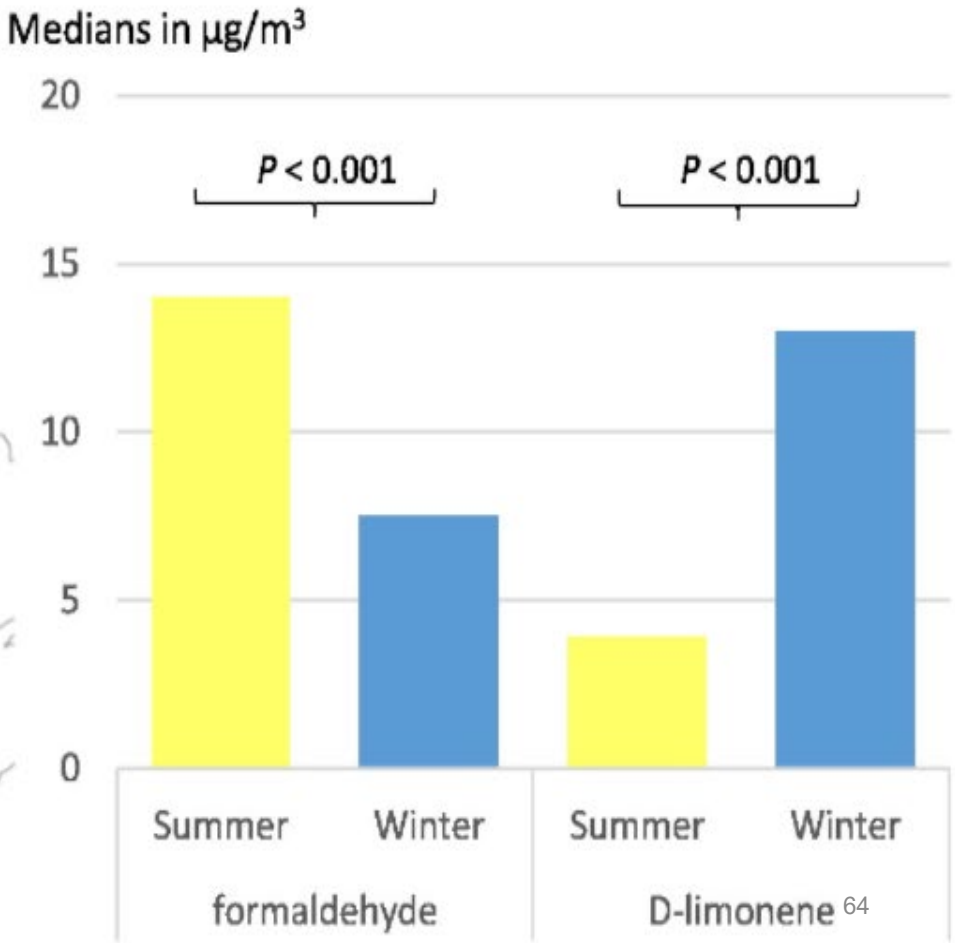
TABLE I. Characteristics of Formaldehyde and the 20 Most Common Irritating VOCs in 176 Office Buildings

VOC	Mean Max $\mu g/m^3$	RD50 $\mu g/m^3$ [ppm]	OEL = 0.03 × RD50 $\mu g/m^3$ [ppm]	RIL= 1/40 × OEL = RD50/1333 $\mu g/m^3$ [ppm][A]	Probability for Irritation (= expected concentration/RIL)[A]
Formaldehyde	11	5000[B]	150	4	2.8*
	44	[4][B]	[0.1]	[0.003]	11**
2-Phenoxyethanol	1.6	34000[C]	1020	26	0.06*
	80	[6][C]	[0.2]	[0.005]	3.1**
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	1.5	114000[C]	3420	86	0.02*
	56	[17][C]	[0.5]	[0.01]	0.7**
Hexanoic acid	5.5	149500[C]	4485	112	0.05*
	440	[31][C]	[0.9]	[0.02]	3.9**
2-Ethyl-1-hexanol	0.9	233800[D]	7014	175	0.005*
	12	[44][D]	[1.3]	[0.03]	0.07**
2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	7.7	440000[C]	13200	330	0.02*
	600	[79][C]	[2.4]	[0.06]	1.8**
1,2-Propanediol	7.0	253000[C]	7590	190	0.04*
	280	[80][C]	[2.4]	[0.06]	1.5**
Pentanoic acid	1.1	491400[C]	14742	369	0.003*
	100	[116][C]	[3.5]	[0.09]	0.3**
Acetic acid	7.1	399900[D]	12000	300	0.02*
	610	[163][D]	[4.9]	[0.1]	2.0**
Phenol	0.5	638300[D]	19149	479	0.001*
	30	[166][D]	[5.0]	[0.1]	0.063**
Nonanal	2.5	1204000[C]	36120	903	0.003*
	30	[204][C]	[6.1]	[0.2]	0.03**
2-Furfural	0.3	917900[D]	27537	689	0.0004*
	39	[234][D]	[7]	[0.2]	0.006**
Benzaldehyde	1.5	1442000[D]	43260	1082	0.001*
	12	[333][D]	[10]	[0.2]	0.01**

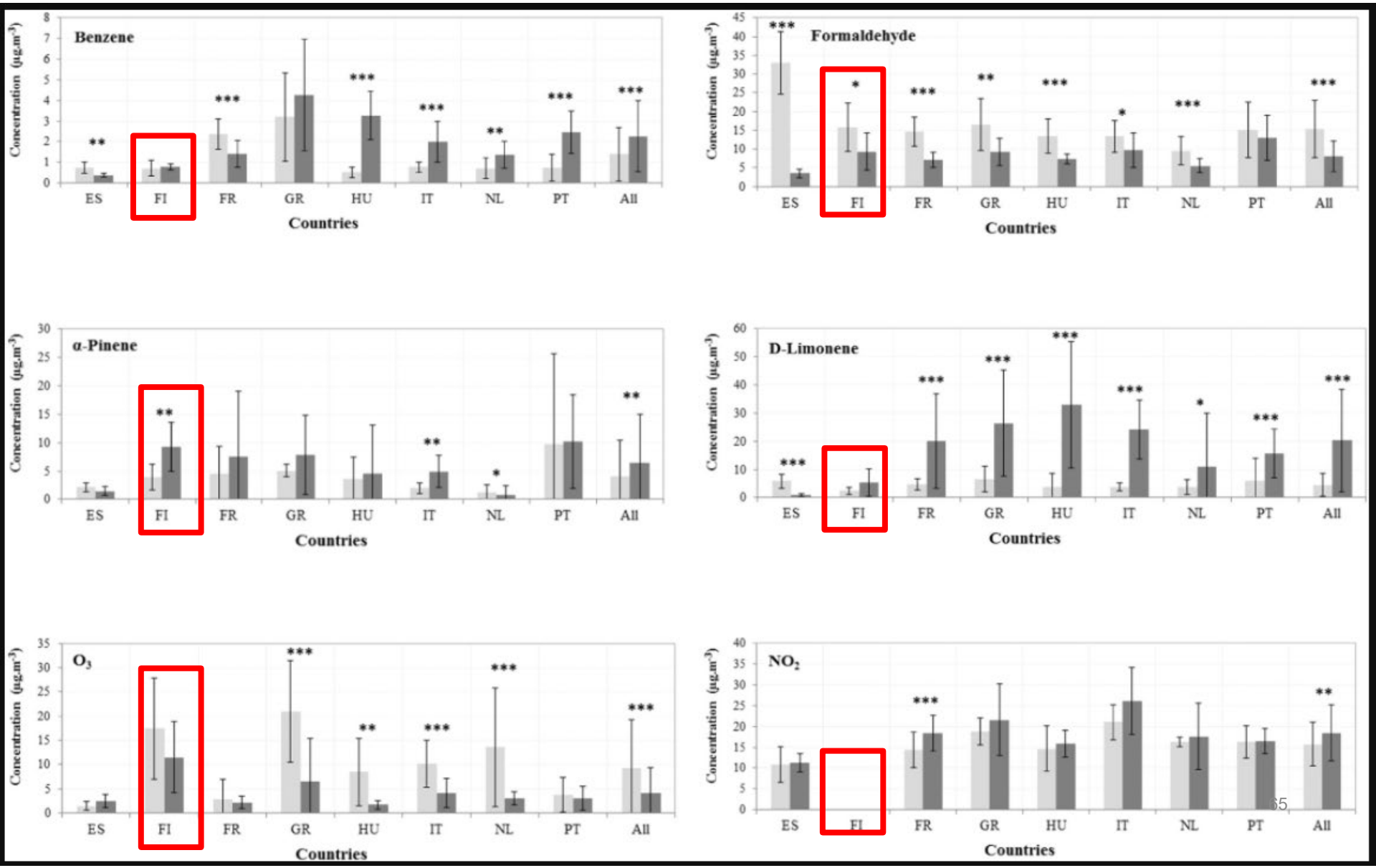
Sisäilman laatu Eurooppalaisissa toimistorakennuksissa (Mandin et al. 2017)

37 modern office buildings

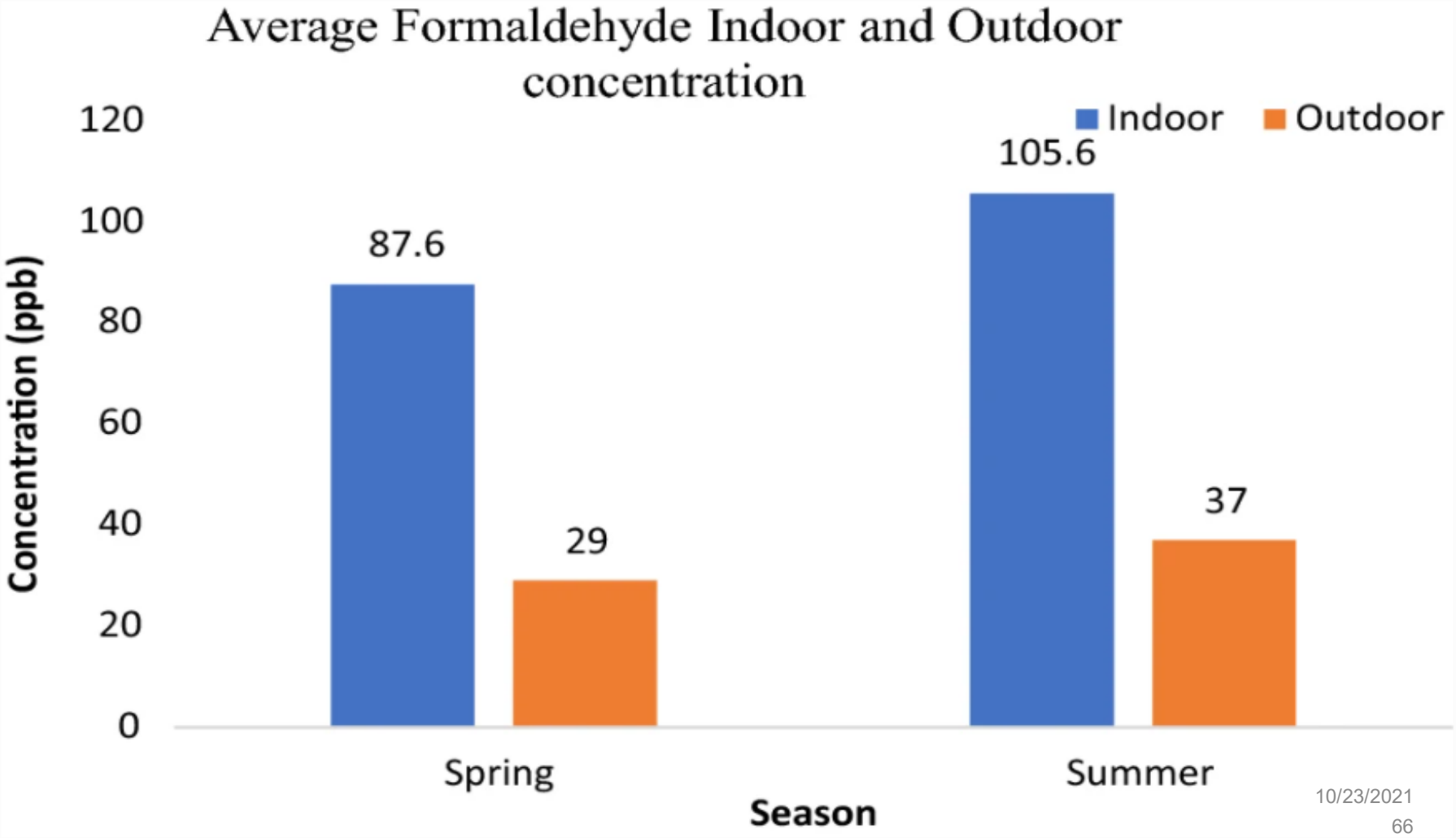




Kuva. Toimistojen keskimääräisiä kesä- ja talviajan epäpuhtauspitoisuuksia (Mandin ym. 2017)
Vaaleanharmaa = kesä; Tummanharmaa = talvi
ES: Espanja, FI: Sumi, FR: Ranska; GR: Kreikka, HU: Unkari, IT: Italia, NL: Alankomaat ja PT: Portugali



Formaldehydin sisäilma- ja ulkoimapitoisuudet
(Nandan et al. 2021)



TYPPIDIOKSIDI, NO_2

Astmaattisilla lapsilla pitkäaikainen altistus n. 20 µg/m^3 (n. 10 ppb) typpidioksidipitoisuudelle voi aiheuttaa lisääntyneitä oireita (Belanger et al. 2013).

Luokkahuoneissa vallitsevat typpidioksiditasot on yhdistetty astmaattisten lasten lisääntyneisiin hengitysvaikeuksiin (Gaffin et al. 2018).

Luokkahuoneiden NO_2 pitoisuuksilla on havaittu yhteys myös silmä- ja kurkkuoireisiin sekä väsymykseen (Norback et al. 2017).

Environment International 130 (2019) 104887

Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint

Review article

Human exposure to NO_2 in school and office indoor environments

Heidi Salonen[a,b,*,1], Tunga Salthammer[b,c,**,1], Lidia Morawska[b]

[a] Aalto University, Department of Civil Engineering, PO Box 12100, FI-00076 Aalto, Finland
[b] Queensland University of Technology, International Laboratory for Air Quality and Health, 2 George Street, Brisbane Q 4001, Australia
[c] Fraunhofer WKI, Department of Material Analysis and Indoor Chemistry, 38108 Braunschweig, Germany

Keinoja koulurakennusten NO_2 pitoisuuksien vähentämiseksi:

- Kaupunkisuunnittelu: Uusien koulujen sijoittelu kauaksi vilkasliikenteisistä teistä.
- NO_2:sta vapauttavien lämmittimien käytön vähentäminen.
- Sisäympäristösuunnittelu: Luokkahuoneiden sijoittelu puistojen, pihojen ja mahdollisimman vähäliikenteisten katujen puolelle.

- Asianmukaisen ja riittävän ilmanvaihdon varmistaminen huoneissa (suosituksena uusiin kouluihin: mekaaninen ilmanvaihto ilmanpuhdistusjärjestelmällä)

- Uusien koulujen tuuletusikkunoiden tai ilman sisäänottojen sijoittelu ottaen huomioon ulkoilman NO_2 lähteet

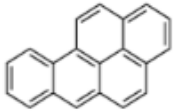
- Ikkunoiden pitäminen suljettuina silloin kuin ulkoilman NO_2-pitoisuus on korkea

- NO_2 läpäisevyyden vähentäminen lisäämällä rakennuksen verhouksen ilmatiiviyttä

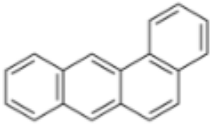
PAH-YHDISTEET

Syntyvät epätäydellisessä palamisessa:

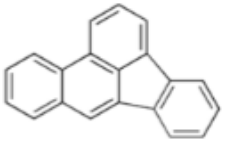
- Metsäpalot
- Savustaminen
- Grillaaminen
- Elintarvikkeiden kuivaaminen
- Tupakointi
- Liikenne



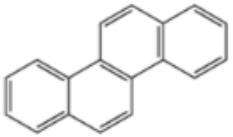
Benso[a]pyreeni



Bents[a]antraseeni



Bentso[b]fluoranteeni



Kryseeni

Syöpä- ja perimävaurioiden riskin kasvaminen

KASVI JA ELÄINPERÄISET ALLERGEENIT

(esim. siitepölyt sekä lemmikkieläinten allergeenit)

Hengitys- ja allergiaoireita niille herkistyneille astmaatikoille tai allergikoille

Lisäksi erilaiset sisäympäristön fysikaaliset tekijät voivat aiheuttaa ohimeneviä oireita.

Esim. korkea sisälämpötila ja kuiva sisäilma voivat aiheuttaa ohimeneviä oireita, kuten silmien ja limakalvojen kuivumista ja hengitystieoireita, sekä yleisoireita, kuten väsymystä ja päänsärkyä.

Siivouskemikaalien ja siivousmenetelmien vaikutukset sisäilman laatuun

Expert Review of Respiratory Medicine ›
Volume 14, 2020 - Issue 1

191 Views | 7 CrossRef citations to date | 38 Altmetric

Editorial

Damaging effects of household cleaning products on the lungs

Orianne Dumas & Nicole Le Moual

Pages 1-4 | Received 16 Jul 2019, Accepted 01 Nov 2019, Accepted author version posted online: 04 Nov 2019, Published online: 08 Nov 2019

INDOOR AIR
International Journal of Indoor Environment and Health

ORIGINAL ARTICLE | Full Access

Ultrafine particle emission from floor cleaning products

Luca Stabile, Gianmarco De Luca, Antonio Pacitto, Lidia Morawska, Pasquale Avino, Giorgio Buonanno,

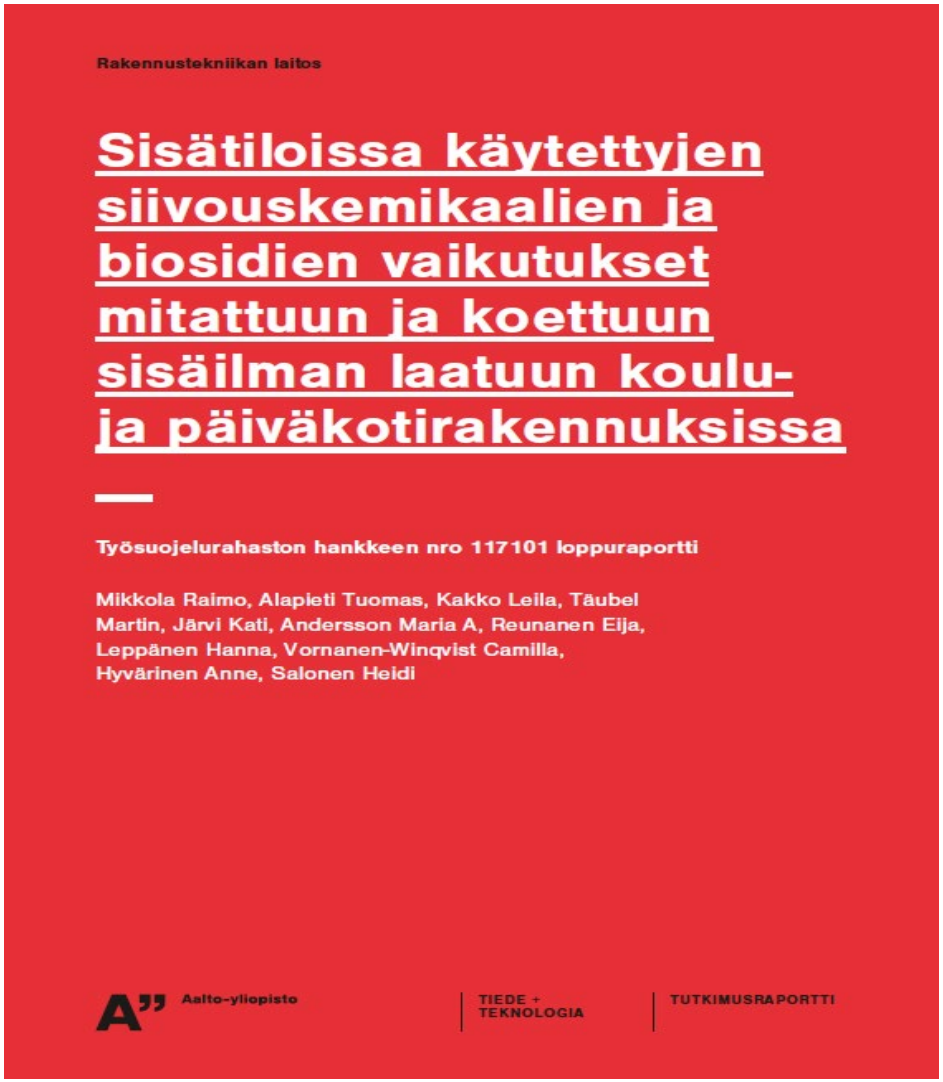
First published: 07 July 2020 | https://doi.org/10.1111/ina.12713 | Citations: 6

ELSEVIER

Building and Environment
Volume 180, August 2020, 107059

Impact of vacuum cleaning on indoor air quality

Estela D. Vicente [a], Ana M. Vicente [a], Margarita Evtyugina [a], Ana I. Calvo [b], Fernanda Oduber [b], Carlos Blanco Alegre [b], Amaya Castro [b], Roberto Fraile [b], Teresa Nunes [a], Franco Lucarelli [c, d], Giulia Calzolai [d], Silvia Nava [c, d], Célia A. Alves [a]



Rakennustekniikan laitos

Sisätiloissa käytettyjen siivouskemikaalien ja biosidien vaikutukset mitattuun ja koettuun sisäilman laatuun koulu- ja päiväkotirakennuksissa

Työsuojelurahaston hankkeen nro 117101 loppuraportti

Mikkola Raimo, Alapieti Tuomas, Kakko Leila, Täubel Martin, Järvi Kati, Andersson Maria A, Reunanen Eija, Leppänen Hanna, Vornanen-Winqvist Camilla, Hyvärinen Anne, Salonen Heidi

Aalto-yliopisto | TIEDE + TEKNOLOGIA | TUTKIMUSRAPORTTI

https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/43349

Tuloksia ja loppupäätelmiä

- Siivousaineiden käyttö oli vähäistä ja niitä käytettiin pääsääntöisesti veden lisänä siivouksessa vain tarvittaessa.
- Kemikaalittoman ja "normaalisiivouksen" vaikutuksissa sisäilman kemialliseen, mikrobiologiseen ja toksikologiseen laatuun ei havaittu selviä eroja.
- UltraH2O-vesisiivouksen aikana:
  - TVOC-pitoisuudet olivat hieman alhaisempia kuin ”nornaalisiivouksen” aikana.
  - Mikrobien esiintyminen oli runsaampaa kuin "normaalisiivouksen" aikana.
- Nisäkässolut ovat herkempiä monille biosideille kuin homeet ja vastustuskykyisimpiä niille olivat potentiaalisesti patogeeniset *Aspergillus* ja *Paecilomyces* kannat.

- Hankkeen tutkimustulokset ovat rohkaisevia pyrittäessä edelleen vähentämään siivousaineiden käyttöä julkisissa rakennuksissa.

Jatkotutkimustarpeet:

- Siivouskäytäntöjen ja kemikaalien vaikutukset sisäilman laatuun erilaisissa sisäympäristöissä ja kontrolloiduissa olosuhteissa (koehuone- ja laboratoriotutkimukset).

- Uusien kemikaalittomien siivousmenetelmien, kuten otsonoidun- ja suodatetun veden vaikutuksia sisäympäristöön tulisi tutkia tarkemmin.

CleanSchool

Aalto-yliopisto

thl

Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Tampereen ammattikorkeakoulu

SUOMEN AKATEMIA

Tavoite:

Selvittää siivouksen aiheuttamaa altistumista kemiallisille ja mikrobiologisille epäpuhtauksille ja ilmanvaihdon merkitystä altistumisen vähentämisessä.

Hankkeessa tutkitaan:

- Siivouskäytäntöjen ja -kemikaalien vaikutusta poissaoloihin.
- Siivouskemikaalien toksisuutta erilaisissa kokeellisissa olosuhteissa.
- Siivouksen aiheuttamaa altistumista haitallisille epäpuhtauksille todellisissa kouluolosuhteissa ja keinoja altistuksen vähentämiseksi.

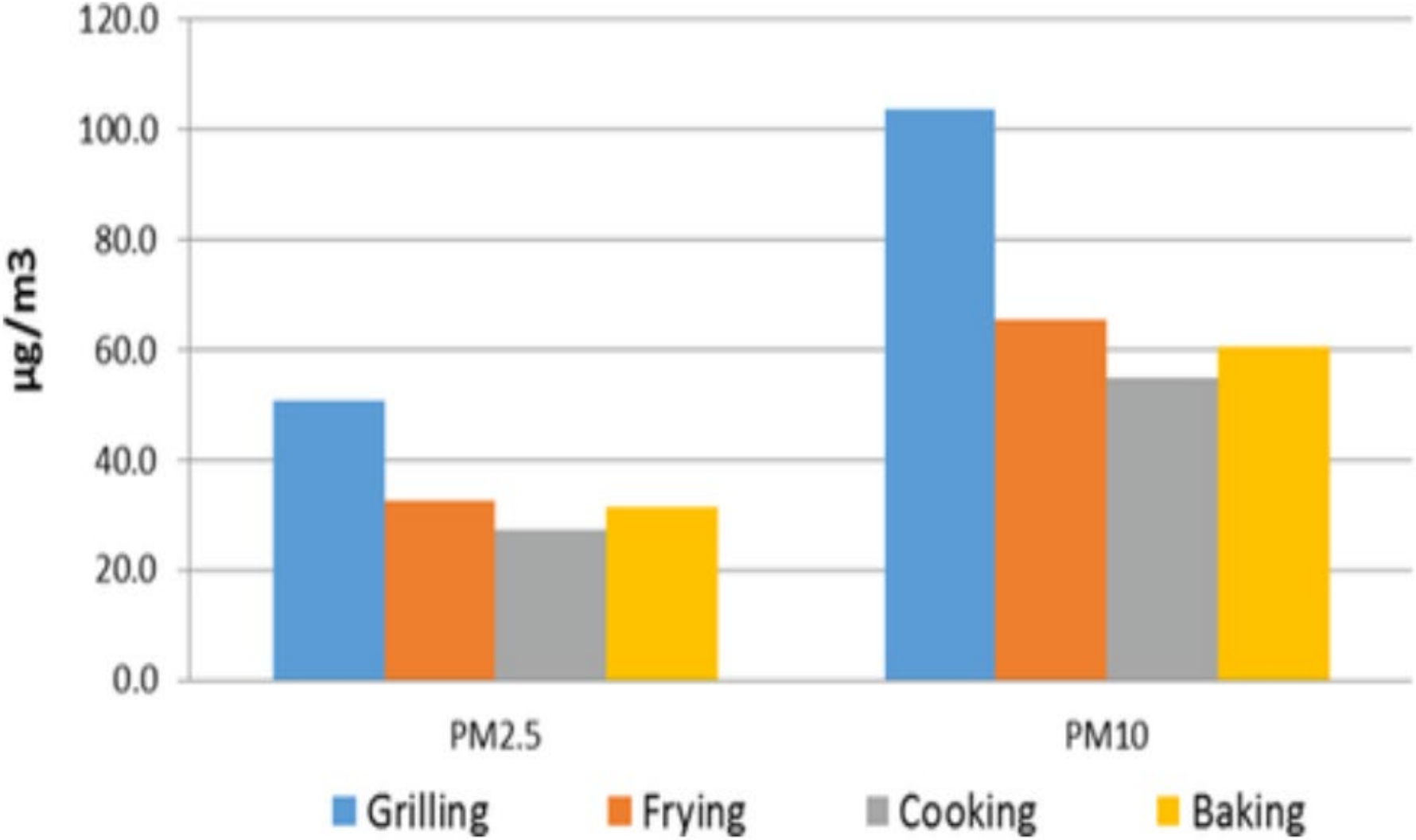
→ suosituksia siivousmenetelmistä, siivousaineista ja ilmanvaihdon optimoinnista altistuksen vähentämiseksi.

- Tulokset ovat sovellettavissa koulurakennusten lisäksi myös muihin julkisiin rakennuksiin.

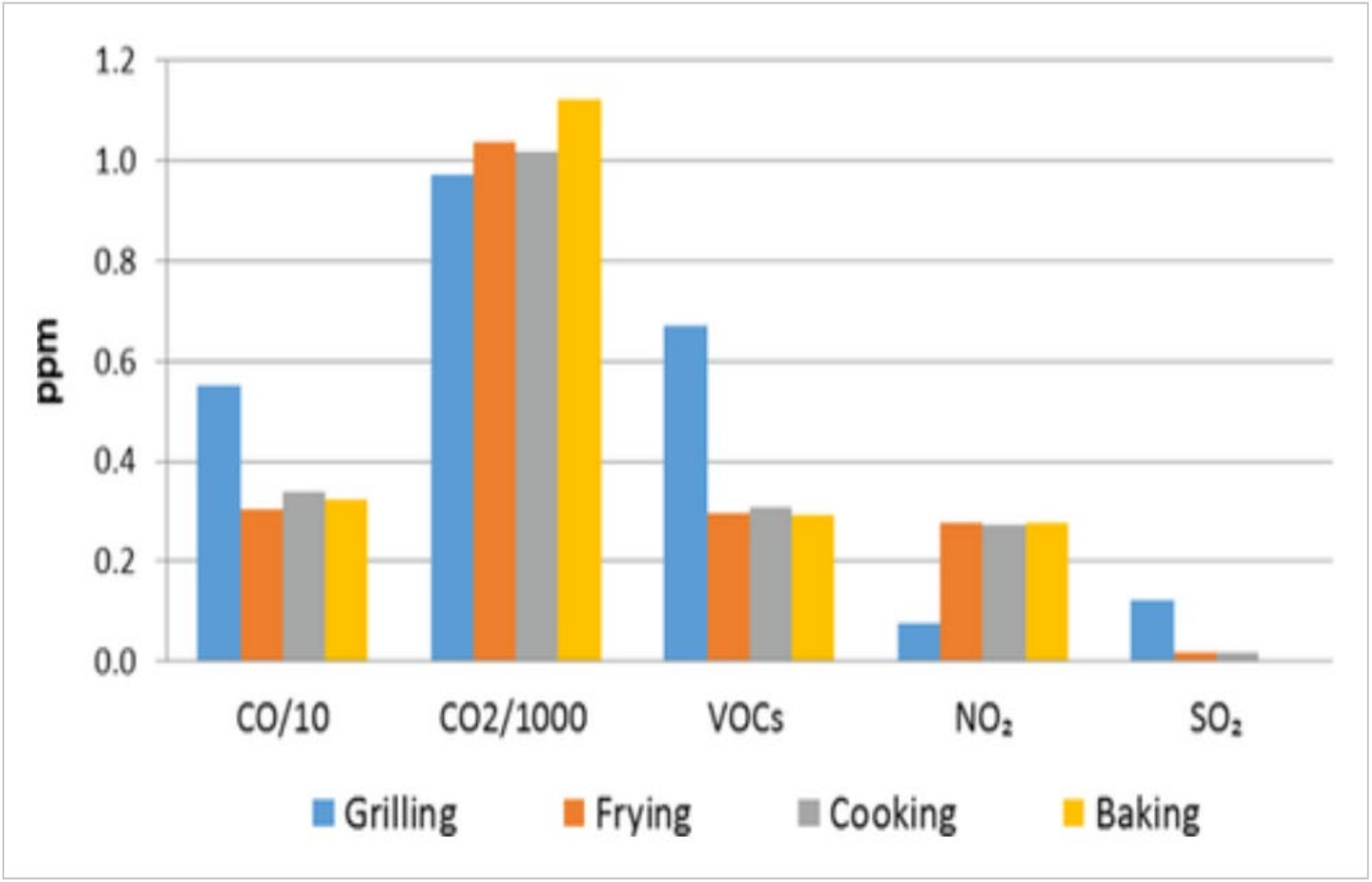
Ruoan valmistuksen vaikutukset sisäilman laatuun

Erilaisten ruoanlaittomenetelmien (grillaus, paistaminen, ruoanlaitto, leivonta) vaikutukset keskimääräisiin hiukkastasoihin

(El-Sharkawy and Javed 2018)



Erilaisten ruoanlaittomenetelmien vaikutukset kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuuksiin (El-Sharkawy and Javed 2018)

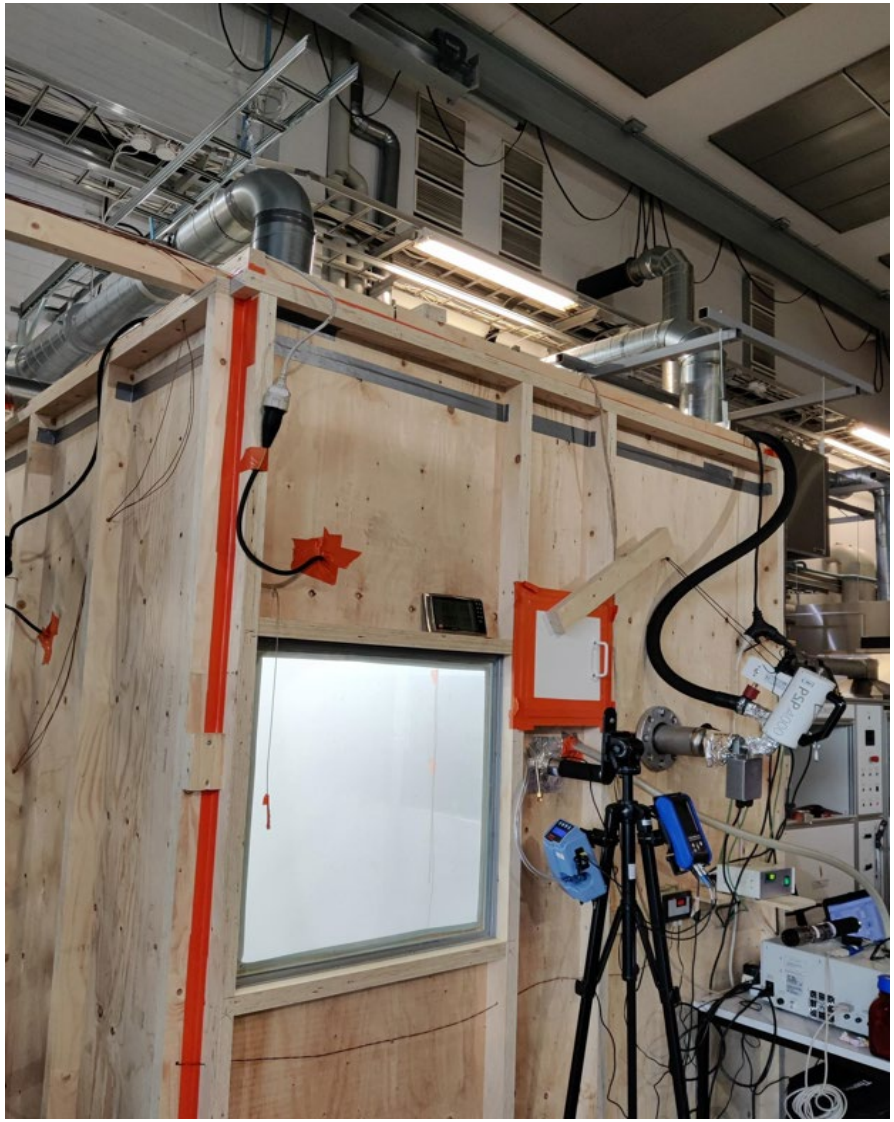


LIESIPALO-HANKE 10.9.2020-31.12.2022 Liesipalojen syttyminen, vaikutukset ja ennaltaehkäisy

Rahoittaja:
Palosuojelurahasto

Hankkeen toteuttajat:
Aalto-yliopisto
Pelastusopisto (PeO)
Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö (SPEK)
Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES)

21.9
29.8



Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset sisäilman laatuun

ILMASTONMUUTOKSEN AIHEUTTAJAT

Ilman laadun ja ilmaston välinen yhteys 2021

Connections between air quality and climate - English - Sept. 2021 - YouTube

https://www.youtube.com/watch?v=s4ly6o-VT90

Ilmastonmuutoksen aiheuttajat ja vaikutukset

Causes and Effects of Climate Change | National Geographic - Bing video

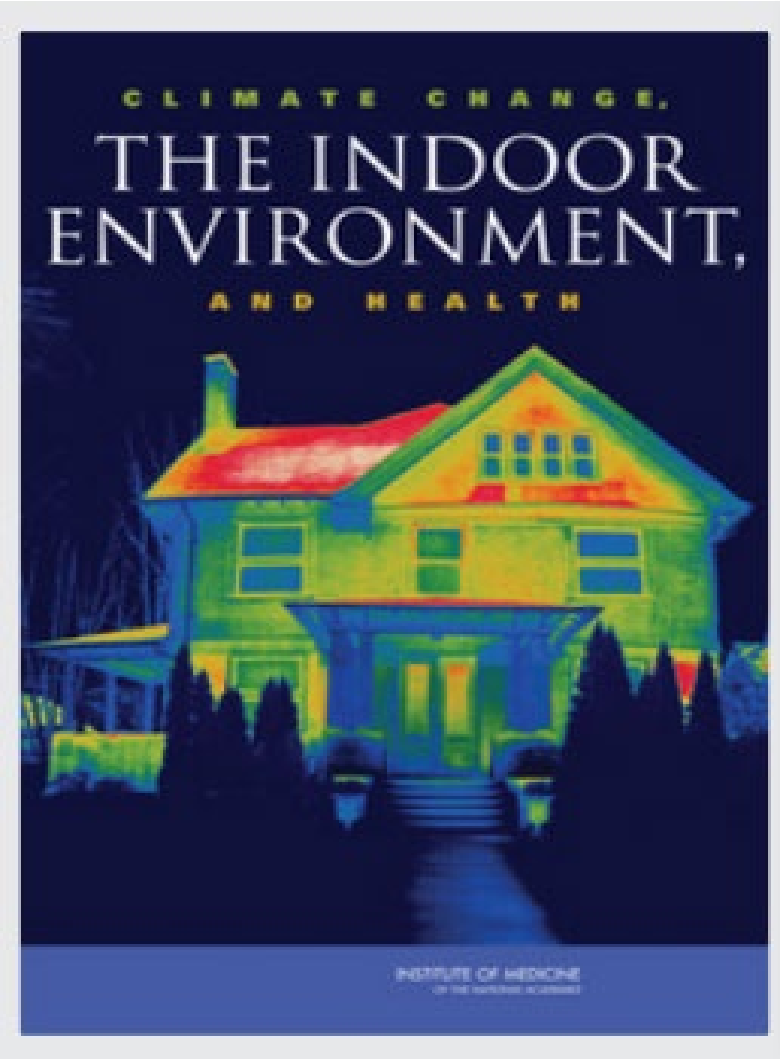
Ilmastonmuutoksen vaikutukset ilmastoon ja ympäristöön

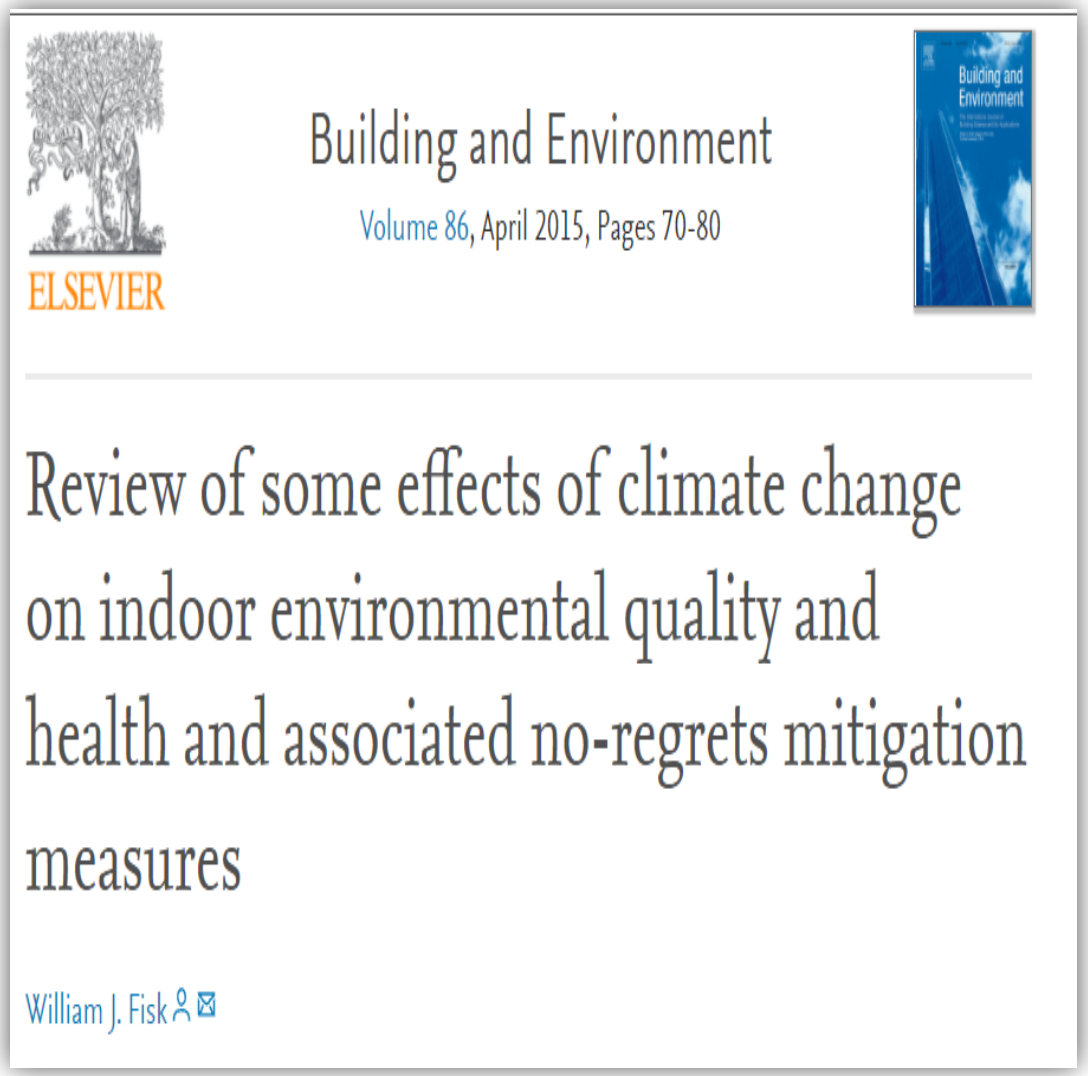
- Metsäpalot lisääntyvät
- Sademäärä lisääntyy
- Merenpinta nousee
- Myrskyt yleistyvät
- Lämpöaallot yleistyvät
- Kuivuus lisääntyy

Tulvat

Ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia sisäilman laatuun

Institute of Medicine 2011 ja Fisk 2015





ELSEVIER

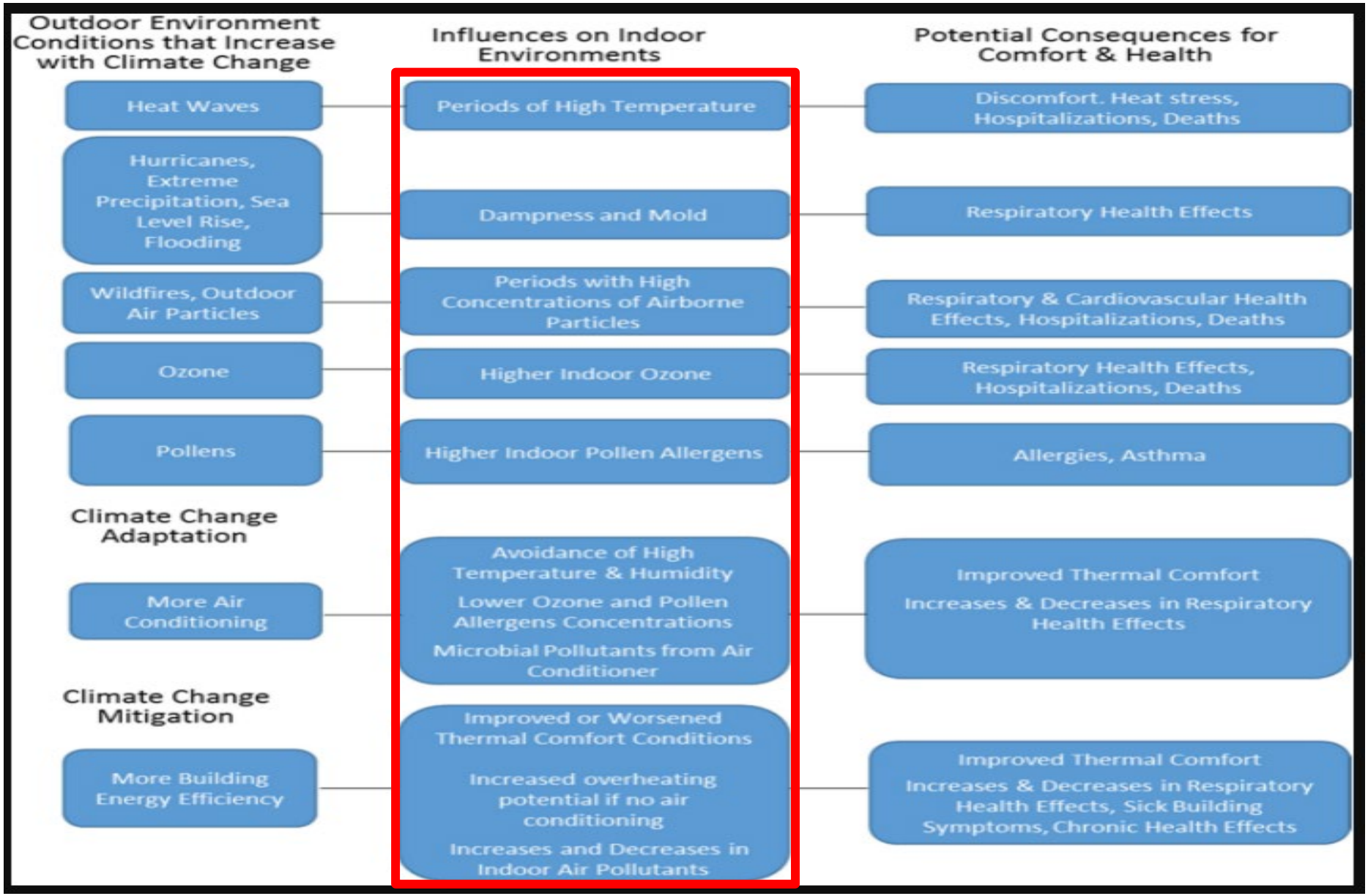
Building and Environment

Volume 86, April 2015, Pages 70-80

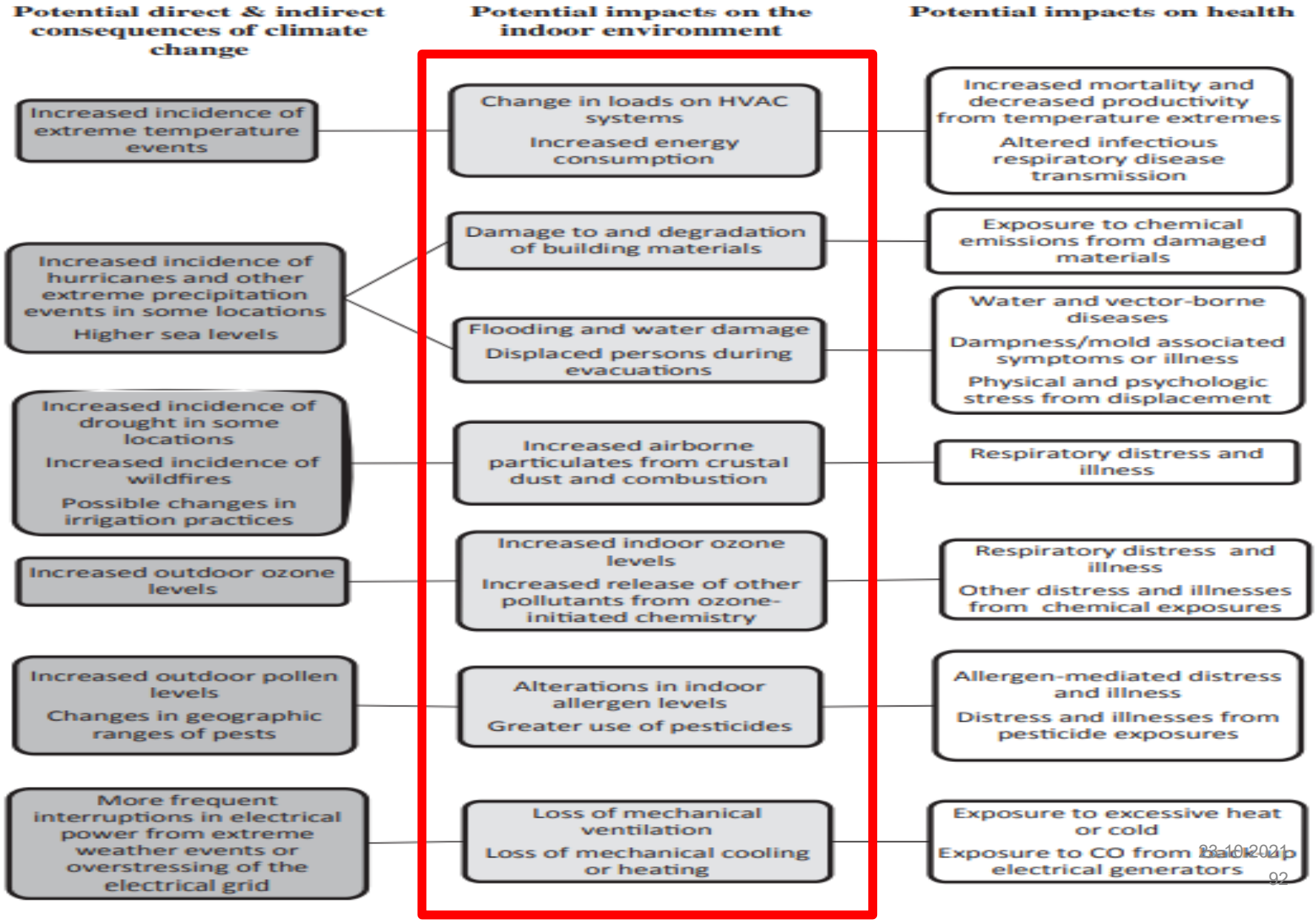
Review of some effects of climate change on indoor environmental quality and health and associated no-regrets mitigation measures

William J. Fisk

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia sisäympäristöön ja terveyteen (Fisk 2015)



Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset rakennuksiin ja terveyteen (Spengler, 2012; IOM 2011)



Ilmastonmuutoksen vaikutukset sisäympäristöön

Lämpöaaltojen lisääntyminen
→ Ilmanvaihdon ja jäähdytyksen tarpeen lisääntyminen
→ Energiankulutuksen lisääntyminen

Myrskyjen ym. ääriolosuhteiden yleistyminen, merenpinnan nousu
→ Vauriot ja muutokset rakennusmateriaaleissa
→Tulvat ja vesivahingot

Lisääntynyt kuivuus ja metsäpalot
→ Kohonneet partikkelipitoisuudet

Ulkoilman otsonipitoisuuden kohoaminen
→ Sisäilman otsonipitoisuuden kohoaminen
→ Otsonin reaktiotuotteiden lisääntyminen

Ulkoilman siitepölytasojen kohoaminen ja muutokset tuhohyönteisten esiintymisalueissa
→ Sisätilojen allergeenitasojen kohoaminen
→ Hyönteismyrkkyjen käytön lisääntyminen

Ääriolosuhteiden vaikutukset sähkönjakeluun ja taloteknisten laitteiden toimivuuteen
→ Ilmanvaihdon toimintahäiriöt
→ Häiriöt lämmityksessä ja jäähdytyksessä

ELSEVIER

Building and Environment
Volume 143, 1 October 2018, Pages 661-670

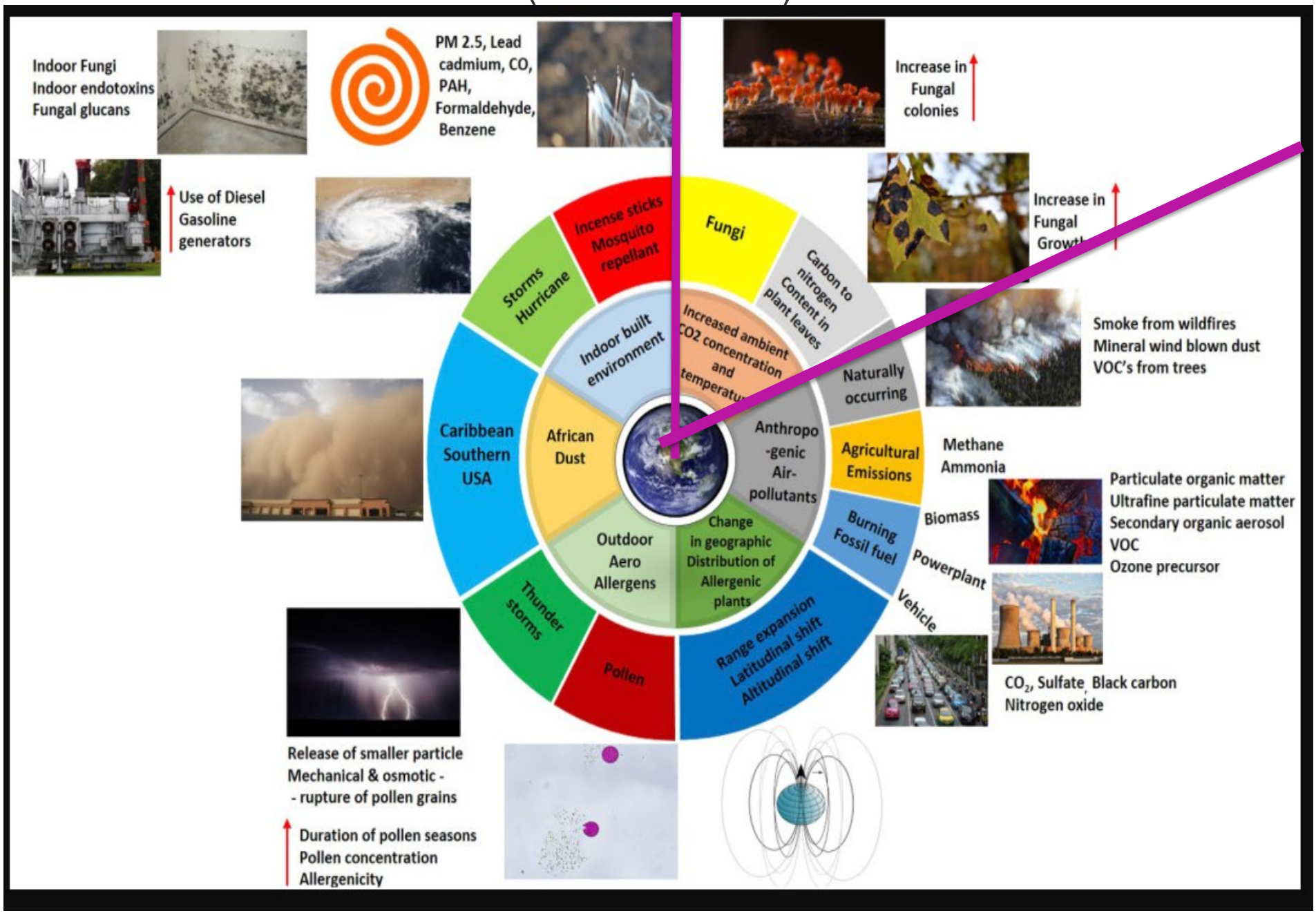
Future trends in ambient air pollution and climate in Germany – Implications for the indoor environment

Tunga Salthammer [a], Alexandra Schieweck [a], Jianwei Gu [a], Shaghayegh Ameri [b], Erik Uhde [a]

Tärkeimmät tutkimustulokset

- Ilmastonmuutos vaikuttaa myös sisäilman laatuun.
  - Ulkoilman NO_2, $PM_{2.5}$ ja PM_{10}-pitoisuudet ↓
  - Ulkoilman O_3-pitoisuus ↑
- Sisäilman lämpötilan ja kosteuden säätelyssä on suuria haasteita.
- Nykyiset lämmöneristysstandardit eivät suojaa sisätiloja ylikuumenemiselta.
- Tulevat asumiskonseptit edellyttävät älykkäitä ratkaisuja mekaaniseen ja manuaaliseen ilmanvaihtoon.

Astmaoireisiin vaikuttavat ilmastonmuutoksen ja ilman laadun vaikutukset (Poole et al. 2019)



AUSTRALIASSA TYÖSKENNELLESSÄNI OLEN JOUTUNUT KAHDEN KATASTROFIN KESKELLE

”Tulvaprojekti” (2011 katastrofin jälkeen)”

https://www.youtube.com/watch?v=_gcwf8AuxQc

https://www.youtube.com/watch?v=-Bn1juJs1oI

https://www.youtube.com/watch?v=r6QVGWJfDEk

Salonen H, He C, Ling X, Dona N, Cheung J, Huygens F, Hargreaves M, Morawska L. **Exposure to airborne fungi in Brisbane houses after the 2011 flood disaster.** Paper 7H.7. Healthy Buildings 2012. 10th International Conference. Brisbane, Australia. 8-12 July 2012.

He C, Salonen H, Ling X, Crilley L, Cheung,H.C, Hargreaves M, Huygens F, Knibbs L.D, Ayoko G.A, Morawska L**. The impact of flood and post-flood cleaning on airborne microbiological and particle contamination in residential houses.** Environment International 01/2014 69:9-17.

Uusi normaali? Ilmastonmuutos ja Australian metsäpalot

https://www.bing.com/videos/search?q=australia+bushfires+2020+and+climate+change&&view=detail&mid=9522460D2C92B1477D609522460D2C92B1477D60&&FORM=VRDGAR&ru=%2Fvideos%2Fsearch%3Fq%3Daustralia%2Bbushfires%2B2020%2Band%2Bclimate%2Bchange%26FORM%3DHDRSC3

Griffith UNIVERSITY
Queensland, Australia

Indoor air quality in South East Queensland dwellings during 2019-2020 bushfires

Author

Zhang, Fan, Stewart, Rodney

Published

2020

Conference Title

The 54th International Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA) 2020

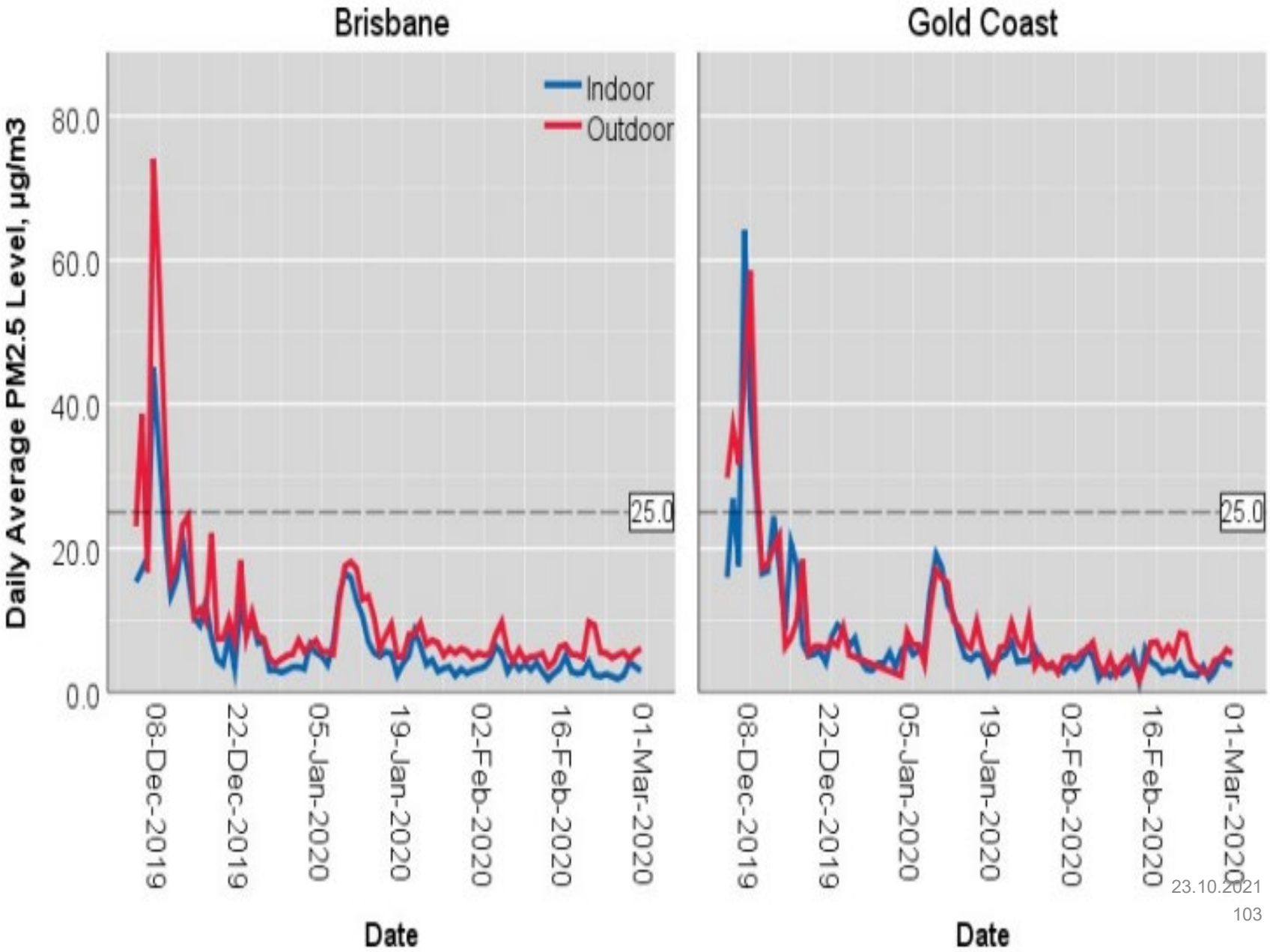
Table 1: Kuukausittaiset $PM_{2.5}$ pitoisuudet (maks. 24h keskiarvot) maaliskuu 2019-helmikuu 2020 (The State of Queensland, 2020) (Fan and Rodney, 2020)

	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
South Brisbane, Brisbane	17.1	10.2	12.5	14.3	24.8	12.9	**36.1**	18.0	**124.8**	**75.3**	18.5	12.5
Southport, Gold Coast	9.7	6.2	-	9.3	**27.1**	18.9	**39.0**	10.1	**95.8**	**64.1**	16.7	10.4

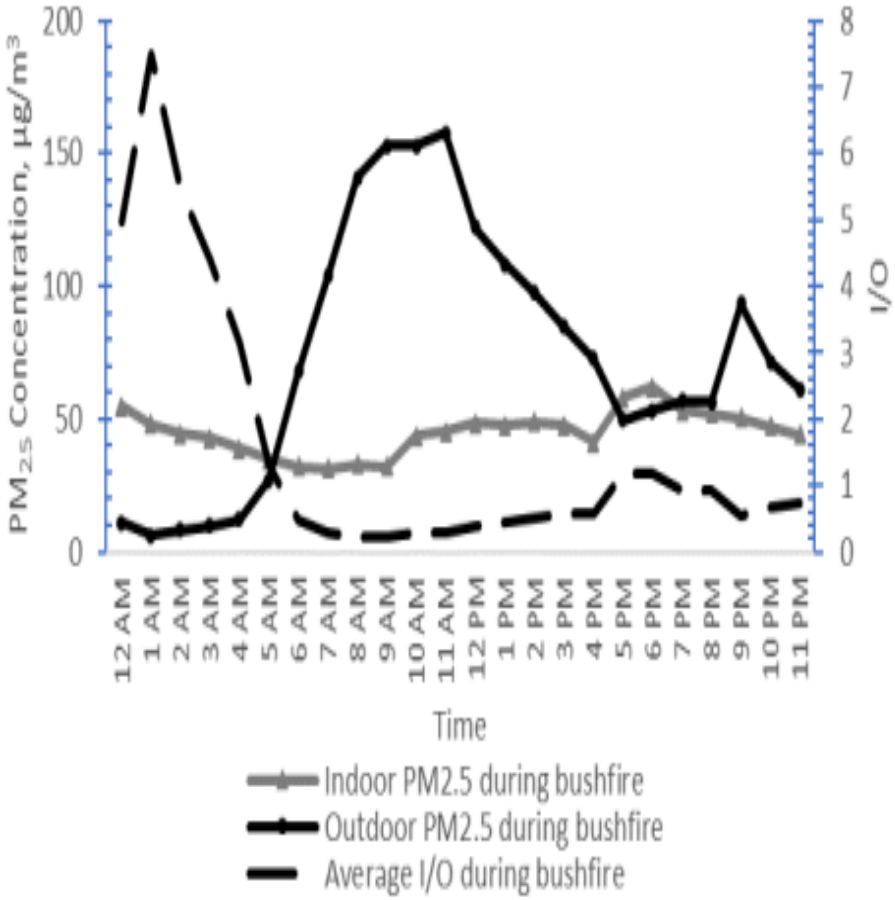
(Numbers in bold denote values that have exceeded the 24-hour average $PM_{2.5}$ concentrations of 25 $\mu g/m^3$ regulated in Air NEPM advisory standards)

The National Environment Protection Measure for Ambient Air Quality (Air NEPM)

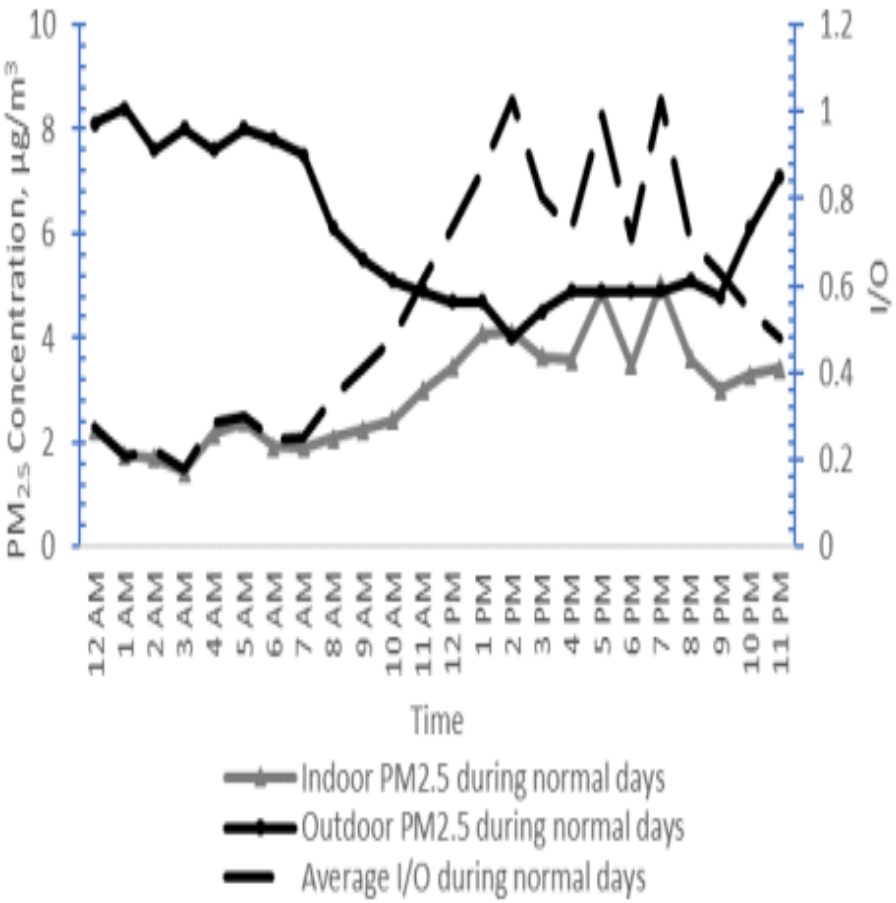
Sisäilman ja ulkoilman $PM_{2.5}$ pitoisuudet (24h kesk.) asunnoissa



Sisäilman $PM_{2.5}$ pitoisuus (ka.) suhteessa ulkoilman pitoisuuteen 1) tyypillisenä metsäpalopäivänä (ulkoilmapitoisuus ka. 74.1 µg/m^3) 2) normaalina päivänä (ulkoilmapitoisuus ka. 6.1 µg/ m^3)



a) A typical bushfire day in Brisbane

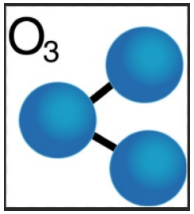


b) A normal day in Brisbane

Tulva-alueiden laajeneminen New Yorkissa

https://www.businessinsider.com/terrible-effects-of-climate-change-2014-10

Otsoni, O_3



Otsonia muodostuu ilmakehän yläosassa, stratosfäärin otsonikerroksessa, kun auringon ultraviolettisäteily hajottaa happimolekyylejä (O_2) happiatomeiksi (O).

→ yhtyvät molekulaariseen happeen muodostaen otsonia.

Otsonia syntyy myös salamoinnin ja kipinöinnin yhteydessä. Otsonikerros suojaa eläviä soluja auringon ultraviolettisäteilyltä.

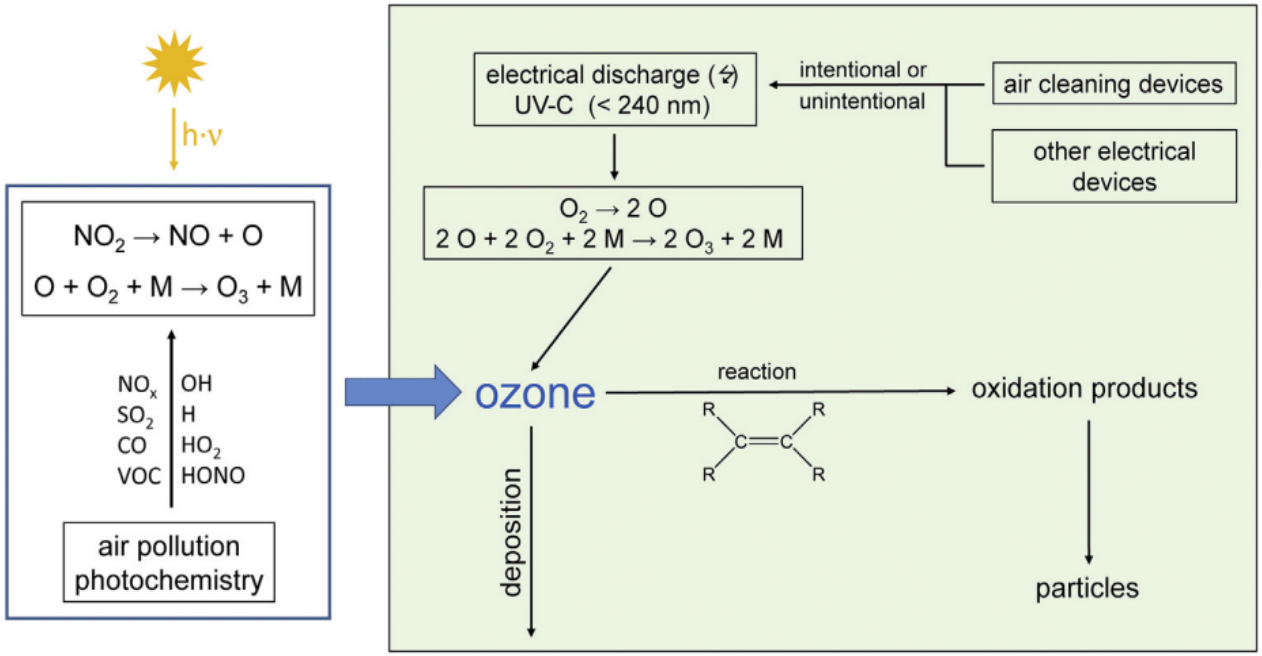


Fig. 1. The key factors affecting indoor ozone concentrations, including ozone infiltration from outdoors, emissions from indoor sources, deposition (e.g., surface removal), and chemical reaction (e.g., with unsaturated hydrocarbons).

Kuvan lähde: Salonen et al. 2018

Environment International 119 (2018) 503–514

Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint

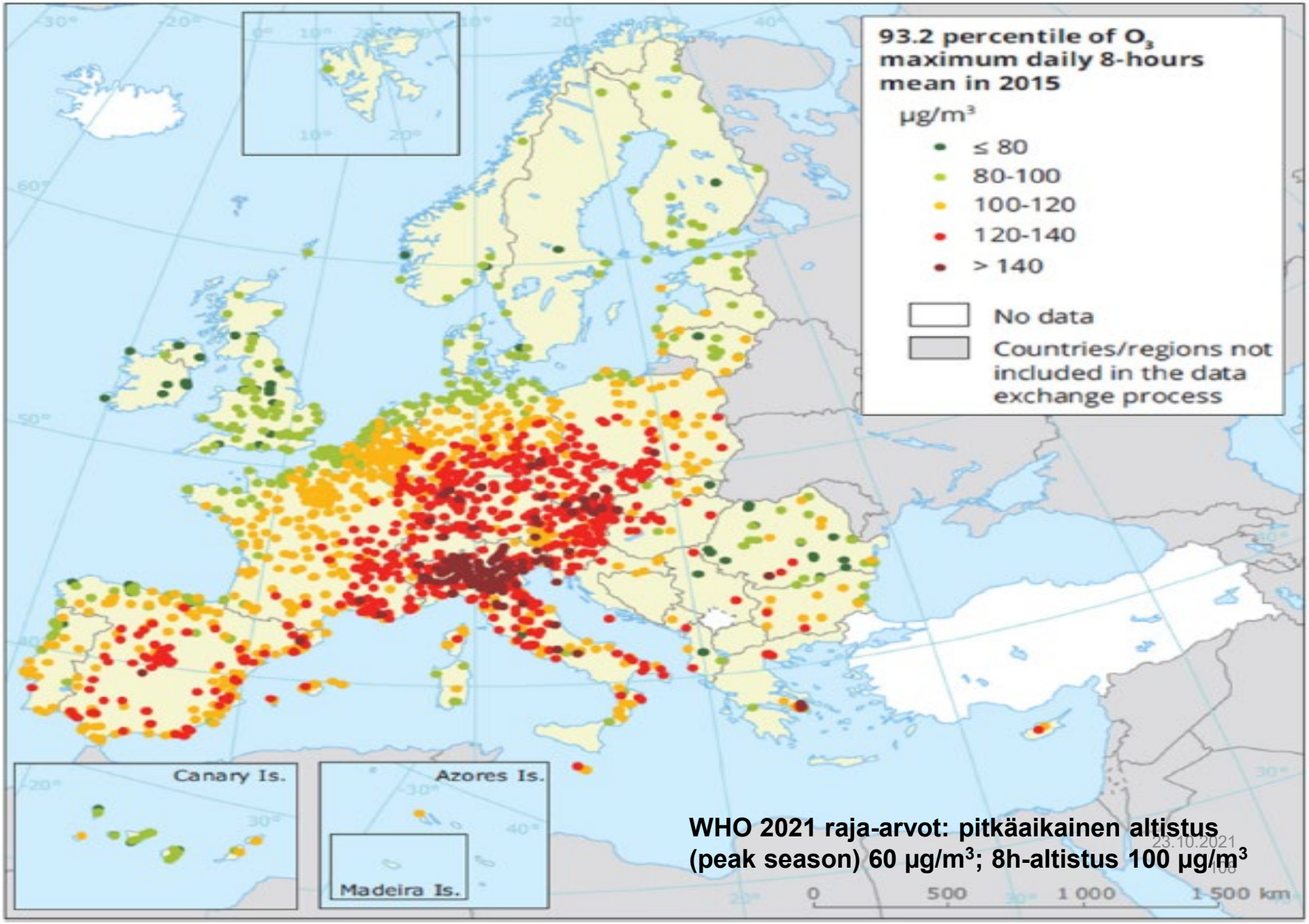
Review article

Human exposure to ozone in school and office indoor environments

Heidi Salonen[a,b,*,1], Tunga Salthammer[b,c,**,1], Lidia Morawska[b]

[a] Aalto University, Department of Civil Engineering, PO Box 12100, FI-00076 Aalto, Finland
[b] Queensland University of Technology, International Laboratory for Air Quality and Health, 2 George Street, Brisbane Q 4001, Australia
[c] Fraunhofer WKI, Department of Material Analysis and Indoor Chemistry, 38108 Braunschweig, Germany

Havaitut otsonipitoisuudet 2015 (EEA. 2017)



WHO 2021 raja-arvot: pitkäaikainen altistus (peak season) 60 µg/m³; 8h-altistus 100 µg/m³

Keinot vähentää otsonille ja otsonin reaktiotuotteille altistumista koulu- ja päiväkotirakennuksissa

1) Otsonin suodatus tuloilmasta.
2) Printtereiden, kopiokoneiden ja muiden otsonia tuottavien laitteiden käyttön vähentäminen.
3) Kaasufaasireaktioiden vähentäminen rajoittamalla sellaisten materiaalien ja tuotteiden (esim. puhdistuskemikaalit) käyttöä, joiden päästöt reagoivat otsonin kanssa.

Ultarapienet hiukkaset (UFP) ja otsoni yliopiston kopiohuoneissa

Gingrich J, Salonen H, Wade M, Novoselac A, Corsi R. Ozone and Ultrafine Particle Emission Rates in University Copy Rooms. The 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (ISIAQ) Philadelphia, PA, USA, 22nd- 27th July 2018. Paper ID: 738. https://www.isiaq.org/conference_proceedings.php.

Aalto University

TEXAS
The University of Texas at Austin

COVID-19-pandemian vaikutukset sisäilmaan

Indoor air vs. outdoor air during COVID-19 Lockdown

Lähde: Du and Wang, 2020. https://aaqr.org/articles/aaqr-20-06-covid-0281

Lisääntynyt sisäaltistus desinfiointituotteille COVID-19-pandemian aikana

Environmental Science & Technology Letters

This article is made available via the ACS COVID-19 subset for unrestricted RESEARCH re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for the duration of the World Health Organization (WHO) declaration of COVID-19 as a global pandemic.

ACS CORONAVIRUS RESEARCH LICENSE

pubs.acs.org/journal/estlcu

Letter

Increased Indoor Exposure to Commonly Used Disinfectants during the COVID-19 Pandemic

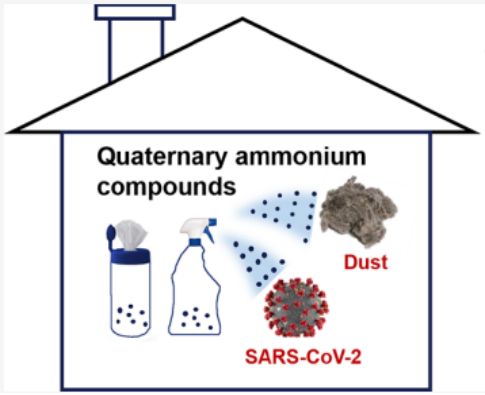
Guomao Zheng, Gabriel M. Filippelli, and Amina Salamova*

Cite This: *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2020, 7, 760–765

Read Online

ACCESS | Metrics & More | Article Recommendations | Supporting Information

ABSTRACT: Quaternary ammonium compounds (QACs or "quats") make up a class of chemicals used as disinfectants in cleaning and other consumer products. While disinfection is recommended for maintaining a safe environment during the COVID-19 pandemic, the increased use of QACs is concerning as exposure to these compounds has been associated with adverse effects on reproductive and respiratory systems. We have determined the occurrence of 19 QACs in residential dust collected before and during the COVID-19 pandemic. QACs were detected in >90% of the samples collected during the pandemic at concentrations ranging from 1.95 to 531 μg/g (n = 40; median of 58.9 μg/g). The total QAC concentrations in these samples were significantly higher than in samples collected before the COVID-19 pandemic ($p < 0.05$; n = 21; median of 36.3 μg/g). Higher QAC



1 at 18:43:31 (UTC).
egitimately share published articles.

Tekniikoita sisäilman laadun parantamiseksi (Agarwal et al. 2021)

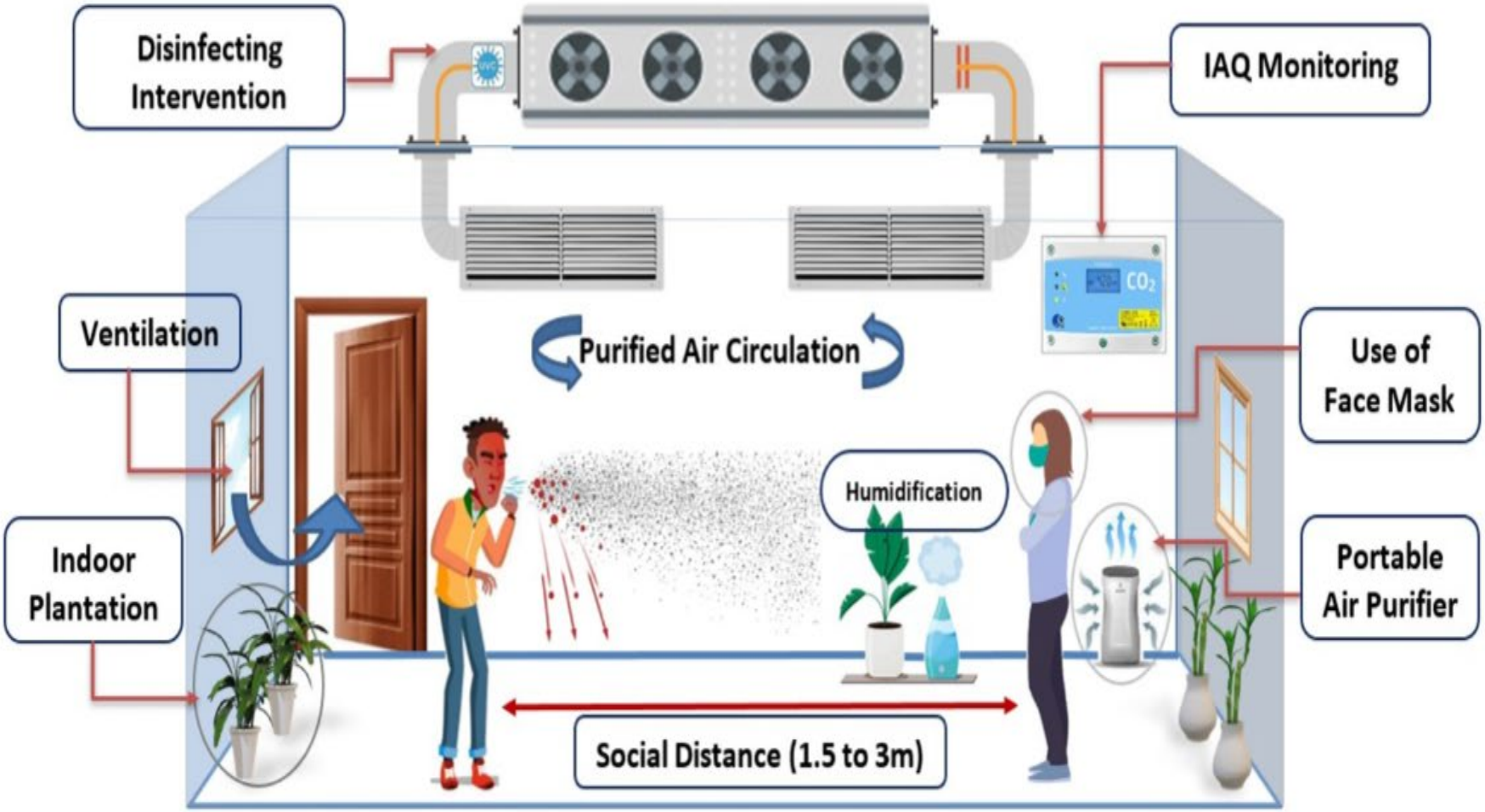
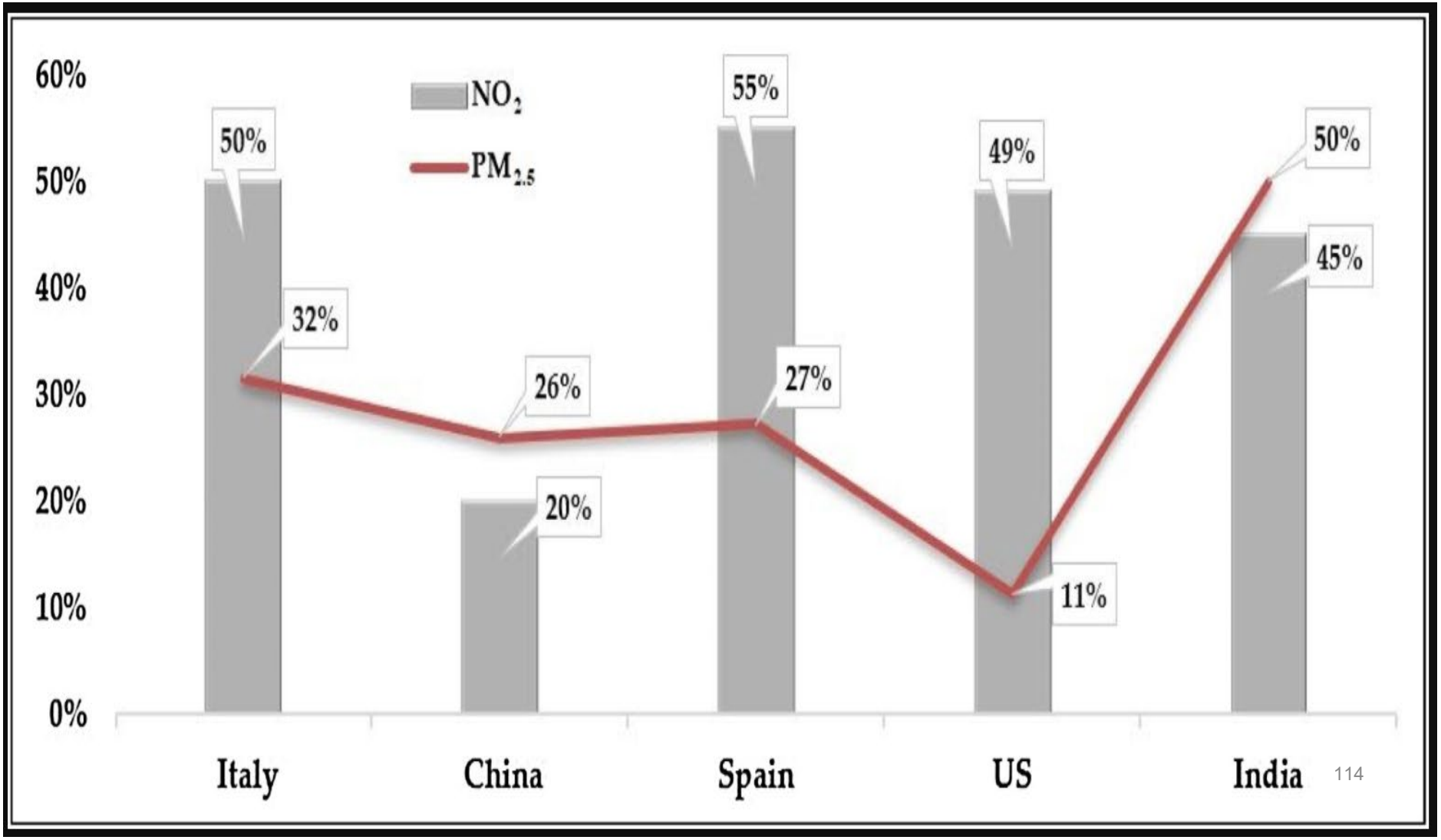


Fig. 2. IAQ improvement techniques.

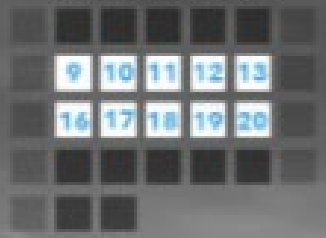
NO_2 ja $PM_{2.5}$ pitoisuuksien väheneminen COVID-19-sulun aikana (Agarwal et al. 2021)

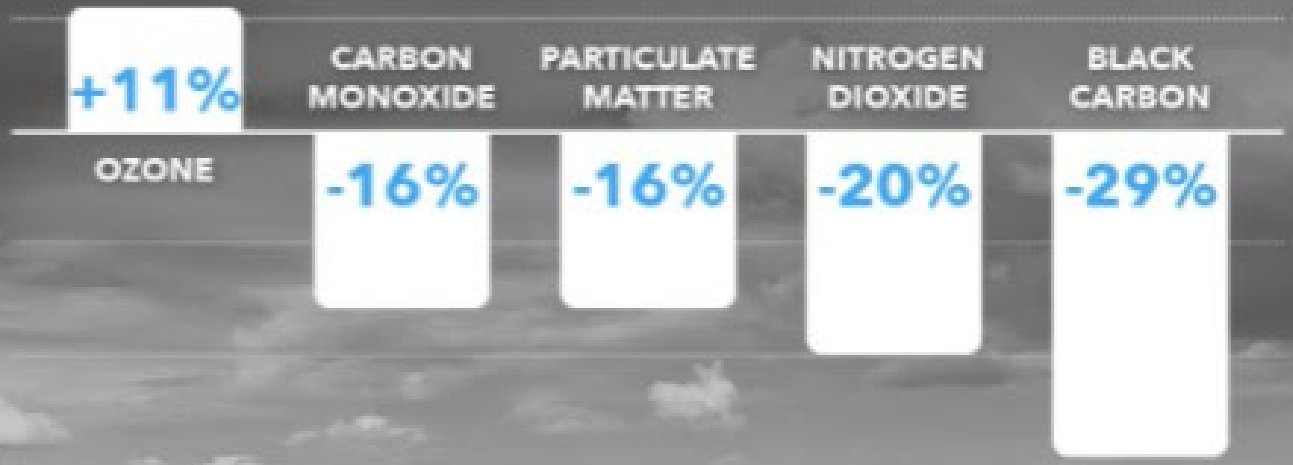


San Francisco Bay Area Air Pollutant Levels

Weekdays, March 9-20
Percentage change in 2020 vs. 2017-2019 averages

March 2020





DATA SOURCE: AQMIS

aclima.

LOCKDOWN EFFECT?

CORONAVIRUS IMPACT:
Air quality improves in India as states on lockdown. Major cities witnessed a major dip in pollution levels on March 22 as the country observed Janata Curfew

COVID-19
CORONAVIRUS DISEASE

BE INFORMED:

Know Your Risk During COVID-19

On a scale of 1 to 10, how risky is...

Ranked by physicians from the TMA COVID-19 Task Force and the TMA Committee on Infectious Diseases.

Please assume that participants in these activities are following currently recommended safety protocols when possible.

Texas Medical Association
Physicians Caring for Texans

1	Opening the mail	LOW RISK
2	Getting restaurant takeout	
2	Pumping gasoline	
2	Playing tennis	
2	Going camping	
3	Grocery shopping	
3	Going for a walk, run, or bike ride with others	
3	Playing golf	
4	Staying at a hotel for two nights	LOW-MODERATE
4	Sitting in a doctor's waiting room	
4	Going to a library or museum	
4	Eating in a restaurant (outside)	
4	Walking in a busy downtown	
4	Spending an hour at a playground	
5	Having dinner at someone else's house	MODERATE RISK
5	Attending a backyard barbecue	
5	Going to a beach	
5	Shopping at a mall	
6	Sending kids to school, camp, or day care	
6	Working a week in an office building	
6	Swimming in a public pool	
6	Visiting an elderly relative or friend in their home	
7	Going to a hair salon or barbershop	MODERATE-HIGH
7	Eating in a restaurant (inside)	
7	Attending a wedding or funeral	
7	Traveling by plane	
7	Playing basketball	
7	Playing football	
7	Hugging or shaking hands when greeting a friend	
8	Eating at a buffet	HIGH RISK
8	Working out at a gym	
8	Going to an amusement park	
8	Going to a movie theater	
9	Attending a large music concert	
9	Going to a sports stadium	
9	Attending a religious service with 500+ worshipers	
9	Going to a bar	

Texas Medical Association | 401 W. 15th St. | Austin, TX 78701-1680
www.texmed.org @texmed @wearetma

Liikuntatilojen sisäilman laadun selvittäminen

LIIKU-hanke
ENSIHALLI-hanke

LIIKU-hanke (Liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laatu ja mahdolliset vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin ja terveyteen)

Rahoittaja: Työsuojelurahasto

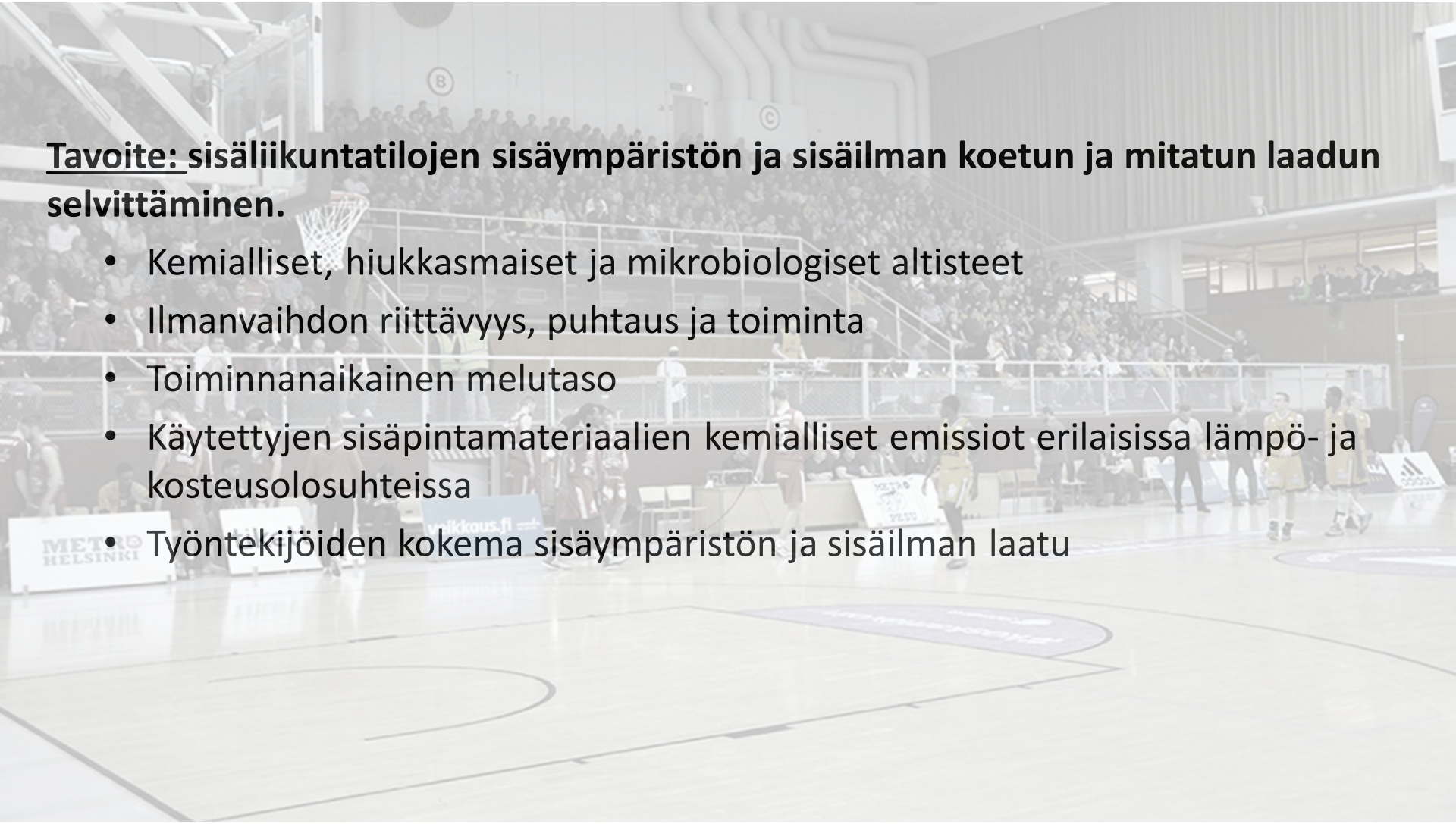
Kesto: 05/2020 – 12/2022

Vastuullinen johtaja: Prof. Heidi Salonen

Tutkimusorganisaatiot: Aalto, THL, TTL

Muut osallistujat: Helsinki, Espoo, Vantaa, Kerava, ACRE, SYK, YM, STM, Kuntaliitto, Itä-Suomen yliopisto sekä useita muita yhteistyökumppaneita

LIIKU



<u>Tavoite:</u> sisäliikuntatilojen sisäympäristön ja sisäilman koetun ja mitatun laadun selvittäminen.

- Kemialliset, hiukkasmaiset ja mikrobiologiset altisteet
- Ilmanvaihdon riittävyys, puhtaus ja toiminta
- Toiminnanaikainen melutaso
- Käytettyjen sisäpintamateriaalien kemialliset emissiot erilaisissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa
- Työntekijöiden kokema sisäympäristön ja sisäilman laatu

Received: 13 April 2020 | Revised: 9 June 2020 | Accepted: 6 July 2020

DOI: 10.1111/ina.12718

REVIEW ARTICLE

WILEY

Human exposure to air contaminants in sports environments

Heidi Salonen[1,2] | Tunga Salthammer[2,3] | Lidia Morawska[2]

[1]Department of Civil Engineering, Aalto University, Espoo, Finland

[2]International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland, Australia

[3]Department of Material Analysis and Indoor Chemistry, Fraunhofer WKI, Braunschweig, Germany

Correspondence
Heidi Salonen, Department of Civil Engineering, Aalto University, PO Box 12100, FI-00076 Aalto, Espoo, Finland.
Email: heidi.salonen@aalto.fi

Tunga Salthammer, Department of Material Analysis and Indoor Chemistry, Fraunhofer WKI, 38108 Braunschweig, Germany.
Email: tunga.salthammer@wki.fraunhofer.de

Funding information
Finnish Work Environment Fund, Grant/Award Number: 200068

Abstract

The aim of this review was to investigate human exposure to relevant indoor air contaminants, predictors affecting the levels, and the means to reduce the harmful exposure in indoor sports facilities. Our study revealed that the contaminants of primary concern are the following: particulate matter in indoor climbing, golf, and horse riding facilities; carbon dioxide and particulate matter in fitness centers, gymnasiums, and sports halls; *Staphylococci* on gymnasium surfaces; nitrogen dioxide and carbon monoxide in ice hockey arenas; carbon monoxide, nitrogen oxide(s), and particulate matter in motor sports arenas; and disinfection by-products in indoor chlorinated swimming pools. Means to reduce human exposure to indoor contaminants include the following: adequate mechanical ventilation with filters, suitable cleaning practices, a limited number of occupants in fitness centers and gymnasiums, the use of electric resurfacers instead of the engine powered resurfacers in ice hockey arenas, carefully regulated chlorine and temperature levels in indoor swimming pools, properly ventilated pools, and good personal hygiene. Because of the large number of

Kirjallisuuskatsauksen keskeiset tulokset

- Kohonneet CO_2, PM_{10} ja $PM_{2.5}$-tasot aiheuttavat ongelmia kuntokeskuksissa, kuntosaleilla ja liikuntahalleissa
- Altistuminen CO:lle ja NO_2:lle on pääongelma jäähalleissa
- Altistuminen desinfiointiaineiden sivutuotteille (DBP) kuten $CHCl_3$:lle (kloroformi) ja NCl_3:lle (typpikloridi) on pääongelma uimahalleissa
- Ilman lämpötilan ja kosteuden pitäisi olla mukavuusalueella
- Desinfiointiaineiden sivutuotteille tarvittaisiin ohjearvoja.

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu

Tuomas Koivisto

Air contaminants in different indoor sports facilities

Thesis submitted for examination for the degree of Master of Science in Technology.

In Espoo 27.09.2021
Supervisor: Prof. Heidi Salonen
Advisors: Camilla Vornanen-Winqvist & Leif Wirtanen

Noise Level in Indoor Sports Facilities and Factors Affecting the Acoustic Environment

Gabriele Del Brenna

School of Electrical Engineering

Thesis submitted for examination for the degree of Master of Science in Technology.
Otaniemi 30.7.2021

Supervisor

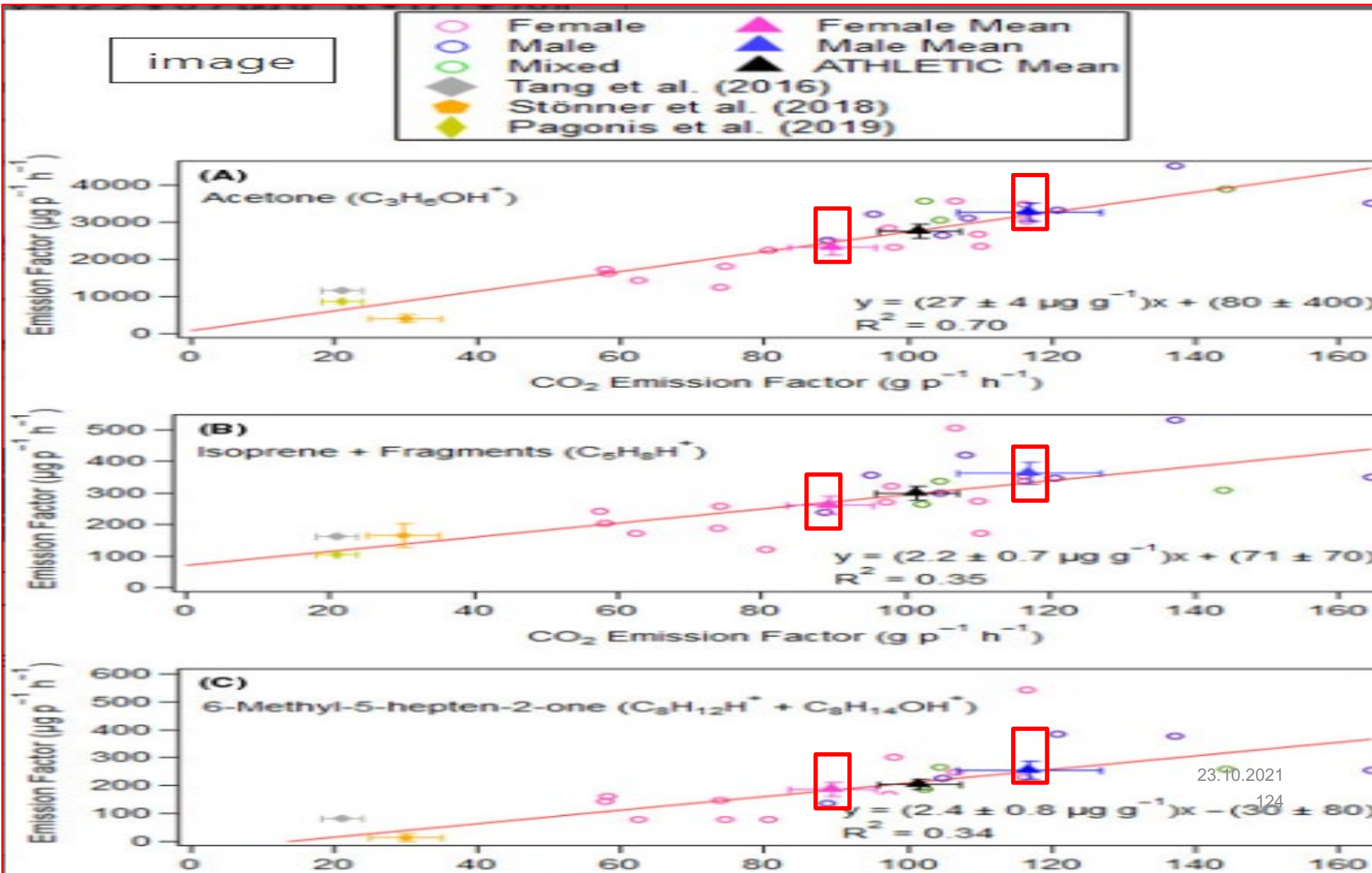
Prof. Heidi Salonen

Advisor

Prof. Tapio Lokki

Aalto University
School of Electrical Engineering

VOC vs CO_2 emission factors for individual exercise sessions (open circles): (A) acetone ($C_3H_6OH^+$), (B) isoprene +fragments ($C_5H_8H^+$), and (C) 6-methyl-5-hepen-2-one ($C_8H_{12}H^+$ + $C_8H_{14}OH^+$) (Finewax et al. 2020)



ENSIHALLI-hanke (Energiatehokkaat ja sisäympäristöltään laadukkaat uimahallirakennukset)

Rahoittaja: Opetus- ja kulttuuriministeriö

Kesto: 08/2020 – 12/2021

Vastuullinen johtaja: Prof. Jarek Kurnitski, Prof. Heidi Salonen

Tutkimusorganisaatiot: Aalto

Muut osallistujat: Granlund, tutkimuskohteina olevat uimahallit eri kaupungeista

ENSIHALLI

<u>Päätavoite 1</u>: Uimahallien energiatehokkuuden parantaminen

- Laaditaan lyhyt ja selkokielinen ohje käyttöhenkilöstölle uimahallien teknisestä toiminnasta ja energiatehokkuudesta.
- Suunnitellaan energiatehokkuuden laskentamenetelmä.

<u>Tavoite 2:</u> Uimahallien sisäilman ja sisäympäristön laadun parantaminen

- Uimahallien sisäilman ja sisäympäristön laadun tietopankin kehittäminen.
- Mahdollisten mikrobiologisten, kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien esiintyminen ja niille altistuminen allastiloissa.
- Ilmanvaihdon riittävyys ja toiminta.
- Työntekijöiden ja asiakkaiden kokema sisäympäristön laatu.

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu

Advanced Energy Solutions,

Sustainable Energy in Buildings and Built Environment

Uimahallirakennuksen energiatehokkuus ja sisäilman laatu

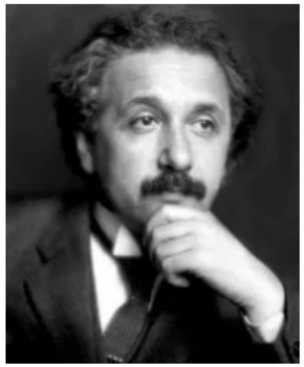
Milla Kiiskinen

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu

Diplomityö
2021

Tulevaisuuden tutkimustarpeita

Albert Einstein (1879-1955)



“To raise new questions, new possibilities, to regard old problems from a new angle, requires creative imagination and marks real advance in science”.

“Uusien kysymysten ja mahdollisuuksien esittäminen, vanhojen ongelmien tarkastelu uudesta näkökulmasta vaatii luovaa mielikuvitusta ja merkitsee todellista edistymistä tieteessä”

European Commission

EN

Horizon Europe

Work Programme 2021-2022

4. Health

(European Commission Decision C(2021)4200 of 15 June 2021)

HORIZON-HLTH-2021-ENVHLTH-02-02: Indoor air quality and health

Tutkimusta tarvitaan

- Kemiallisten ja biologisten altistelähteiden tunnistaminen
- Mm. seuraavien altisteiden altistumis- ja leviämisreittien tunnistaminen ja karakterisointi
  - Sisäilman mikrobit
  - Allergeenit
  - Viruspatogeenit
  - Kotitalouskemikaalit
  - Biosidit rakennusmateriaaleissa
  - Hiukkaset
  - Radon
  - Uudet huolestuttavat epäpuhtaudet (emerging pollutants)*
- Sisä- ja ulkoilman välisten erojen ja vuorovaikutustapojen tunnistaminen

***Uusista huolestuttavista kemikaaleista artikkeli Salthammer et al. 2020**

ELSEVIER

International Journal of Hygiene and Environmental Health

Volume 224, March 2020, 113423

Emerging indoor pollutants

Tunga Salthammer

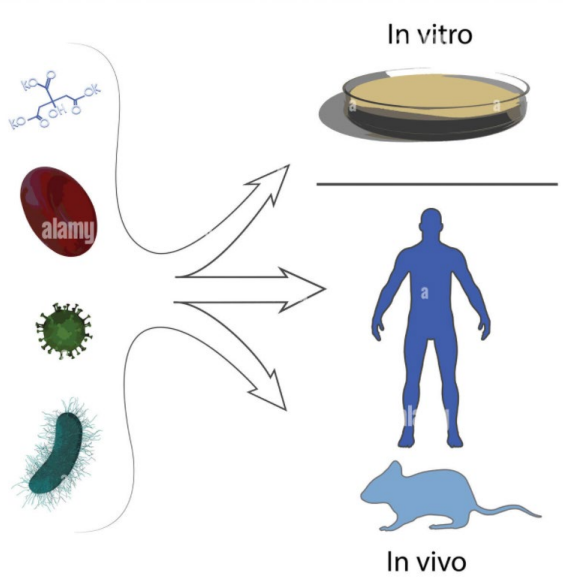
Table 1. Usage and sources of emerging chemicals and chemicals of concern in the indoor environment. See text and Table 2 for abbreviations.

Technologies	
3D-printing	Caprolactam, lactide, Irganox® 1076, siloxanes (D3-D6)
E-cigarettes, e-shishas	Propylene glycol, glycerol, glycidol, acetol, diacetyl
Energy saving lamps	Mercury (Hg)
Nanosprays	Silver (Ag), siloxanes, MgO, ZnO, TiO_2

Kuva: Schiewek et al. 2018

- Kustannustehokkaiden sisäilman laadun seurantamenetelmien ja käyttäjäystävällisten ilman laadun hälytysjärjestelmien kehittäminen ja käyttöönotto.

- Erilaisten biogeenisten hiukkasten ja aineiden sekä kemiallisten aineiden vaikutuksiin perustuvien testausjärjestelmien kehittäminen ja käyttöönotto (in vitro ja in vivo-lähestymistavat).



Kuva: Stocktrek Images, Inc. 2019

- Altisteiden yhteisvaikutusten aiheuttamien terveyshaittojen selvittäminen (herkät väestöryhmät !).
- Annosvaste-tutkimukset tarkoituksenmukaisten ilmanlaatustandardien/ohjeistusten tekemisen helpottamiseksi.
- Kustannustehokkaan ja ympäristöystävällisen teknologian kehittäminen sisäilman laadun parantamiseksi ja tautitaakan vähentämiseksi.
- Ohjeiden ja koulutusmateriaalien laatiminen.
- Avoimien tietokantojen tekeminen (tiedot altistuksista, lähteistä ja riskitekijöistä).

Sisäilmakemian tutkimustarpeita

INDOOR AIR
International Journal of Indoor Environment and Health

EDITORIAL | Free Access

The past, present, and future of indoor air chemistry

Gabriel Bekö, Nicola Carslaw, Patrik Fauser, Violeta Kauneliene, Sascha Nehr, Gavin Phillips, Dikaia Saraga, Coralie Schoemaecker, Aneta Wierzbicka, Xavier Querol,

First published: 25 April 2020 | https://doi.org/10.1111/ina.12634

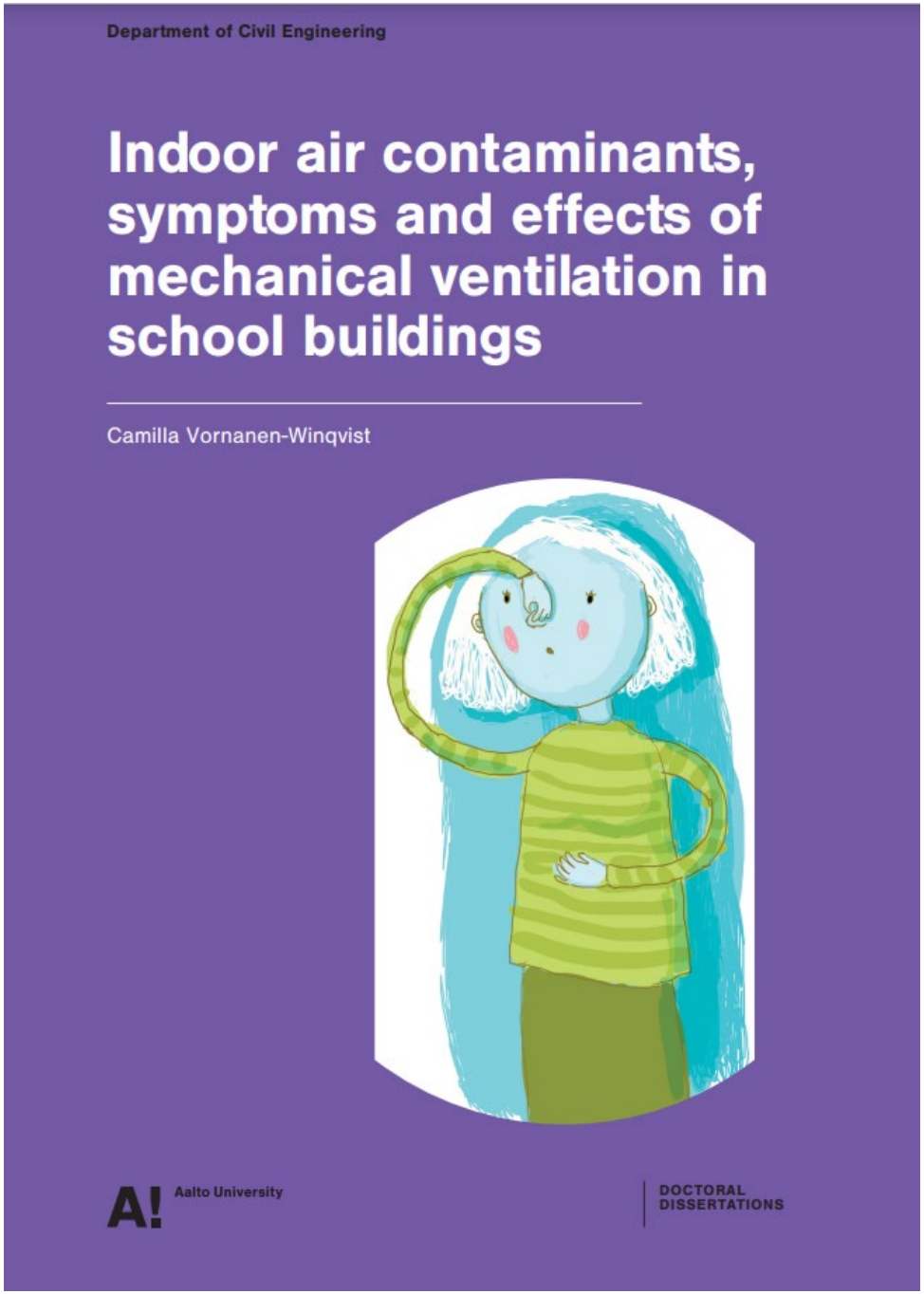
Volume 30, Issue 3
May 2020
Pages 373-376

- Kemialliset reaktiot ja syntyvät reaktiotuotteet
- Rakennusmateriaalien, kotitaloustuotteiden ja tilankäyttäjien toimintatapojen vaikutukset sisäilman laatuun ja tilankäyttäjien altistuksiin
- Mikrobien aktiivisuus
- Altistelähteiden ja niiden merkityksen selvittäminen
- Mallinnuksen kehittäminen

Civil engineering

Improving perceived indoor conditions using building information models and field data

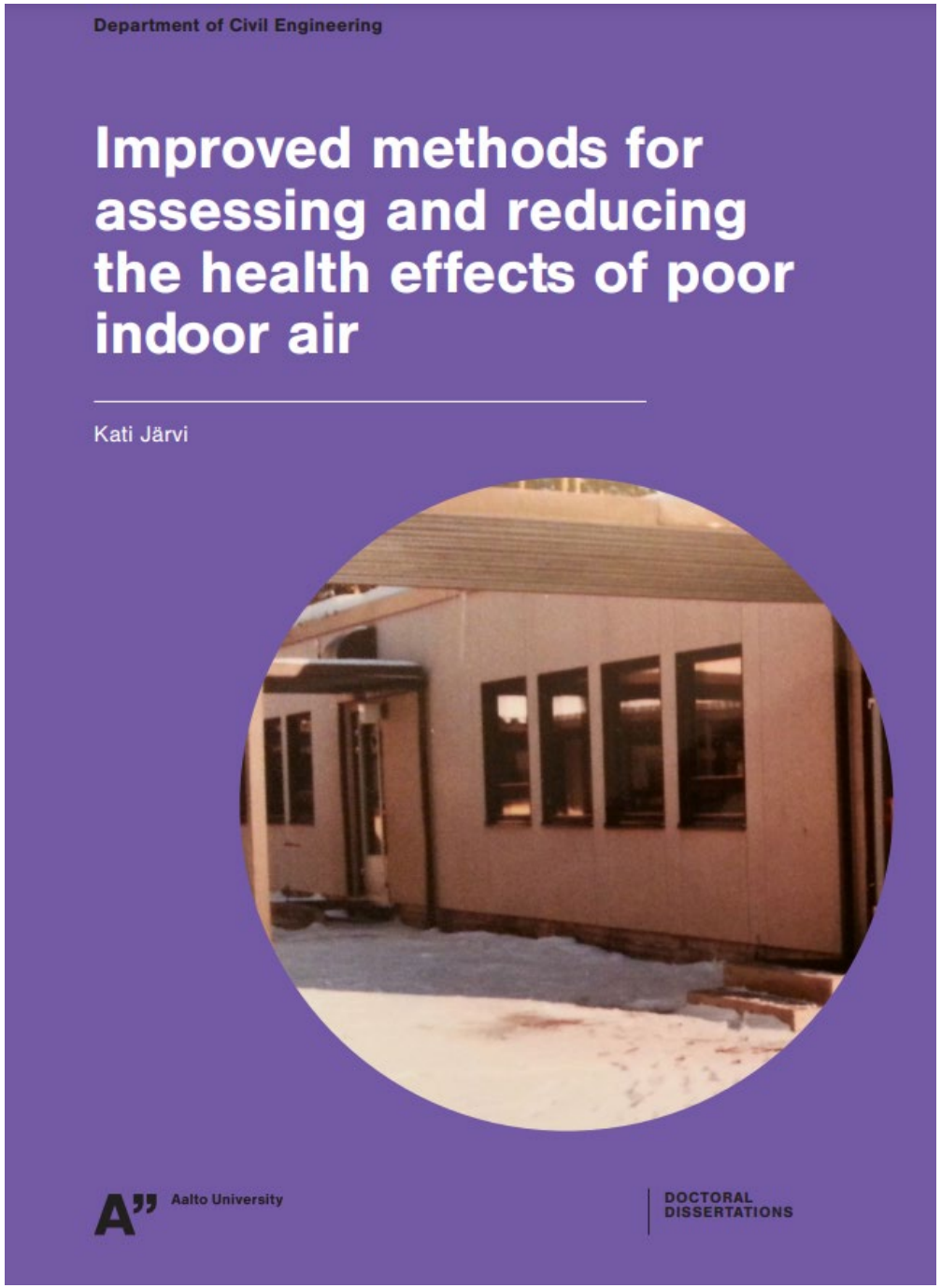
Esa Halmetoja

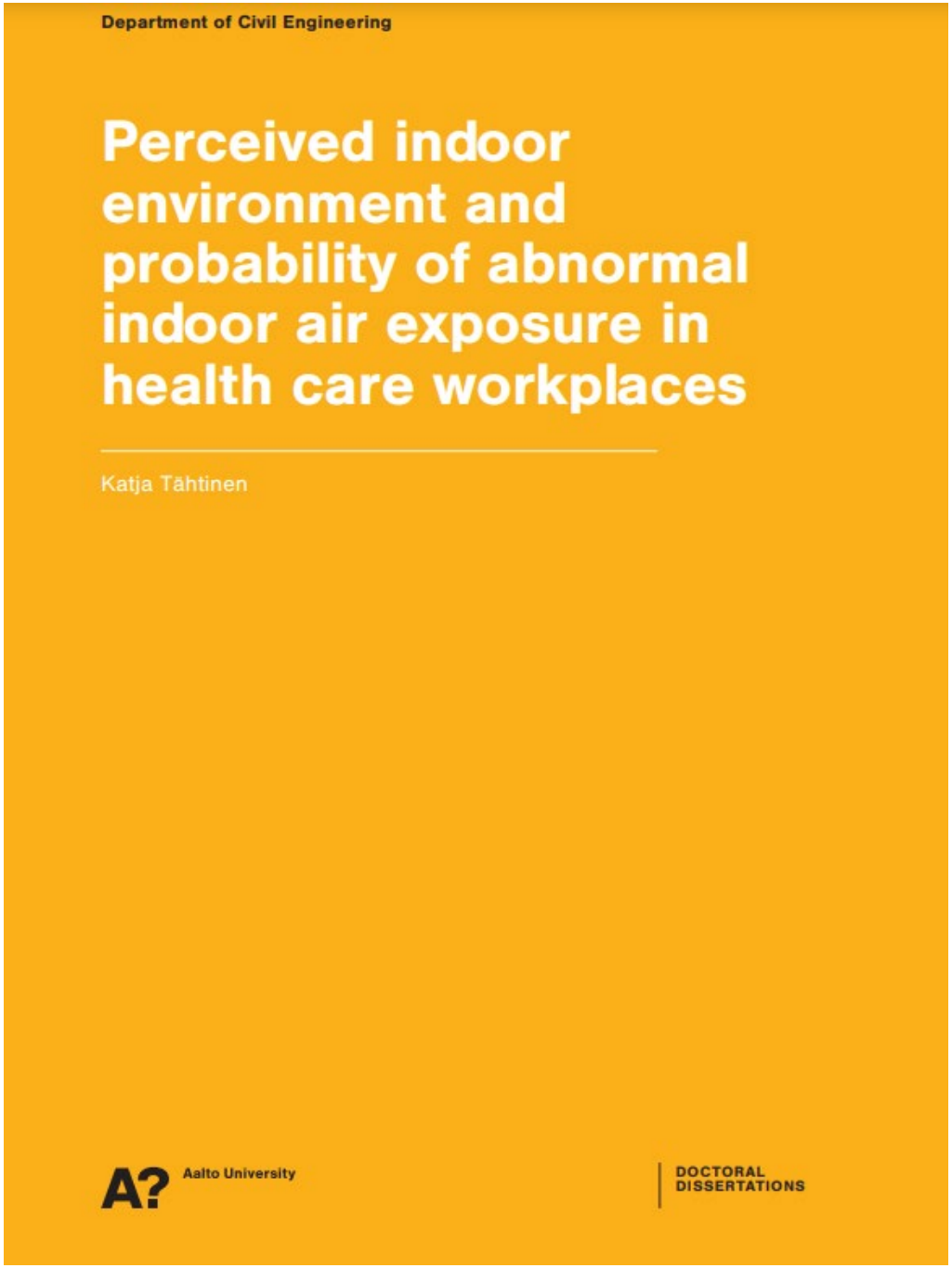

Department of Civil Engineering
Indoor air contaminants, symptoms and effects of mechanical ventilation in school buildings
Camilla Vornanen-Winqvist
A! Aalto University
DOCTORAL DISSERTATIONS

Civil Engineering

Novel detection methods and knowledge of indoor emissions from building materials, fungi, and cleaning agents

Emmanuelle Castagnoli


Department of Civil Engineering
Improved methods for assessing and reducing the health effects of poor indoor air
Kati Järvi
Aalto University
DOCTORAL DISSERTATIONS


Department of Civil Engineering
Perceived indoor environment and probability of abnormal indoor air exposure in health care workplaces
Katja Tähtinen
Aalto University
DOCTORAL DISSERTATIONS

Ulkoilman ja sisäilman epäpuhtauksien yhteys

https://blog.breezometer.com/the-outdoor-indoor-air-pollution-connection-what-you-need-to-know

The Outdoor-Indoor Air Pollution Connection: What you Need to Know in 2021 (breezometer.com)

COVID-19:n leviäminen ilmavälitteisesti, Professori Lidia Morawskan haastattelu

International Society of Indoor Air Quality and Climate News - International Society of Indoor Air Quality and Climate (isiaq.org)

https://isiaq.org/news_manager.php?page=22403

Kritos!

"Knowing is not enough; we must apply. Willing is not enough; we must do."

—Goethe