



Kuka tai mikä pilaa sisäilman maassa, jossa ulkoilman laatu on maailman paras?

....sisäilman raaka-aine on ulkoilma.....miten se
pilataan ja miksi?

EKPY, Sellon kirjasto, 2019 0325

Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin Yliopisto Kemian Its
Aalto Yliopisto, Sähkötekniikan ja Automaation Its



Vuonna 2017 tehtiin suurin Suomessa koskaan toteutettu tutkimus koulujen sisäilman vaikutuksista opettajien terveyteen: ennätyselliset 4920 opettajaa vastasi kyselyyn. 85% näistä vastanneista opettajista ilmoitti opetustilansa sisäilmaan liittyvän terveyshaittoja.

Lapset hengittävät 2 -3 kertaisen määrän ilmaa (paino kg kohti) aikuiseen verrattuna. Lapsen hengitysteihin joutuva luokkahuoneen sisäilman epäpuhtauskuorma on siis monikertainen aikuiseen, kuten opettajaan, verrattuna.



2018 **ROOMVENT**
VENTILATION 

**Eräs ruotsalaisluennoitsija
otsikoi esitelmänsä näin “Onko
rakennuksen (koneellinen)
tuuletusprosessi haitta-aineiden
laimentamista vai puhtaan ilman
toimittamista?”**

Mats Sandberg, Hans Wigö, Alan Kabanshi.
**2018. Is building ventilation a process of
dilution contaminants or delivering clean air?**
ROOMVENT & VENTILATION 2018, sivut 253-
258. Toim. R. Kosonen, M. Ahola, J. Narvanne.
Sisäilmayhdistys (SIY) ja Aalto Yliopisto, ISBN
978-952-5236-48-4.



FINNISH SOCIETY OF
INDOOR AIR QUALITY
AND CLIMATE



Aalto-yliopisto



Haitta-aineille altistumisen reitit: kulkeutuminen sisäilmasta elimistöön

Ihmisen ja sisäilman kontaktipinnat:

1. **Nenäontelo:** muutamia cm^2
2. **Keuhkojen sisäpinta:** SUURI, $70 - 90 \text{ m}^2$. Sinne kulkee päivittäin $10 - 20 \text{ m}^3$ ilmaa. Keuhkojen puolustus on heikko: limakalvojen kiliat (pintakarvat) ja makrofagit (syöjäsolut)
3. **Iho:** $1 - 2 \text{ m}^2$. Ihoa peittää elävien **bakteerien tiheä ketto, joka on panssari** haitta-aineita ja mikrobeja vastaan. (paitsi jos se tapetaan antimikrobisilla shampoilla, suihkeilla, voiteilla)
4. **Ruuansulatuskanava:** Suu – ruokatorvi – mahalaukku – suolisto: $> 1 \text{ m}^2$
Suolisto on täynnä mikrobimassaa, $> 10\,000\,000\,000\,000$ elävää bakteeria antaa vahvan puolustuksen ulkopuolisia tunkeutujia vastaan.
5. **Silmien kontaktipinta:** alle $0,001 \text{ m}^2$, haavoittuva: sarveiskalvoa peittää vain *yhden solun paksuinen* elävien solujen kerros, jota huuhtelee kyynelneste.



The lung: a magnificent organ that needs lifelong attention. 2016. The Lancet, Vol 387 (10030), 1789
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30357-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30357-9)



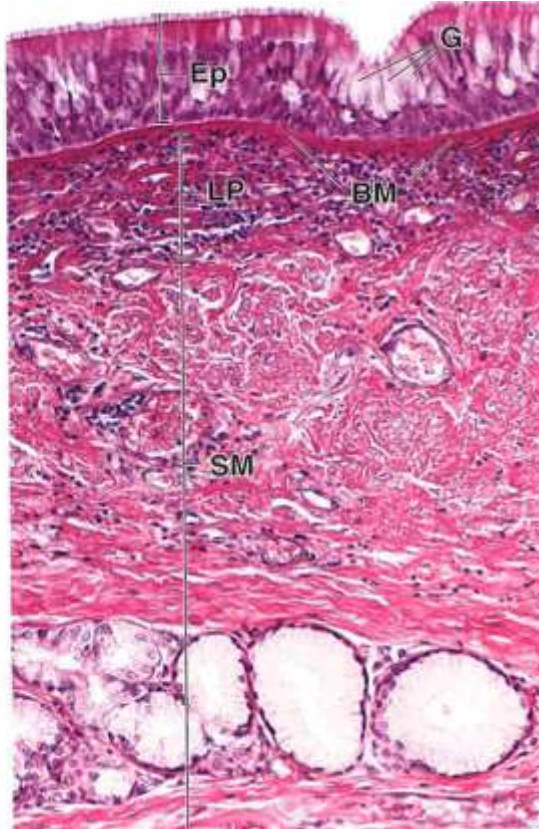
Vuonna 2017 tehtiin suurin Suomessa koskaan toteutettu tutkimus koulujen sisäilman vaikutuksista opettajien terveyteen: ennätyselliset 4920 opettajaa vastasi kyselyyn. 85% näistä vastanneista opettajista ilmoitti opetustilansa sisäilmaan liittyvän terveyshaittoja.

OAJ:n ja Turun Yliopiston julkaiseman tutkimuksen perusteella näyttää siltä että **paras mitä Suomen kouluissa koneellisella ilmanvaihdolla tavoitellaan, on sisäilman haitallisuuden laimentaminen.**

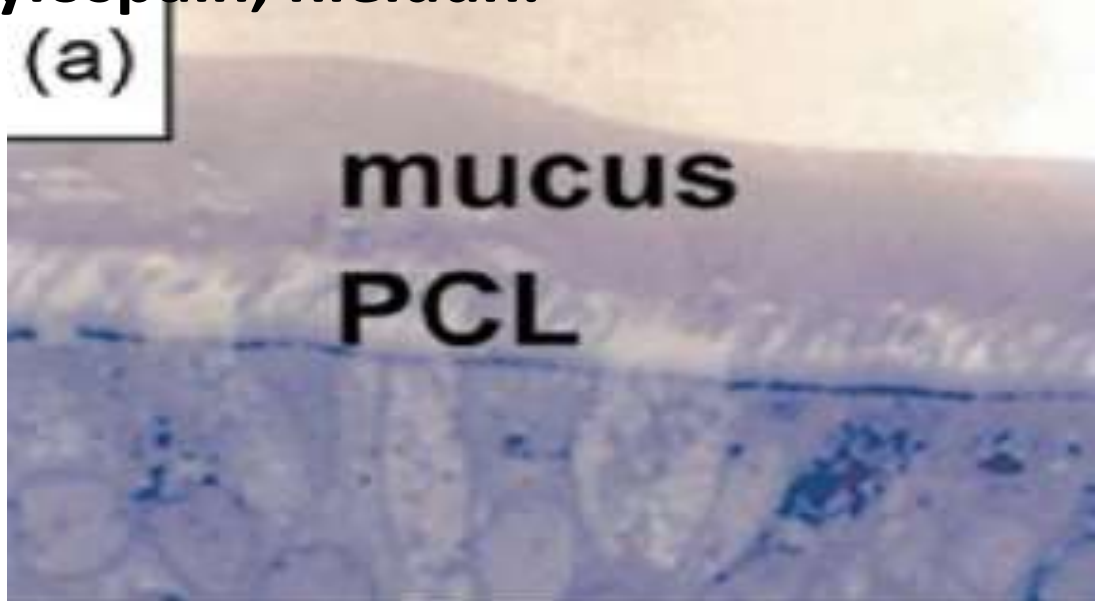
Siihen, mistä ja miksi haitta-aineita sisäilmaan joutuu, koululaitoksen omistajat eivät hae ratkaisua, ja kun poliittiset päättäjät eivät sitä vaadi, niin eivät viranomaisetkaan.....



*The lung: a magnificent organ that needs lifelong attention. 2016. The Lancet, Vol 387 (10030), 1789
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30357-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30357-9)*



Keuhkoputkien pintakarvojen kilioiden tärkeä tehtävä: Työntää sisäänhengitetyn ilman mukana keuhkoihin tullutta kiintoainetta (hiukkasia, pölyä) ylöspäin, nieluun.



Kuvan lähdetiedot: W Pawlina (2016) Histology, a text and atlas, kuvat 19.8 -19.9

Smith DJ, Gaffney EA, Blake JR. 2008. Resp Physiol & Neurobiol 163 (2008) 178–188

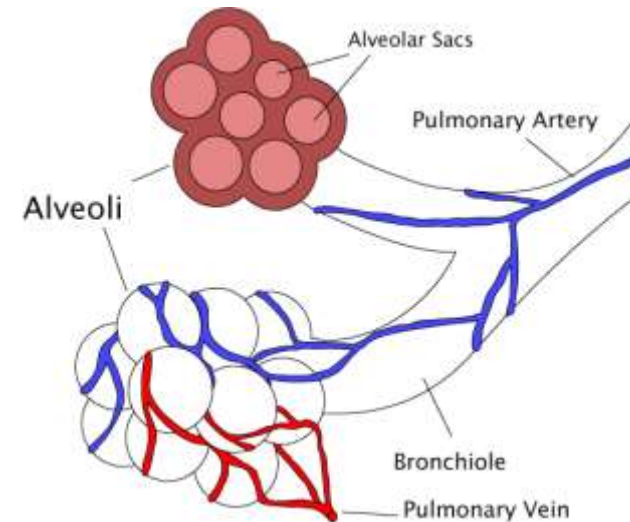
Modelling mucociliary clearance (Review)



Kaasut (haihtuvat kemikaalit, H₂S, VOC) imeytyvät verenkiertoon joko suoraan keuhkoputkista (bronkiolit) tai keuhkorakkulaan (alveoli) päästyään. Jos aine läpäisee keuhkorakkulan kalvon, se pääsee verenkiertoon.

Entä nesteet? Monet kemikaalit, kuten haihtumattomat, jonittomat tensidit, **kulkeutuvat** vesihöyryklustererissa ilmaan jota hengitämme. Ne voivat imeytyä keuhkoputkista verenkiertoon tai kulkeutua keuhkorakkuloihin saakka.

Henkitorvesta haarautuvat *keuhkoputket* päättyvät *keuhkorakkuloihin* (alveolit). Alveolin solukalvo on kaasuja läpäisevä. **Kaasunvaihto (hiilidioksidi ulos, happi sisään)** tapahtuu keuhkorakkuloissa.



(Source: Wikipedia, accessed 20160922)



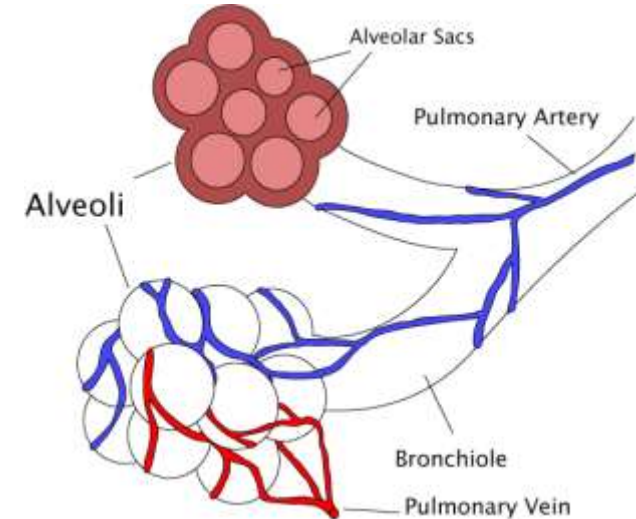
Lapset hengittävät 2 -3 kertaista määrän ilmaa (paino kg kohti) aikuiseen verrattuna. Lapsen hengitysteihin joutuva luokkahuoneen sisäilman epäpuhtauskuorma on siis monikertainen aikuiseen, kuten opettajaan, verrattuna.

Hapenottokyky on kehon tärkein terveyden ja työkyvyn ylläpitäjä. Keuhkorakkulat (alveolit) ovat hapenottoelin. Syntymän jälkeen keuhkorakkuloiden lukumäärä lisääntyy n. 8 v ikään asti. Rakkuloiden koko kasvaa teini-ikään asti. Aikuisena keuhkorakkulat eivät uudistu eivätkä kasva kokoa, vaan koko loppuelämä on tultava toimeen sillä mitä nuorella oppivelvollisuusiän päättyessä vielä on jäljellä.



**Keuhkorakkuloissa on kahdenlaisia toimintasoluja:
Tyyppi 1. imevät hengitysilmosta hapen ,
luovuttaen sen verenkiertoon ja ottavat vastaan
verestä hiilidioksidia.**

**Keuhkorakkuloiden solutyyppi nro 2 on
“Keuhkorakkuloiden voiteluaineen ” tuottaja =
keuhkorakkuloiden tuottama oma pinta-aktiivinen
aine, fosfolipoproteiini.**



Tämän voiteluaine-molekyylin vesihakuinen pää ulottuu keuhkorakkulan pinnalle, vesikerrokseen. Molekyylin rasvahakuinen uloke, [dipalmitoylfosfatidyyli koliini](#) (DPPC), kurkottaa veden/ilman rajapintaan, vähentäen sen pintajännitystä, ja on oleellista keuhkorakkulan uudelleen avautumiselle uloshengityksen jälkeen.



Jos / kun hengitysilman mukana keuhkorakkulaan kulkeutuu vesiklusterieineinä kuljettamina pinta-aktiivisia kemikaaleja (jonittomia tensidejä), rakkulan sisäpintaa voitelevan lipidikalvon viskositeetti alenee, lipidikalvo ohenee ja sen voitelukyky voi vähentyä.

Tällaisia pinta-aktiivisia aineita, “wetting agent”, eli kostutinaineet, sisältyy lähes kaikkiin kaupallisiin siivoustuotteisiin, myös shampoihin, sekä moniin rakennusmateriaaleihin, kuten betoniin ja kipsiin, joihin niitä lisätään kuivatuksen nopeuttamiseksi (“pisara-aineet”). Aineiden höyrynpaine on matala, mutta ne kulkeutuvat vesiklustereina sisäilmaan.

Toinen hengityshaitallinen pinta-aktiivisten aineiden ryhmä on biosidiset kationiset tensidit. Ne ovat orgaanisesti substituoituja ammonium-johdannaisia.

Taulukko 1. Ammattikäyttöön tarkoitettuja siivous- ja ylläpitotuotteita. Y, yleispesuaine, ylläpitoaine; PP, pesu- ja puhdistusaineet ; SA, saniteettitilojen yleispuhdistusaine ; PD pintojen desinfiointiaine.



Tuote koodi	Biosidiset aineosat	Pesevät aineet	Kostutin aineet	Merkitykselliset vaaralausekkeet (EU)*
PD	alkyyli dimetyyli bentsyyli-ammonium kloridi, 7%	natrium karbonaatti 1,1%	alkyyli- alkoholi etoksilaatti, 6%	H315; H 318
PP-1	C12-18 alkyylibentsyyli dimetyyli ammonium kloridi 1 – 2%; etanoli	metyyli glysiini dietikkahapon trinatrium suola, 1 – 5%	Iso-tridekanoli etoksylaatti 1 – 5%;	H302; H314; H318; H319
PP-2	etanoli 1 – 5%	Sitruunahappo 1 – 5%	isodekanoli, etoksyloitu, 5 – 8%; 2-(metoksimetyylietoksi) propanoli 3 – 8%	R36, R22-41 H302; H319,
PP-3		kakaorasvahapon kalium suola, <2%	alkoholi etoksylaatti 1-4% isotridekanoli etoksilaatti 1 – 4%	H302, H315; H318, H319, R39, R41
SA	etanoli 1-3%, , bentsyyli-isotiatsolin-oni, metyyli-iso-tiatsolin-oni	Sitruunahappo 1 – 5%	alkoholi etoksilaatti 1-5%	R36; R41,
Y	etanoli, 1 - 5 %	natrium-2-etyyliheksyyli sulfaatti, 1-5%	isodekanoli etoksyloitu (A) 5-8%; alkoholi etoksilaatti (B)1-2% ; isodekanoli etoksyloitu (C) 1-2%	H302; H315; H318; H319;

Taulukko 1. (jatkoa) Ammattikäyttöön tarkoitettuja siivous- ja ylläpitotuotteita. Y, yleispesuaine, ylläpitoaine; PP, pe puhdistusaineet ; SA, saniteettitilojen yleispuhdistusaine ;PD pintojen desinfiointiaine.



Y	etanoli	natrium karbonaatti 1,1	alkyyli glukosidi 1-2 %; alkoholi etoksylaatti C9-11. < 5%	R41; H318; H319
Y	etanoli	etanoli 1-3%, , bentsyyli-isotiat-solin-oni, metyyli-iso-tiatsolin-oni	etoksiloitu isodekanoli; 1 – 5%	H318; H302; R41
Y		ei ilmoitettu	Rasva-alkoholi etoksilaatti	R41, H302; H318
Y	fosfaattia < 5%	natriummetasilikaatti 1-5%; tetrakalium pyrofosfaatti; natrium oktyyli amino propionaatti, 1-2% ; alaniini, N,N-biskarboksimetyyli trinatrium suola, 1-5%	etoksyloitu-propoksyloitu terpeeni, 1 -5%; jonittomia tensidejä 1-5%, amfoteerisiä tensidejä <5%	R34-37; H302; H314; H315 STOT SE 2; H319
Y	bentsyyli alkoholi 1-5%; 2-fenoksietanoli 1-5%; ; etanoliamiini 1 – 12%	dinatrium silikaatti 5 -<10%; ; kalium lipeä 1 – 2,5%; natrium p-symeenisulfonaatti 1 - <5%; kalium kokoaatti 1 - <5%		H314; H315; STOT SE 3, H302; H319

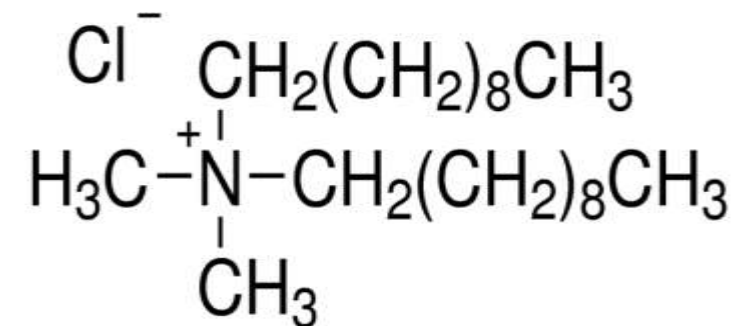
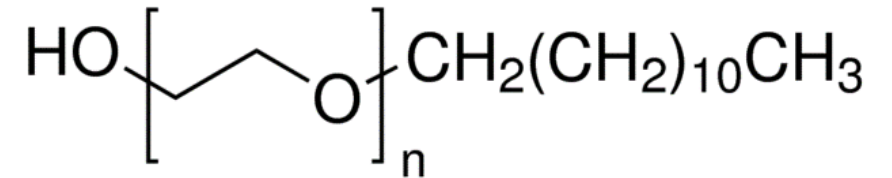


Vaaralausekkeet siivoustuotteiden jonittomille ja kationisille tensideille

ovat: R36 ärsyttää silmiä; R41 vakavan silmävaurion vaara; H302 haitallista nieltynä; H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävä ja silmiä vaurioittava; H318 vaurioittaa vakavasti silmiä; H319 ärsyttää voimakkaasti silmiä; H335, saattaa aiheuttaa silmien ärsytystä

Pesu- ja puhdistusaineiden **pääkomponentteina** on usein kaksi terveydelle haitallista kemikaaliryhmää, pinta-aktiiviset aineet:

1. Rasva-alkoholien polyoksietyleenin eetterit: **jonittomia tensidejä;**
2. Kvaternäärisiä ammonium johdannaisia. Sekä kvaternääriset että tertiääriset ammonium johdannaiset ovat **biosidisia ja nisäkässoluille myrkyllisiä.**





Yksittäisten kemikaalien *toksikologiset ominaisuudet*. Taulukon lukuarvo ilmoittaa pitoisuuden laimeimmassa liuoksessa jossa puolet siittiöistä lakkasi uimasta. Muilla soluilla on saatu samankaltaisia tuloksia. Pieni lukuarvo ilmentää suurta toksisuutta.

Aiheen nimi	EC ₅₀ mikrogrammaa /ml
Genapol X 080	2,5
Didekyyli-dimetyyli ammonium kloridi	2,5
PHMB	10
Neo-amisept (Yliopiston Apteekki)	25
Arsenikki (As ₂ O ₃)	≤10
2-fenoksietanoli	≥100
Heksyyli-β-D glukosidi	500
Limoneeni (usein käytetty hajuste tuotteissa)	100
Triklosaani	1

Didekyyli-dimetyyli ammonium kloridi (DDDMAC) tunnetaan jo yli 10 vuotta siivoojien ja välinehuoltajien astman aiheuttajana. Sittemmin on vahva epäily lapsettomuuden aiheuttajana (osoitettu molemmilla sukupuolilla myös eläinkokein).

PHMB on PHMG:n sisaraine, ja EU kemikaaliviraston riskinarvioinnissa luokiteltu ”hengityselimiä vakavasti vaurioittavaksi”.

Homemyrkkyjä eli mykotoksiineja tuottavien homeiden haitalliset päästöt koostuvat nestepisaroista, joita ne purkava kasvustoistaan näin:



Sisäilman turbulenssi pirstoo homeiden toksiinipisarat mikropisaroiksi, jotka kulkeutuvat sisäilmaan.

Ilman kosteus edistää aerosolisoitumista. Mykotoksiinit ovat yleensä niin suurikokoisia molekyylejä (400 – 1500 g/mooli), etteivät ne haihdu ilmaan.

Kostean ilman vesiklusterit kuljettavat haihtumattomia toksineja sisäilmassa. Klusterit ovat nestettä, mikroskooppisessa muodossa. Sellaisina me ne hengitämme.

Nämä biologis-kemialliset tosiasiat selittävät, miksi mykotoksiineja niitä ei löydy lainkaan, tai vain hyvin pieninä pitoisuuksina, kun sisäilmaa tutkitaan vain hiukkaskeräimillä saaduista näytteistä.

***Kiitos mielenkiinnosta!
Tarmoa ja tutkimustiedon
hyväksikäyttöä sisäilma-asioiden
hoitamiseen toivottaen
Sellossa 2019 03 25***

Mirja ´Salkinoja-Salonen
PhD, (Amsterdam)
Tekn.Tri HC Aalto Yliopisto