



# Mikrobeja ja sisäilmaa? Microbes adapted to Finnish indoors?

Taiteiden ja Suunnittelun korkeakoulu,  
Aalto Yliopisto, Ympäristötaiteen  
miniseminaari 2016 08 17

Miestentie 3, Espoo

Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin Yliopisto, Elintarvike- ja ympäristötieteen Its (EYT)

Kipsilevyn lainerin pintaa



Kuva: Simo Lehtinen; näyte Maria A Andersson & Johanna Salo  
MAG: 330 x

80 μm

Z0160817

# Mistä mikrobit sisätiloihin tulevat?



1. Mikrobeja on kaikkialla. *Se missä ja mitkä lajit pääsevät kasvamaan massoiksi, riippuu olosuhteista* ("Everything is everywhere – the environment selects" – Dooren de Jong, hollantilainen mikrobiologi, 1935)
2. Ympäristön (maaperä, kasvit, ulkoilma, eläimet, myös maatalaeläimet) mikrobit ovat ihmisen terveydelle hyödyllisiä, jopa välttämättömiä. Niiden kanssa "seurustelu" on edellytys sille että lapsen immuunikoneisto (innate immunity) kehittyy terveenä.
3. Ihmisen elimistössä on 100 kertaa enemmän mikrobien soluja kuin ihmisen omien geenien koodittamia soluja. Mikrobit huolehtivat ihmisen aineenvaihdunnasta (ruuansulatus) ja immuunipuolustuksen toimintakykyisenä pitämisestä. Sydämen ja aivojen toimivuuden ohella "mikrobiomi" (=suoliston ja ihon mikrobit) on ihmisen tärkein terveyttä ylläpitävä "elin".
4. Jotkut mikrobit tuottavat ihmisen elimistölle haitallisia toksineja, voivat aiheuttaa ruokamyrkytyksen.
5. Ulkoilmassa on miljoonia mikrobeja. Samoja mikrobeja pitää löytyä sisäilmastakin. Jos sisäilma on steriiliä (ei mikrobikasvua), siitä pitää huolestua. Se tarkoittaa, että sisätiloissa on jotakin, joka tuhoaa ulkoilmasta sisäilmaan tulevat mikrobit. Silloin ihminenkin altistuu samoille (myrkyllisille) aineille tai haittaolosuhteille.



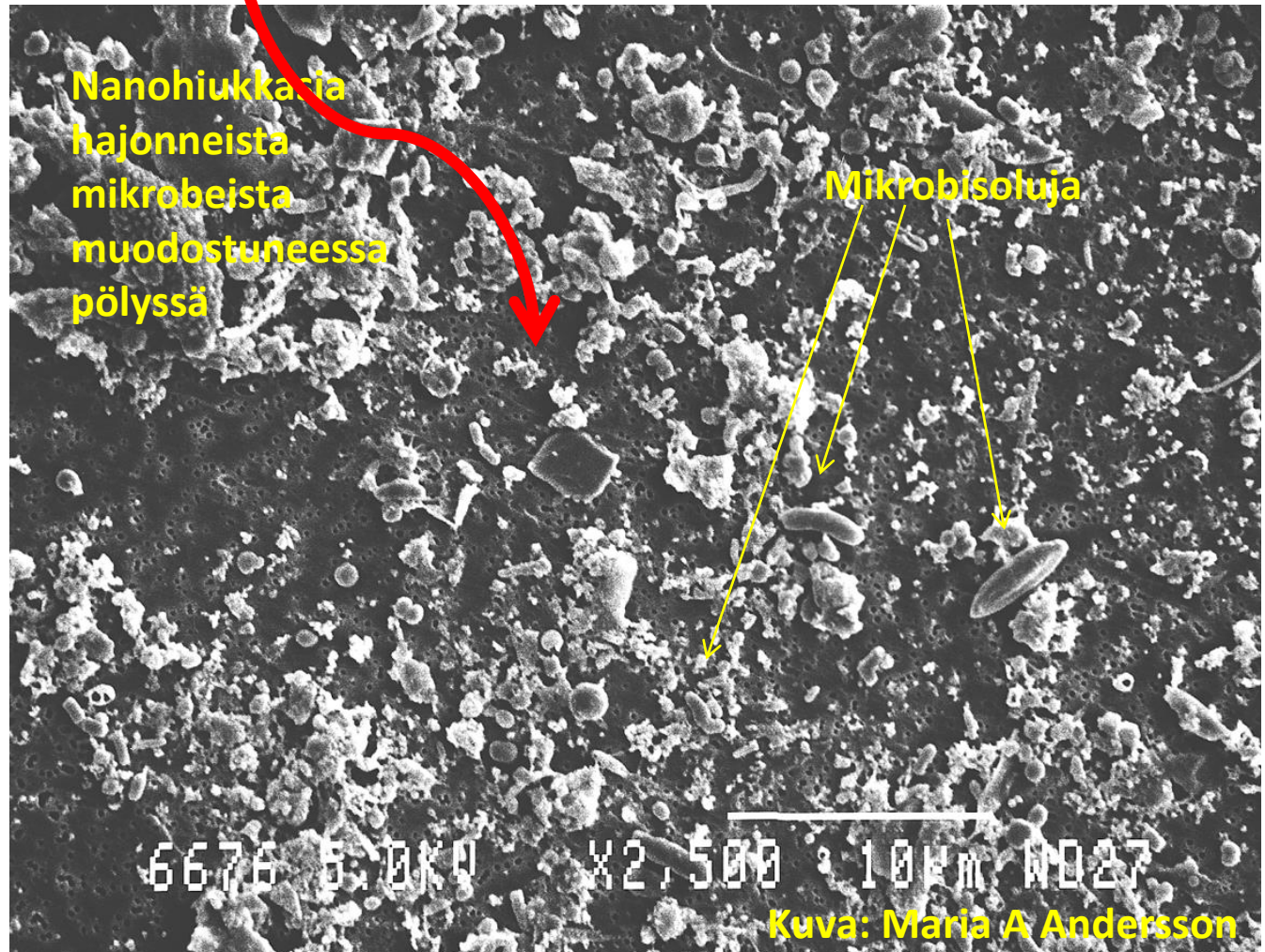
# Mikrobien päästölähteet sisätiloissa

1. *Ihminen*: iholta, hiuksista, eritteistä irtoilee mikrobeja (bakteereja ja arkkeoneja). Mitä aktiivisempi ihminen, mitä enemmän paljasta ihoa, sitä enemmän. Alastomasta ihmisestä irtoaa 200 – 1000 mikrobia sekunnissa, vaetetusta 50 – 150. Liikkuvassa työssä 10 × enemmän kuin istuvassa.
2. *Kotieläimistä, huonekasveista, elintarvikkeista*, mullasta (perunat, kukkamulta jne): bakteereja, arkkeja, sieniä. Ruokamulta tai turve sisältää  $10^7$  –  $10^{10}$  mikrobisolua grammassa.
3. *Mikrobeja kasvaa* myös sisätilojen pinnoilla, erityisesti siellä, missä on kosteutta (märkätilat, keittiö). Ei haittaa, jos se ei ole määrältään häiritsevää (limottumista jne). Normaali siivous poistaa ylimäärän.
4. Mikrobit liikkuvat ilmassa hiukkasina sitä kauemmin ja kauemmas, mitä kuivempaa ilma on.
5. Tartuntatauteja aiheuttavat mikrobit tarttuvat ilmanteitse tai pintojen kosketuksesta lähinnä vain sisätiloissa. Ulkoilmassa toimii saalistusketju: isommat eliöt syövät pienempiä ja tulevat itse vielä isompien syömiksi. Sisätilat ovat yleensä niin kuivia etteivät mikrobit voi liikkua liikuntaelimillään, vaan ilmavirtaus liikuttaa niitä kuin pölyä.



Mikrobisolujen hajotessa syntyy nanopölyä (0,5 – 0,01  $\mu\text{m}$ ) turbulentissa ilmavirrassa, kasvuston vanhentuessa tai kuivuuessa, tai desinfiointikemikaalien käytön seurauksena. **Toksisesta** mikrobikasvustosta muodostuu **toksista** nanopölyä.

1990-luvulta asti on tiedetty, että pienhiukkasten haitallisuus terveydelle on sitä suurempi, mitä pienempi hiukkaset ovat. Haitallisimpia ovat nanohiukkaset. Hengitetyt nanohiukkaset tunkeutuvat keuhkojen epiteelisoluihin ja keuhkorakkulaan saakka.





## Suomi on kuiva maa:

Vuotuinen sadanta (lumi+vesi) 688 mm (Helsinki) – 405 mm (Inari). Euroopan muissa maissa sadanta on 1000mm, jopa 2000 mm.

Mikrobit tarvitsevat vettä elääkseen (niin kuin ihminenkin). Sisätilat ovat Suomessa kuivia, suhteellinen kosteus (RH) on koneellisesti tuuletetuissa ja lämmitetyissä (keskuslämmitys) yleensä alle 50%, jopa alle 25% (talvi). Kosteissakin paikoissa on kuivia jaksoja.

Kuivuudesta seuraa, että sisätiloihin pesiytyy Suomessa sellaisia mikrobeja, jotka tulevat toimeen niukalla vedellä, ja sietävät pitkiä kuivia jaksoja, matalissa veden aktiivisuusarvoissa, jopa  $a_w < 0.8$  :

*Penicillium* lajit, *Aspergillus versicolor*, *A. westerdijkiae*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. insuetus*, *A. sydowii*, *A. calidoustus*, *Paecilomyces variotii*, *Eurotium*, *Ochroconis*, *Wallemia sebi*. Monet näistäkin pärjäävät paremmin kosteammassa, jolloin niiden määrä nousee.

Ulkoilmasienet ovat pääosin peräisin kasvimateriaalista. Ne tulevat toimeen  $a_w$  alueella 0,8 – 0,9: *Cladosporium*, *Ulocladium*, *Alternaria*, *Phoma*. Ne sietävät kuiviakin jaksoja.

**Vesivauriohomeet:** tarvitsevat  $a_w > 0,9$ . *Stachybotrys chartarum*, *Chaetomium globosum*, *Memnoniella echinata*, *Trichoderma* lajit. *Stachybotrykset* vaativat  $a_w > 0,95$

## Vettä kuljettavat ja varastoivat materiaalit



1. Kuivien jaksojen aikana mikrobit menevät lepotilaan. Turbulentissa ilmassa (koneellinen ilmastointi, puhaltimia, pölynimuri) niin kuivat mikrobit voivat hieroutua nanopölyksi.

Nanopöly ei näy mikrobiviljelyissä, koska nanokokoiset hiukkaset eivät sisällä kokonaisia soluja. Sensijaan nanopöly voi sisältää kaiken sen toksisen aineen mitä mikrobi kasvujaksojensa aikana tuotti. Nanopöly tunkeutuu tehokkaasti keuhkorakkuloihin ja myös ihon solut (luontainen immuunijärjestelmä) reagoivat nanokokoisten hiukkasten kuljettamien haitta-aineiden (toksiinien) kanssa.

2. Vettä kuljettavat rakennusmateriaalit ovat avainasemassa ruokkimassa paikallisten homekasvua sisätiloissa. Materiaalit, jotka kastuvat helposti (=imevät ja kapillaarikuljettavat vettä) mutta kuivuvat hitaasti:

- Kipsilevyt. Kipsilevyt korvaavat monia aiemmin käytettyjä materiaaleja jotka olivat vähemmän tehokkaita vedenkuljettajia.
- Pirstottu puu (lastulevyt, kuitulevyt).
- Höyrynsulkumuovit, eivät varsinaisesti kuljeta vettä, mutta estävät peittämänsä materiaalin kuivumisen.
- Jotkut betoniseokset.

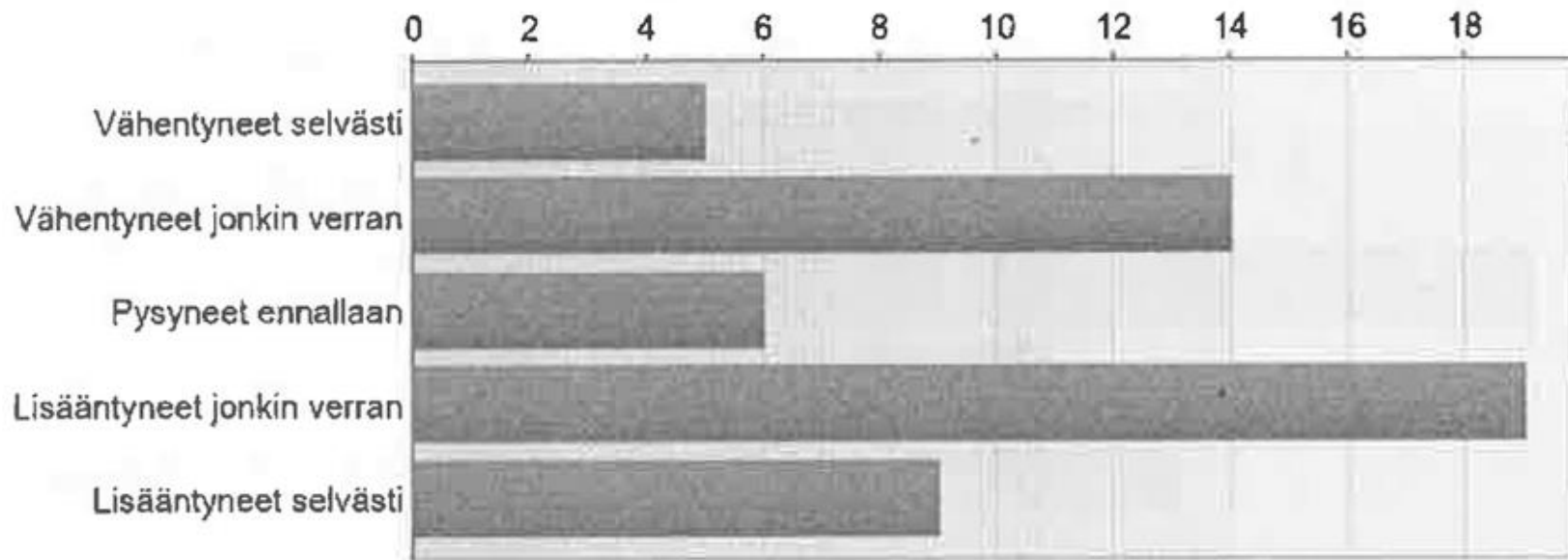
## Kipsi

1. Kipsilevy ottaa vettä jo alhaisessa suhteellisessa kosteudessa (RH%) mutta luovuttaa vettä vasta huomattavasti korkeammassa RH arvossa. Kipsi ottaa vettä nopeasti mutta luovuttaa sitä hitaasti.
2. Kipsilevyt saattavat sisältää tärkkelystä tai muuta orgaanista liima-ainetta, joka ruokkii mikrobikasvua. Kipsilevyn laineri on usein uusiopaperia, jonka mikrobikuorma on korkea. Lainerin mikrobit ovat usein kasvukykyisiä sienitiöitä, ja kun tarjolle tulee vettä, kasvu käynnistyy.
3. Kipsilevy imee pintaansa kapillaarivettä kastepisteen osuessa kohdalle (jota edistää höyrynsulkumuovi, koska muovi estää kosteuden poistumisen haihdunnalla). Kastepisteen ansiosta syntyvä vesifilmi ei levyn pinnalla välttämättä näy, koska se imeytyy heti.
4. Kipsi on pääosin kalsiumsulfaattia,  $\text{CaSO}_4$ . Jos se kostuu ja sijaitsee happea huonosti läpäisevässä ympäristössä (esim. vinyylin alla), syntyy suboksinen tai anoksinen tilanne ja sulfaatinpelkistäjämikrobisto alkaa toimia. Kun läsnä on orgaanista ainetta (liimat) mikrobiologinen sulfaatin pelkistyminen tuottaa kaasumaisia, rasvaliukoisia sulfideja:  $\text{org}(\text{CH}_2\text{O})_n + \text{SO}_4^{-2} \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{S}$  ja/tai org-SH
5. Se on itse itseään kasteleva reaktio, jonka tuotteena syntyy rikkivetyä ja/tai orgaanisia sulfideja, jotka tiedetään jo ppb tason pitoisina signaaliyhdisteiksi. Ne häiritsevät nisäkässolujen viestiliikennettä (=terveyshaitta, erityisesti silmäongelmia).



Ersko Korhonen / Kuntaliitto  
Sisäilmapiiri Turku 2014/1/19

## Tulokset, sisäilmaongelmien muutos 2009-2014



Yli puolessa kunnista sisäilmaongelmat lisääntyneet joko jonkin verran tai selvästi!

SISÄILMAPAJA 6 19.-20.11.2014 Turku



# Mikä mikrobi pilaa suomalaisen sisäilman?

*Mitkä rakennuksen sisäilman aineet aiheuttavat sairastumista? Mistä ne tulevat?*

*Miten rakennuksesta tulee sisäilmahaitta-aineiden päästölähde?*

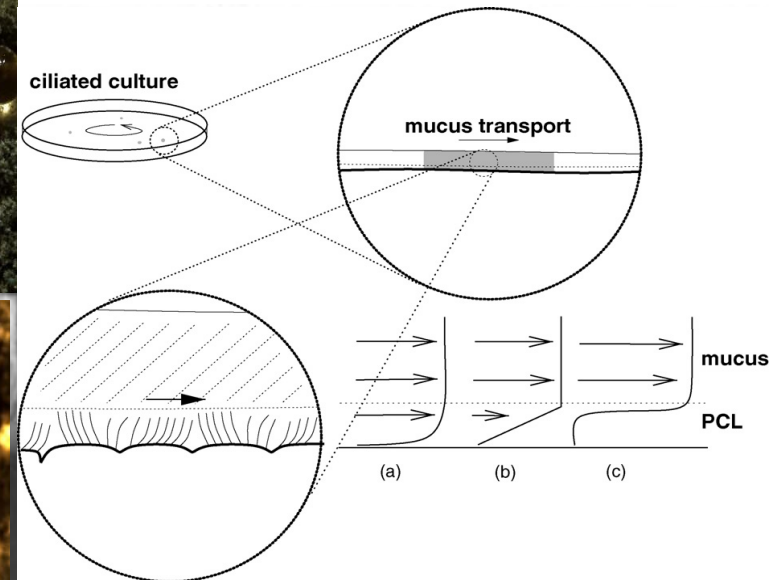
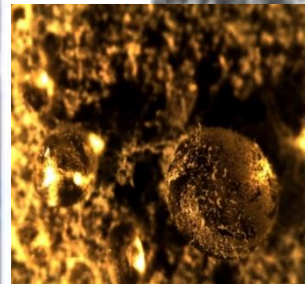
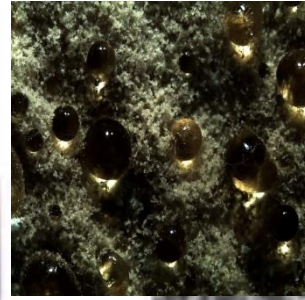
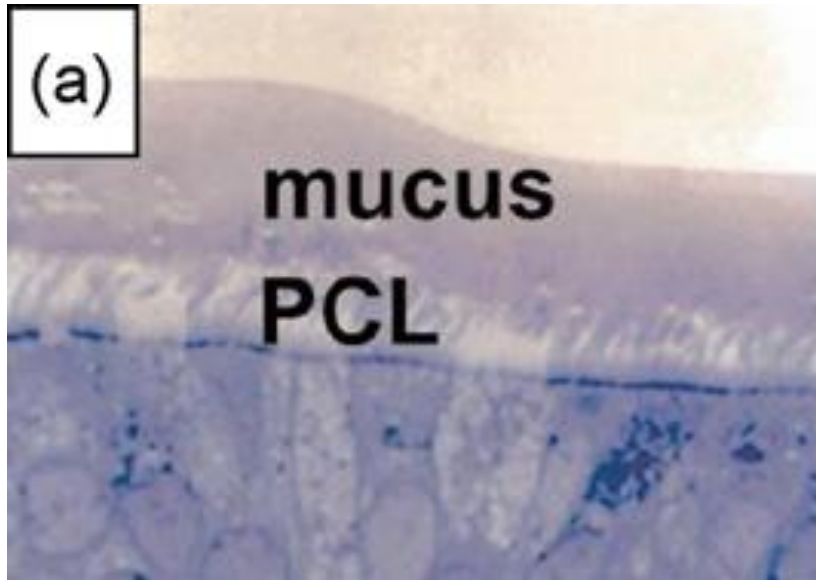
- Rakennusmateriaalien sisältämien kemikaalien ja niiden johdannaistuotteiden päästöt sisäilmaan
- Rakennuksen ylläpidon ja käytön mukana tullut kemikaalikuormitus ja sen liitännäistuotteet
- Edellisiin perustuva mikrobikasvu ja sen tuotteet rakennusmateriaalissa
- Epäorgaaniset aineenvaihduntatuotteet: hiilidioksidi, vesihöyry, rikkivety
- Orgaaniset aineenvaihduntatuotteet, toksiinit ja muut ekstroliitit



# Sisäilmaan kulkeutuvien haitta-aineiden läsnäolon tunnistaminen sisätiloissa: etsitään haitta vaikutuksia

- Sytotoksisuustesti (relevanttien solujen kuolema ja/ tai uudistumisen lakkaaminen)
- Ihmisen soluja vaurioittavia (=toksisia) aineita sisätiloissa voi etsiä testeillä joissa käytetään haitan tunnistamiseen **erilaisia ihmis- tai muiden nisäkkäiden toimintasoluja**. Testisoluja altistetaan sisätilänäytteelle tai haitta-aineelle soluviljelykammiossa, jossa olosuhteet säädetään ihmisen elimistön sisällä vallitsevia olosuhteita vastaaviksi: 37°C, >95% suhteellinen kosteus, atmosfääri 5% hiilidioksidia, 21% happea, loput typpeä.
- Eläviä koe-eläimiä ei käytetä testeihin, vaan ihmisen tai eläinten soluja (joskus kudoksia): verisolut (veripussista), siittiöt (keinosiemennysasemalta), viljellyt solut (alkuympin voi eristää koe-eläimestä tai ostaa solupankista)
- MITÄ MITATAAN? Elintoimintojen häiriintymistä, liikkumisen lakkaamista (siittiöt, kiloidut solut), tuman vauriot (apoptoosi); solujen jakautuminen; mitokondriotoiminnot; solukalvojen vauriot; kaliumvuoto soluista ja muut homeostaasihäiriöt, hapenkäyttökyky, glukoosin otto, hormonien tuotto (haiman betasolujen insuliinin tuotto...)

## Oireet ovat monilla hengitysteissä, mitä siellä ?



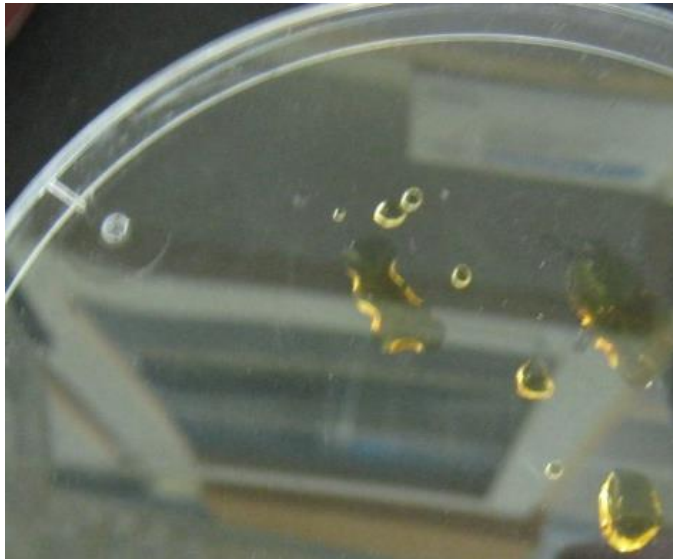
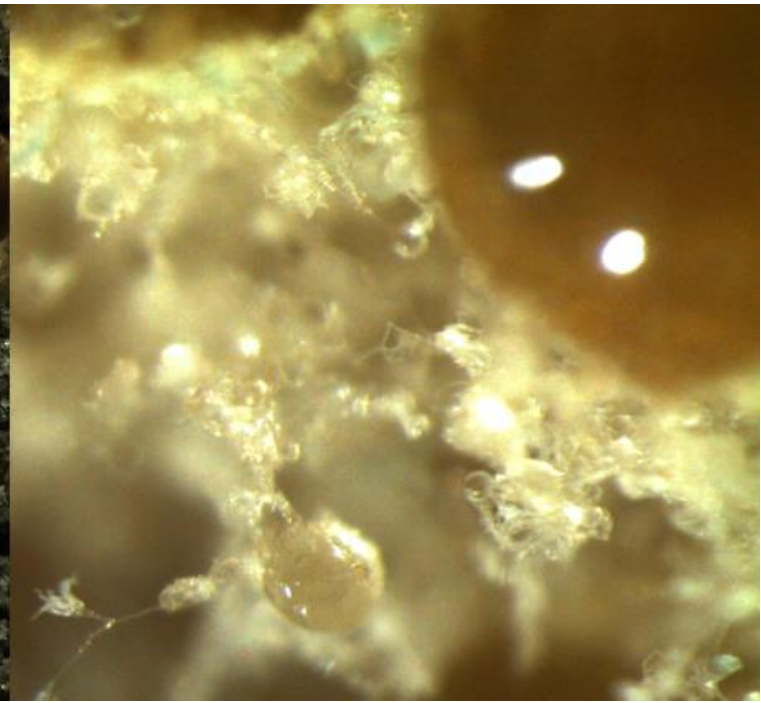
Keuhkot ovat ihmisen laajapintaisin elin: 70 - 90m<sup>2</sup> per aikuinen.

Keuhkojen sisäpintaa peittää ohut kerros, 5 - 10µm, sakeaa nestettä (ASL): ASL sisältää viskoottista limaa. Koostumus: 98% vettä, 1% suolaa, glykolysoituja musiini (=lima-aine) proteiineja (1%).

Viskoottisen limakerroksen alla on liukastekerros, vetinen "periciliary liquid" (PCL) jonka täyttämässä raossa keuhkosolujen pinnalla olevat ripset (kiliat) voivat "soutaa".

Liukastekerroksen päällä kelluva viskoottinen kerros (ACL) liikkuu liukastekerroksen päällä, kun kiliat työntävät sitä. Liukastekerroksen (PCL) yksi tehtävä on estää musiinikerrosta (ACL) takertumasta keuhkosolun pintaan (Knowles and Boucher, 2002).

*Smith DJ, Gaffney EA, Blake JR. 2008. Resp Physiol & Neurobiol 163 (2008) 178-188 Modelling mucociliary clearance (Review)*



**Johanna Salo** osoitti Aaltoyliopiston Rakennustekniikan diplomityössään (2014), että toksinen sisätilahomekanta *Penicillium expansum* erittää toksisia mikrovesikkeleit. Nämä irtoavat kosteilta kasvupinnoiltaan ja aerosolisoiduvat sisäilmaan lämpötilaerojen ylläpitämän konvektiovirtauksen myötä.

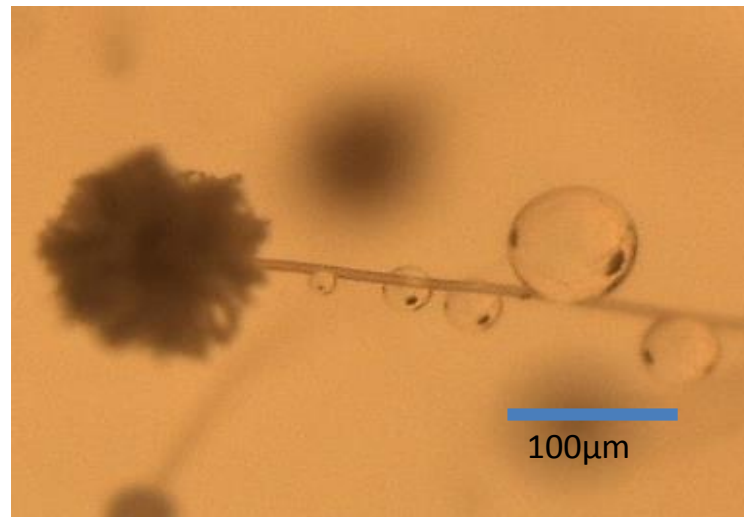
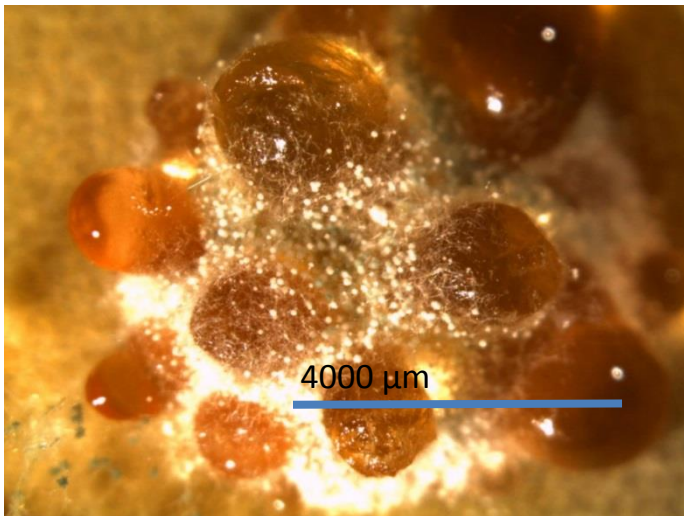
#### Lähde:

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**

Havaitsimme että suomalaisista, sisäilmahaittaisista tiloista löydetyt mikrobikannat erittivät yleisesti, monet eri lajit, solumyrkyllisiä aineita sisältäviä pisaroita (ekstrolitti vesikkeleitä) .

Myös itiöt ja rihmasto sisälsivät toksisia aineita, mutta kerätyistä pisaroista mitattu toksiinin pitoisuus oli monin(sata-) kertainen verrattuna tuottajahomeen omiin itiöihin / konidioihin ja rihmastoon. Tuotetut toksiinit olivat kuumennuksen (+100°C) kestäviä ja rasvaliukoisia: liukenivat paremmin rasvaliuottimiin kuin veteen.

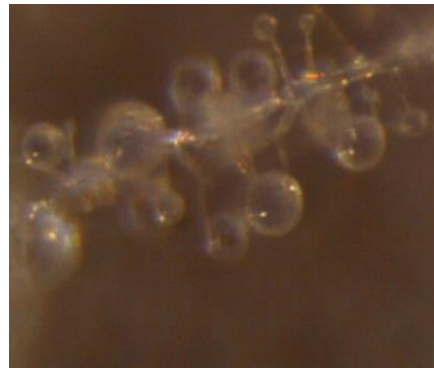


*Maria A Andersson, Aalto Yliopisto;  
Salkinoja-Salonen Helsingin Yliopisto  
20160817*

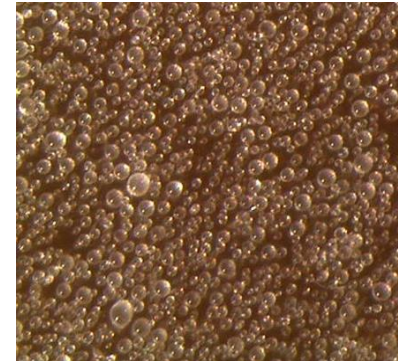
Kun home sai kasvaa rauhassa (kannella suljetussa maljassa), sen tuottamien toksisten nestepisaroiden volyymi ylitti rihmaston biomassan volyymin!



400  $\mu\text{m}$



200  $\mu\text{m}$

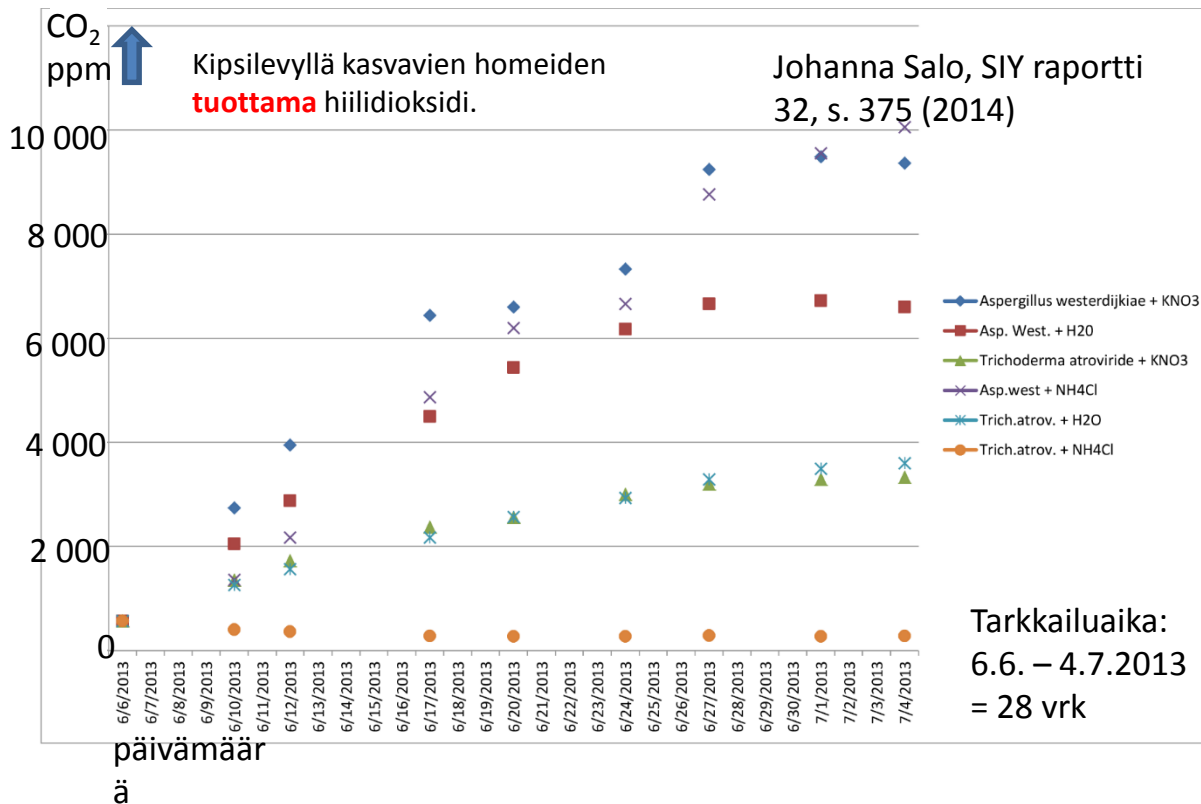


200  
 $\mu\text{m}$

Rauhallisia nestepisaroiden kasvupaikkoja voi muodostu rakennuksessakin kun rakenteissa on kosteuden ja hiilidioksidin poiskulkeutumista (tuulettumista) estäviä kerroksia (höyrynsulkuja, ilmasulkuja). Homeiden aineenvaihdunta tuottaa vesihöyryä ja hiilidioksidia kuten ihmisenkin, mutta toksiinintuottajahomeilla havaitsimme, että .....



Terveyshaittaisista suomalaisista sisätiloista eristetyt toksiset homeet, *Aspergillus westerdijkiae* ja *Trichoderma atroviride*, kasvavat kipsilevyllä tuottaen vesihöyryä, hiilidioksidia ja aineenvaihdunnan ekstroliitteja (mm. toksiineja)



Koejärjestely: teräskammio 12,5 l, tiivis lasikansi, kussakin kammiossa yksi 100 cm<sup>2</sup> pala kipsilevyä, kostutettu 25 ml:lla vettä, siirrostettiin sisäilmaongelmasta rakennuksista eristetyillä *Aspergillus westerdijkiae* tai *Trichoderma atroviride* viljelmillä (siirros kasvatettiin mallas-agarilla), typpiravinnetta (2% NH<sub>4</sub>Cl tai KNO<sub>3</sub> - vesiliuos) lisättiin tai ei lisätty. Kammion sisällä ilman RH 93%. Kammion sisällä CO<sub>2</sub> pitoisuutta monitoroitiin (alkupit. 570 ppm). Koekammion ilma palautettiin takaisin kammioon mittauksen aikana.

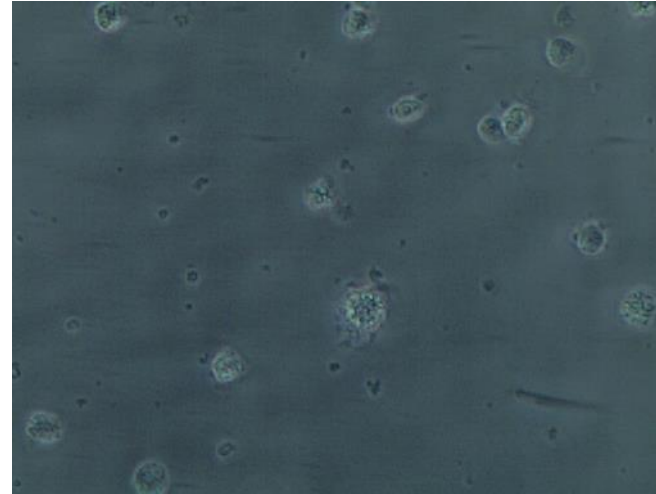
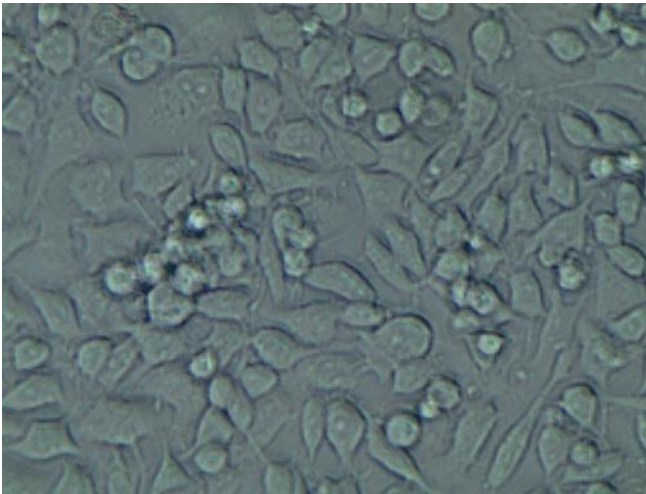
Lähde: Aalto Yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Johanna Salo, diplomityö, 2014



# Somaattisten solujen käyttö toksisuuden tutkimiseen: kasvun eston mittausta

Mikroskoopissa tarkasteltuna:  
sian munuaistubulusten epiteeli-  
solujen viljelmä: kasvustoa yhden  
solu-kerroksen paksuisena  
mattona mikrolevyn pohjassa.

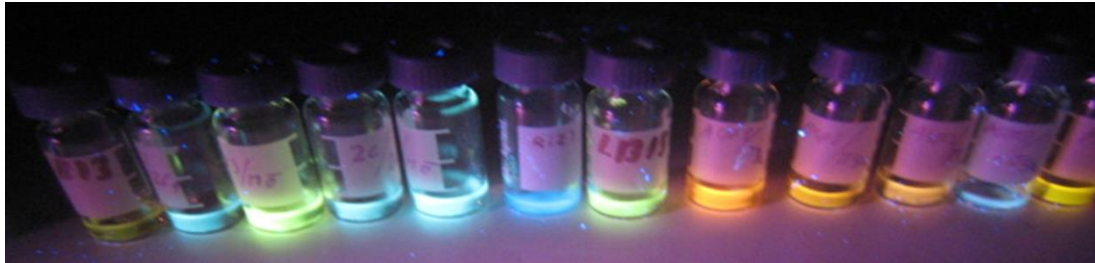
Toksiselle aineelle altistuminen  
näkyvät solutuhona: solumatosta on  
jäljellä vain muutamia soluja.



Toksisia ekstroliittivesikkelejä kerättiin talteen kustakin toksiseksi havaitusta home- ja bakteerikannasta (>300) . Homeiden emittoimat toksiset nesteet fluoresoivat 360 nm valossa:

Somaattisten solujen käyttö toksisuuden toteamiseen : kasvun /NADH:n pelkistykseen eston mittausta, indikaattorina resatsuriini:

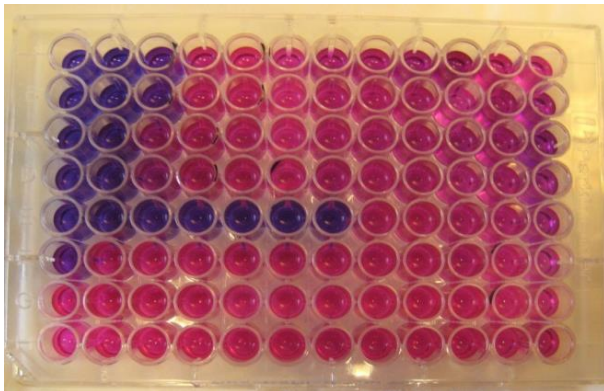
544 nm Ex  
590 nm Em



20 µl

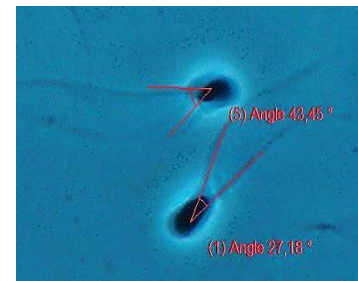
5 µl

Toksisuuden toteaminen siittiöiden uintiliikkeen pysäyttävän vaikutuksen toteamisella:

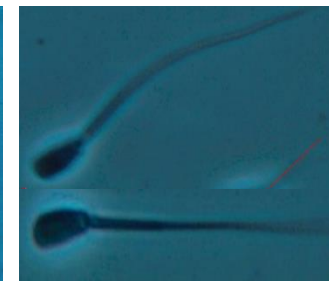


Sian munuaisen tubulusepiteelin soluja.

Elävät solut näkyvät punaisina, kuolleet sinisinä



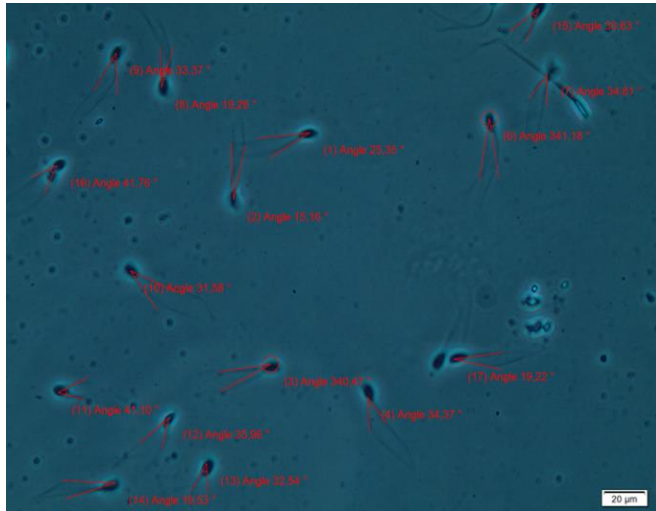
Liikkuvat siittiöt



Liikkumattomat siittiöt

*Salkinoja-Salonen Helsingin Yliopisto 20160817*

Liikkumiskykyisten solujen liikkeen pysähtyminen indikoi haitallista ympäristöä: normaalisti siittiöt **uivat** häntäänsä (flagellia) pyörittämällä. Keuhkojen limakalvoepiteelin pinnan kiliat **työntävät** pinnan limakerrosta poispäin (nieluun). Ne tekevät sen värekarvoja pyörittämällä.  
*Tuotantoeläinten siittiötä on kaupallisesti saatavilla. Sian siittiön häntärakenne muistuttaa läheisesti ihmisen siittiötä ja keuhkopinnan kilioita.*



Siittiön hännän pyörintäliike näkyy mikroskopiikuvassa ikään kuin sillä olisi kaksi häntää.

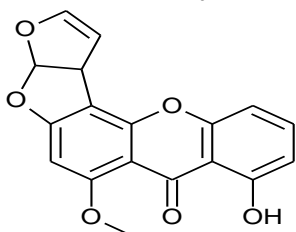
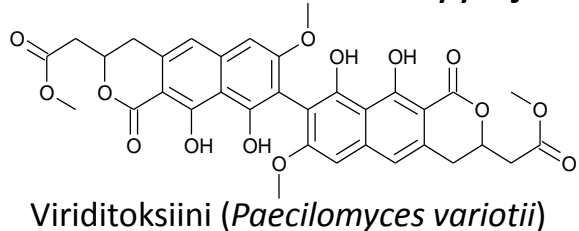


Liikkumasta lakanneet siittiöt: häntä ei pyöri. Häntä on oiennut suoraksi.

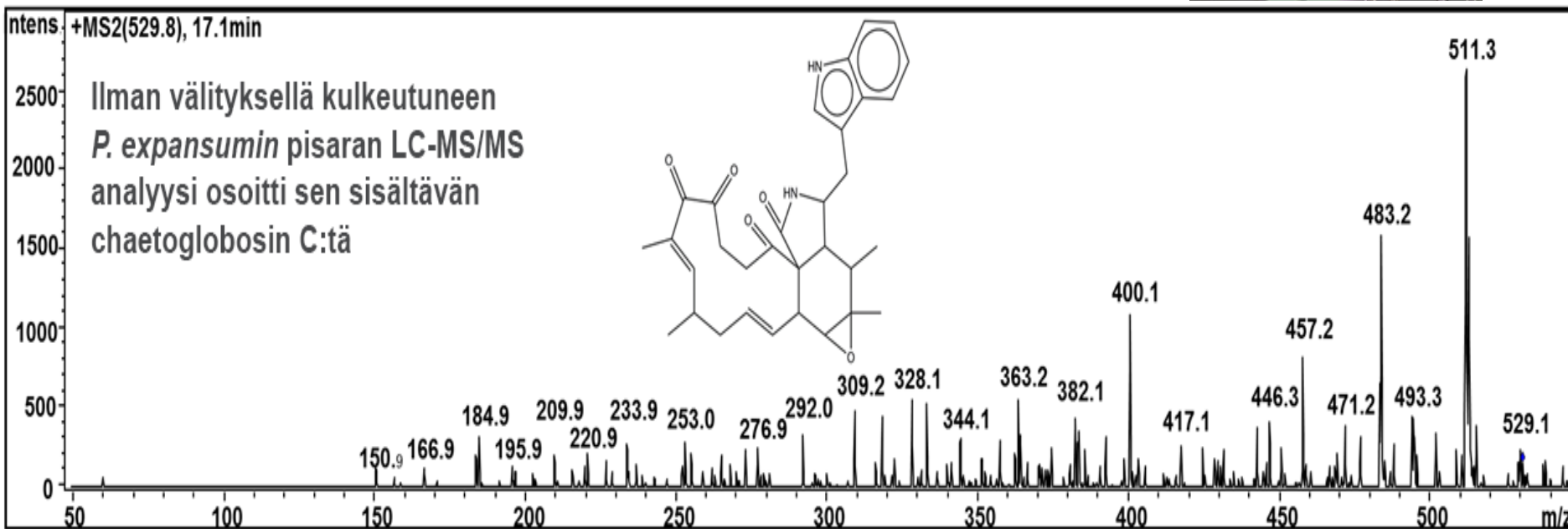
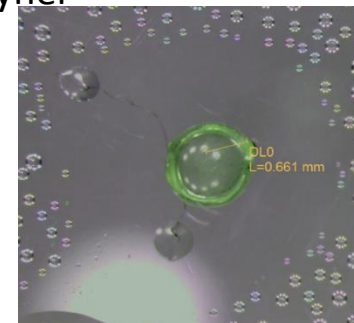


1. ”Toksiineja tuottavat **sisätilamikrobit erittävät ekstroliittinsa nesteinä (pisaroina) tai haihtuvina tuotteina (rikkipitoiset rikkivety ja mahd. muut kaasut); tai (semivolatile) olomuodossa**, eikä pelkästään hiukkasina (itiöinä).
2. Koneellisen ilmanvaihdon **turbulenssi tai lämpötilaerojen aiheuttama ilman konvektio irrottaa pinnoilta toksiinien täyttämiä nestepisaroita**, jotka turbulentissa ilmassa pirstoutuvat nanopisaroiksi sisäilmaan.
3. Hengitysilmaasta keuhkoihin saapuessa **nanopisarat sulautuvat hengityselinten limakalvojen pintoja peittävään limakerrokseen, kun taas :**
4. Hengitysepiteelin pinnalle kertyneet **hiukkaset (itiöt): keuhkoepiteelin kiliat (ripset) työntävät ne pois keuhkoista, nieluun, ruokatorveen ja sieltä ruuansulatuskanavaan, PAITSI JOS:** Ekstroliittien sisältämät mitokondriomyrkyt tai IV-kanavien tai huoneiden pinnoille levitetyt / suihkutetut kationiset biosidit lamauttavat ylähengitysteiden kilioitten toimintakyvyn.
5. **Nestepisaraille ja kaasuille kiliat eivät mahda mitään: pisarat imeytyvät nenän ja ylähengitysteiden limakalvolta keuhkopinnoille ja sieltä verenkiertoon,**
6. **Pisaroiden sisältämät toksiinit ja kemikaalit valuvat limakalvojen pintaa alaspäin, päätyen pieniin keuhkoputkiin (bronkiolit) ja sieltä keuhkorakkuloihin (alveoli).**
7. **Alveoliin päässeet haitta-aineet vaurioittavat keuhkojen hapenotto-toimintaa** (happi-hiilidioksidi vaihto). Solujen vaurioituessa käynnistyy inflammaatio jota seuraa keuhkorakkuloiden tai pienten keuhkoputkien arpikudostuminen ja tukkeentuminen: keuhkojen hapenottokyky heikkenee.
8. **Kaasumaisista mikrobituotteista rikkivety ja karbonyylisulfidi, sekä toksiset tai toksisiksi muuntuvat VOC aineet ( kuten 1-okten-3-oli) voivat olla merkittäväkin terveyshaittaoireiden aiheuttaja.**

Alla:  
toksiinimolekyylejä

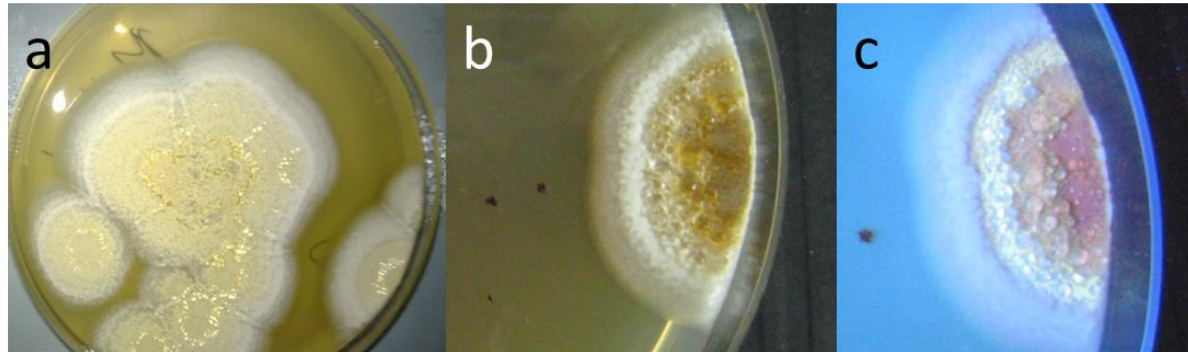
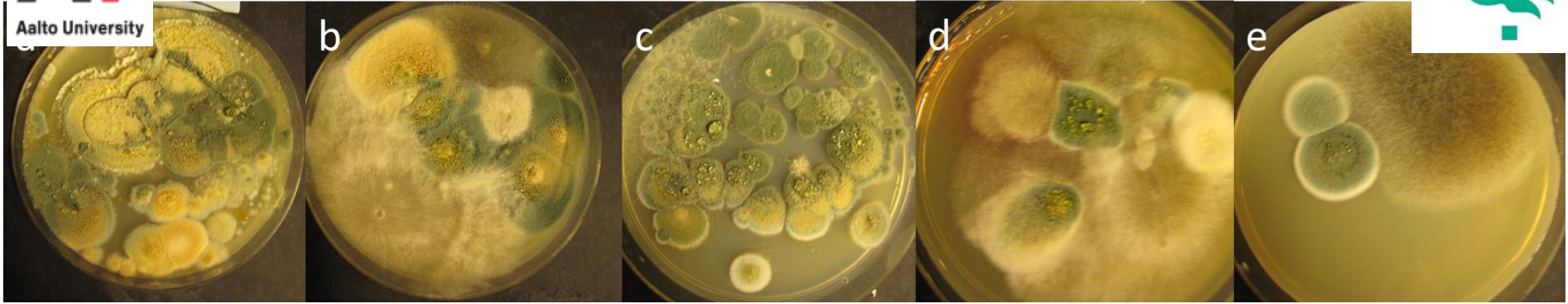


Oik.: Hylkimisreaktio petrimaljan sisäkanteen leijuneen, hydrofobisen *P. expansum* toksiinipisaran (660 nm vihr.) ja kanteen tiivistyneiden  $\varnothing$  50 nm vesipisaroiden välillä.



Raimo Mikkola, Maria A Andersson, Johanna Salo, Aalto Yliopisto

Lähde: Andersson M, Aattela E, Mikkola R, Atosuo Jm Lilius E.-M., Suominen E., Lehtinen S., Viljanen M., Salkinoja-Salonen M. 2016. Uusia sisäilman tutkimusmenetelmiä. Sisäilmayhdistys raportti SIY 34 , toim. Jorma Säteri & Mervi Ahola). pp. 295-300, SIY Sisäilmatieto Oy, Espoo



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 laskeumamalja viljelmiä koululuokista joita oli moneen otteeseen home-saneerattu. Henkilöstön ja lasten oireilu jatkui saneerauksista huolimatta. Viljelytulos oli melko sama maljoilla joissa oli tai ei ollut 2000 ppm booraksia tai boorihappoa (b,d); 500 ppm arseeni pentoksidia (a), tai PHMB (c) tai PHMG (e).



# Ovatko sisäilman rikkivetyypitoisuudet – vaikka mataliakin, terveyshaittaongelma?

Ulkoilman rikkivetyypitoisuus on yleensä 0,00011 – 0,000033 ppm, kaupungeissa alle 0,001 ppm.

Eri ihmisillä rikkivedyn haistamiskynnys vaihtelee: 0,0005 – 0,3 ppm

Yhdyskunta-tasolla on todettu, että MRL tason ylittävä rikkivetyypitoisuus liittyy hengitystieoireisiin, aineenvaihduntaoireisiin ja silmä- ja (lakrimaatio) nenäoireisiin (muu kuin flunssa).

## **Viranomaisraportti rikkivedyn haittavaikutuksista: TOXICOLOGICAL PROFILE FOR HYDROGEN SULFIDE**

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES

Public Health Service

Agency for Toxic Substances and Disease Registry; October 2014



## Rikkivedyn (vetysulfidin) mahdollisia muodostumispaikkoja rakennuksessa:

- Viemärikaivot ja kuivumaan päässeet hajulukot, viemärivuodot
- Kipsiä sisältävät, tuulettumattomat rakenteet: kipsilevyt, ruiskukipsi, kipsiä sisältävä tasote, betoni, josta kosteus ei pääse poistumaan (esim. höyrysulku-muovi, vinyylimatto, epoksi, hengittämättömät pinnotteet ja maalit).
- Maalla tai muovilla peitetyt jätekipsikasat rakennuksen vieressä tai alla.
- ULKOILMAN KAUTTA:
- Maatiloilla: liete- ja lantakaivoissa muodostuu rikkivetyä. Sitä voi ilmavirtausten mukana kulkeutua sisälle asuntoihin tai lähistön julkisiin tiloihin (koulut, päiväkodit)
- Täyttömaana käytetty kipsijäte tuottaa rikkivetyä jos se peitetään tiiviisti, esim. keinonurmella (Mänttä!)
- Kaatopaikkakaasut



## Properties of Hydrogen sulfide

Ominaisuus	lukuarvo
CAS numero	7783-06-4
Olomuoto huoneen lämmössä	kaasu
Molekyylikaava	H <sub>2</sub> S
Moolipaino, g/mol	34,08
Tiheys ilmaan verrattuna	1,2 (ilma = 1)
Tiheys g/ dm <sup>3</sup>	1,363
biologisen kalvon läpäisevyys (H <sub>2</sub> S)	0,5 cm s <sup>-1</sup>
Ulkoilman pitoisuus, µg/m <sup>3</sup>	< 7 <sup>3</sup>
Liukoisuus veteen, mg/l	3980
Höyrynpaine, kPa (21°C)	1740
Kiehumispiste, °C	-60
Sulamispiste, °C	-82
Vetysulfidi anionin, HS <sup>-</sup> , pK <sub>a</sub>	6,9
Sulfidi anionin, S <sup>2-</sup> , pK <sub>a</sub>	>14
<b>Haitallisia altistumisoireita pienillä pitoisuuksilla<sup>2</sup></b>	
Muuntokertoimet 20°C (höyry): 1 mg m <sup>-3</sup> = 0,7 ppm	1 ppm = 1,4 mg m <sup>-3</sup> 1 ppm = 1400 µg m <sup>-3</sup>
Krooninen sisätal- altistuminen, nenäoireet, ylähengitysteiden oireet	0,92 µg m <sup>-3</sup> (ka) 3,11 µg m <sup>-3</sup> (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 <sup>-3</sup>
Mädän kananmunan haju	0,02 – 0,13 ppm

## Kosteus ja rikkivety:

- Kipsin mikrobiologinen kon rikkivedyksi käynnistyy ha missa, kosteissa oloissa.
- Käynnistyttyään sulfaatinpelkistäjä- bakteerit tuottavat itse tarvitsemansa kosteuden. Rikkivedyn tuotto voi jatkua ilman ulkoista kosteuden-lähdettä.
- Rikkivety on ilmaa raskaampaa. Se voi jäädä leijumaan kuoppiin, kellareihin ym tai nousta ylös diffusiivisesti kylmemmistä tiloista lämpimiin.

Rikkivety on lämminveristen eliöiden, myös ihmisen solutoimintoja säätelevä välittäjä-aine (gasotransmitteri), joka säätelee mm. hermojen toimintaa ja mitokondrioiden hapenkulutusta. Ulkoinen vetysulfidi häiritsee elimistön normaalia toimintaa.



## Suomessa on hengitysilman rikkivetypitoisuudelle viitearvo: **lypsykarjalle** (Maa- ja metsätalous talousministeriö):



MMM asetus lypsykarjarakenusten vaatimuksista, asetus 8/2012 annettu 12 tammikuuta 2012

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120008>

Annettu Helsingissä 12 päivänä tammikuuta 2012

### **Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista**

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksen mukaisesti säädetään porotalouden ja luontaiselinkeinojen rahoituslain (45/2000) 7 §:n 2 momentin sekä maatalouden rakennetuista annetun lain (1476/2007) 13 §:n 4 momentin nojalla, sellaisena kuin niistä ensiksi mainitun lain 7 §:n 2 momentti on laissa 275/2004:

17 §

Eläintilan ilmanlaatu

Eläintilojen ilmanvaihtosuunnittelussa on otettava huomioon liitteen taulukon 7 mukaiset ilmanvaihdon enimmäis- ja vähimmäismäärät sekä ilmanvaihdon riittävyys myös kostealla ja helteisellä säällä. Eläimille haitallisten kaasujen ja epäpuhtauksien pitoisuudet eivät saa jatkuvasti ylittää seuraavia raja-arvoja:

a) hiilidioksidi 3 000 ppm;

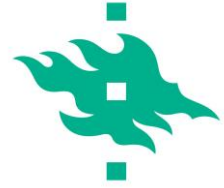
b) ammoniakki 10 ppm;

c) rikkivety 0,5 ppm ja

d) orgaaninen pöly 10 mg/m<sup>3</sup>

**Lehmiä suojellaan rikkivedyn terveyshaitoilta: viitearvo toistuvalla altistukseen on 0,5 ppm**

**Ihmisen asunnolle ei Suomessa ole asetettu rikkivety-viitearvoa. Ei myöskään päiväkodeille, kouluille, toimistoille... vaikka tiedetään, että terveydelle haitallisia pitoisuuksia niissäkin voi esiintyä (viemäriveruodot, kuivuneet vesilukot, kipsilevyt kostuvissa tiloissa): koulut, päiväkodit, toimistot.....**



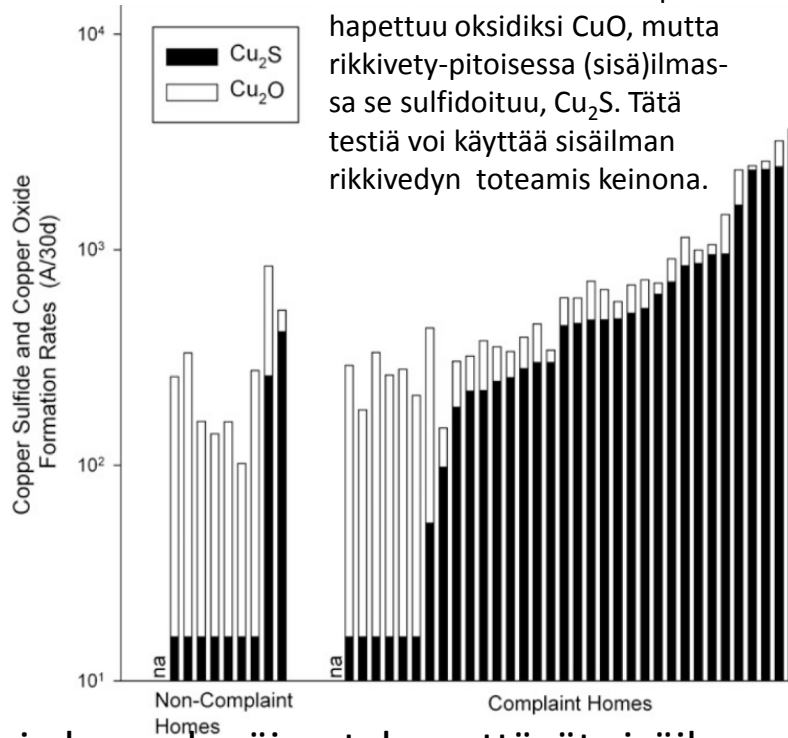
## Sisäilman rikkivedylle altistumisen terveyshaitat tiedetään tieteellisestä kirjallisuudesta:

- **Lasten terveyshaittaoireet kaksinkertaistuivat** kun sulfidikaasujen pitoisuus ympäristössä (sisällä ja ulkona) ylitti  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Päästölähde: selluteollisuuden päästö, ulkoilma ja sisäilma, Marttila ym,(1994) Env Res 66, 152-159:
- **Sisäilmaan liittyviä haittaoireita** valittaneiden (complaint) asuntojen sisäilman rikkivetypitoisuus oli korkeampi, LOD ( $0,5 - 0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) –  $3.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kuin verrokiasuntojen (non-complaint) Allen ym (2012) Sci Tot Env 426, 113-119 (tarkemmin slaidissa 28)
- **Spontaanien aborttien määrä** nousi altistuneilla naisilla ja altistuneiden miesten vaimoilla kaikissa sosiaaliryhmissä **asuntoalueella jossa ilman rikkivetypitoisuuden vuosikeskiarvo oli  $>4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verrattua alueeseen jossa vuosikeskiarvo oli  $< 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . (Päästölähde: viskoosiselluteollisuus). Tiedot kerättiin aluesairaalan vuoden 1975 rekisteristä. Lähde: Hemminki & Niemi (1982). Int Arch Occup Env Health, 51, 55-63.

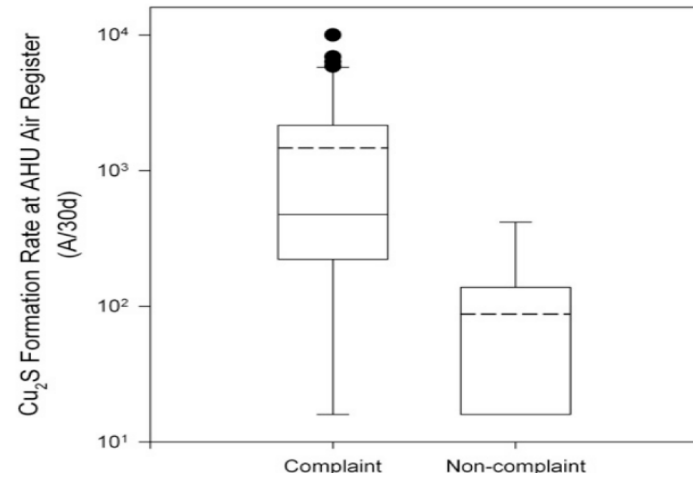
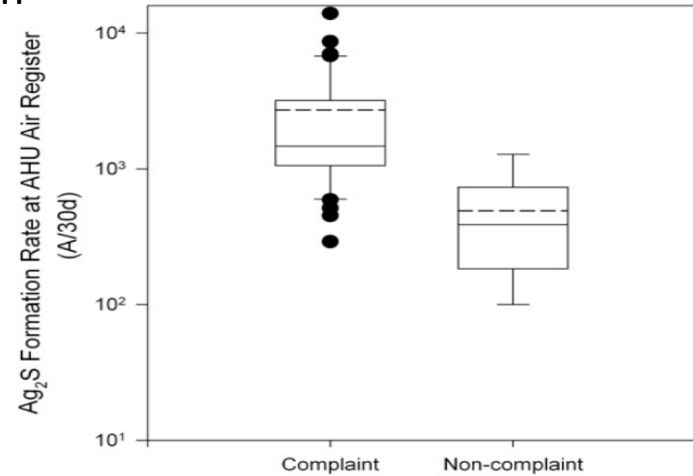
# Rikkipitoisten kaasujen (sulfidit) **pienetkin pitoisuudet liittyvät terveys haittaan:**



Tutkimus USAsta: Asuntojen sisäilmasta valittaneiden sisätilojen kaasumaisia sulfideja tutkittiin metallikeräimillä:



Kupari- ja hopeakeräimet kerryttävät sisäilma-  
valitus-asunnoissa enemmän sulfideja CuS,  
AgS, kuin asunnoista joiden sisäilmasta ei  
valitettu.



Lähde: Allen ym 2012 Science of the Total Environment 426, 11-119

**TANSKAN teknillisen yliopiston tutkijat osoittivat, että uutena ostetut rakennuskipsilevyt sisälsivät mykotoksiineja tuottavien homeiden kasvukykyisiä itiöitä. Ne lähtivät kasvamaan kun levy kostui.**

**Table 1** Type and origin (anonymized) of the gypsum wallboard panels used in this study

Panel no.	Type of wallboard	Brand	Outlet	Purchase date
1	Fire resistant	A	DTU <sup>a</sup>	14-01-2015
2	Fire resistant	A	DIY-1	20-01-2015
3	Fire resistant	B	DIY-2	17-03-2015
4	Moisture resistant	B	DIY-2	17-03-2015
5	Fire resistant spacer	A	DIY-1	23-03-2015
6	Fire resistant	A	DIY-3	30-04-2015
7	Moisture resistant	A	DIY-3	30-04-2015
8	Fire resistant	B	DIY-4	30-04-2015
9	Moisture resistant	B	DIY-4	30-04-2015
10	Fire resistant	A	DIY-1	13-07-2015
11	Regular	A	DIY-1	13-07-2015
12	Fire resistant spacer	A	DIY-1	13-07-2015
13	Fire resistant	B	DIY-2	13-07-2015

<sup>a</sup>Clean, unused surplus panel from a building site at the Technical University of Denmark.

Kahden valmistajan useat eri kipsilevytyypit sisälsivät samoja homeita.

## Pre-contamination of new gypsum wallboard with potentially harmful fungal species

### INDOOR AIR

doi:10.1111/ina.12298

**Abstract** Gypsum wallboard is a popular building material, but is also very frequently overgrown by *Stachybotrys chartarum* after severe and/or undetected water damage. The purpose of this study was to determine whether *Stachybotrys* and other fungi frequently isolated from wet gypsum wallboard are already present in the panels directly from the factory. Surface-disinfected gypsum disks were wetted with sterile water, sealed, and incubated for 70 days. The results showed that *Neosartorya hiratsukae* ( $\equiv$  *Aspergillus hiratsukae*) was the most dominant fungus on the gypsum wallboard followed by *Chaetomium globosum* and *Stachybotrys chartarum*. Our results suggest that these three fungal species are already embedded in the materials, presumably in the paper/carton layer surrounding the gypsum core, before the panels reach the retailers/building site.

**B. Andersen, I. Dosen,  
A. M. Lewinska, K. F. Nielsen**

Department of Systems Biology, Søtofts Plads,  
Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark

Key words: Drywall; *Chaetomium*; *Neosartorya*; *Stachybotrys*; Surface disinfection; Recycled paper/cardboard

B. Andersen  
Department of Systems Biology  
Søtofts Plads, Technical University of Denmark  
DK-2800 Kgs, Lyngby  
Denmark

# Populations of some molds in water-damaged homes may differ if the home was constructed with gypsum drywall compared to plaster

Stephen Vesper<sup>a,\*</sup>, Larry Wymer<sup>a</sup>, David Cox<sup>b</sup>, Gary Dewalt<sup>b</sup>

<sup>a</sup> National Exposure Research Laboratory (NERL), United States (US) Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, USA

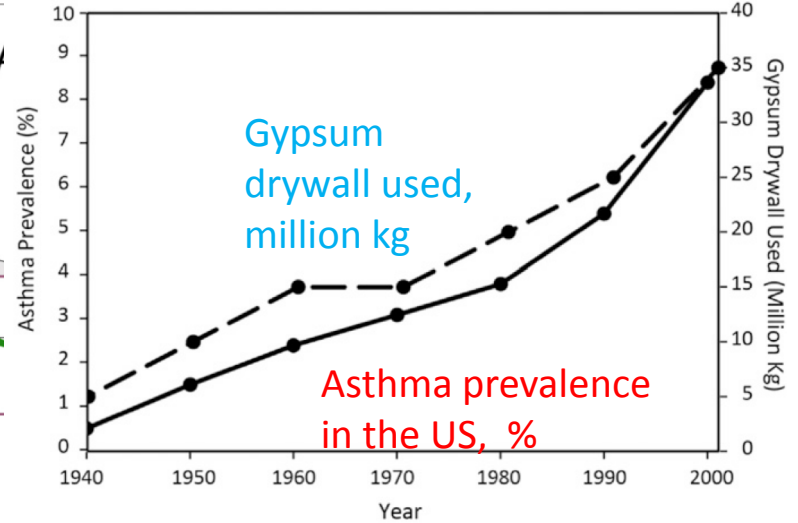
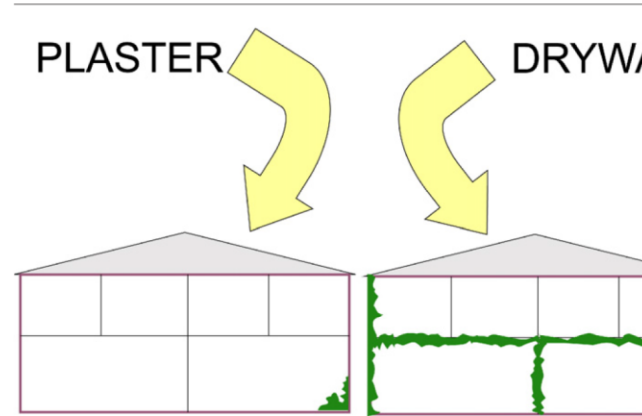
<sup>b</sup> QuanTech Inc., Arlington, VA, USA

## Science of the Total Environment 562 (2016) 446–450

### HIGHLIGHTS

- Mold exposure has been associated with asthma symptoms for many years.
- Gypsum drywall replaced plaster in U.S. home construction after World War II.
- Mold populations in the water-damaged homes changed with drywall's introduction.

### GRAPHICAL ABSTRACT



S. Vesper et al. / Science of the To

USAn ympäristöterveysviraston (EPA) tutkijat kiinnittivät äskettäin huomiota siihen, että rakennusten kipsilevyjen määrät korreloivat asukkaiden astmaisuteen...

### ABSTRACT

Starting in the 1940s, gypsum drywall began replacing plaster and lathe in the U.S. home construction industry. Our goal was to evaluate whether some mold populations differ in water-damaged homes primarily constructed with gypsum drywall compared to plaster. The dust samples from the 2006 Department of Housing and Urban Development's (HUD) American Health Homes Survey (AHHS) were the subject of this analysis. The concentrations of the 36 Environmental Relative Moldiness Index (ERMI) molds were compared in homes of different ages. The homes ( $n = 301$ ) were built between 1878 and 2005. Homes with ERMI values  $>5$  ( $n = 126$ ) were defined as water-damaged. Homes with ERMI values  $>5$  were divided in the years 1976 to 1977 into two groups, i.e., older ( $n = 61$ ) and newer ( $n = 65$ ). Newer water-damaged homes had significantly ( $p = 0.002$ ) higher mean ERMI values than older water-damaged homes, 11.18 and 8.86, respectively. The Group 1 molds *Aspergillus flavus*, *Ammophilus fumigatus*, *Aspergillus ochraceus*, *Cladosporium sphaerospermum* and *Trichoderma viride* were found in significantly higher concentrations in newer compared to older high-ERMI homes. Some mold populations in water-damaged homes may have changed after the introduction of gypsum drywall.

Urea-formaldehydi eristevahto oli osoittautui Kanadassa toksiineja tuottavien homeiden kasvualustaksi: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Stachybotrys chartarum*, *Paecilomyces variotii*, *Hormoconis resinae* ja jotkut *Penicillium* homeet:

## **Fungi associated with urea-formaldehyde foam insulation in Canada**

**Rakennusmateriaalit suosivat toksiineja tuottavia sisätilahomeita:**

John Bissett

*Biosystematics Research Centre, Central Experimental Farm, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0C6*

Key words: fungi, urea-formaldehyde, allergy, mycotoxins, volatiles

### **Abstract**

Sixty-eight fungal taxa were identified from samples of urea-formaldehyde foam insulation taken from Canadian residences. Mesophilic taxa were predominant, with *Penicillium* spp., *Trichoderma harzianum* and *Paecilomyces variotii* observed most frequently. Extensive or conspicuous growth also was seen for *Hormoconis resinae*, *Stachybotrys chartarum* and *Trichoderma viride* in some samples. The potential for these fungi to have contributed to the adverse health effects reported in some homes containing UF-foam insulation is discussed.



# Terveyshaittaisen sisäilman mitokondrio- ja immuunitoksisuus....

Mitokondriotoksiset ja/tai kalium homeostaasia häiriköivät mikrobitoksiinit voivat liittyä immuuni- ja neurotoksisuusoireisiin.

Martinon YM (2002) havaitsivat ensimmäisinä mitokondriotoksisuuden käynnistävän NLRP3 inflammasomin muodostuksen. NLRP3 on tärkeä reitti joka johtaa tulehdussytokiinien tuottoon. Se on kliinisesti tärkein inflammasomi, joka dysfunktio johtaa kroonisiin sairauksiin kuten tyypin 2 diabetes, lihavuus. IBD (inflammatory bowel disease), ateroskleroosi, kilpirauhasen vajaatoiminta, Alzheimerin tauti. (Hosseinian ym 2015, Leemans ym 2011, De Nardo y, 2014).

Vakavasti terveyshaittaisia suomalaisia rakennuksia tutkittaessa on usein löydetty mitokondriotoksiineja tuottavia homeita: *Penicillium expansum*, *Paecilomyces variotii*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Acremonium exuviarum*.





## Kaliumin dyshomeostaasia aiheuttavat mikrobitoksiinit ja niiden tuottajat:

Kaliumjonoforiset toksiinit aiheuttavat kaliumvuotoja lämminveristen, kuten ihmisen, kudoksissa ja soluissa. Kaliumjonoforeja tuottavat useat sisätilahaittaisista tiloista eristetyt gram positiiviset, itiölliset bakteerit. ”Tavallisten” ympäristöbakteerien kannat jotka on eristetty sisätilaongelmakohteista tai ruokamyrkytysnäytteistä on usein havaittu kaliumin dyshomeostaasia aiheuttavien toksiinien tuottajiksi :

**Kereulidia** tuottavat *Bacillus cereus* – kannat

**Fusarisidiinejä** tuottavat *Paenibacillus polymyxa* kannat

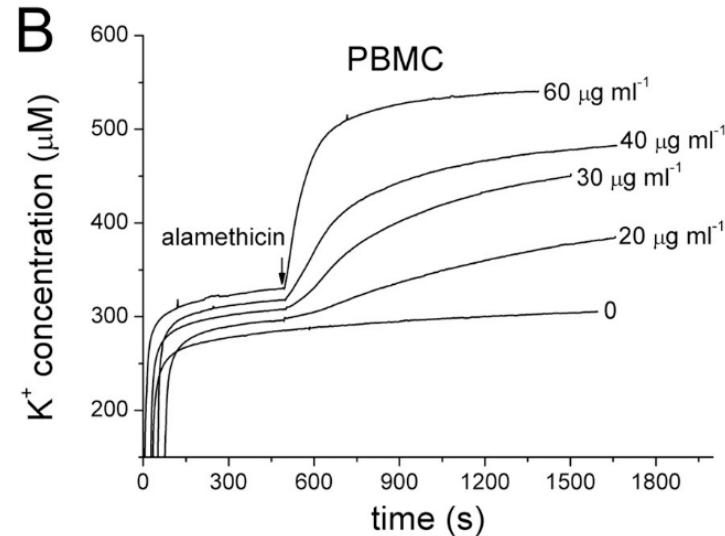
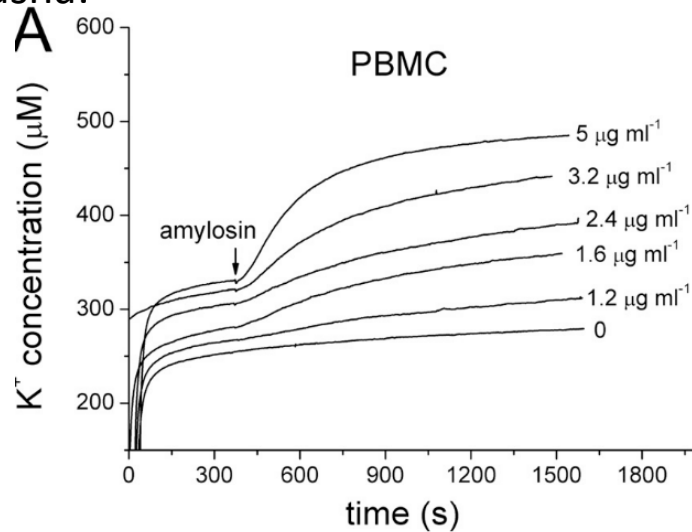
**Valinomysiiniä** tuottavien *Streptomyces* lajien kannat kuten *S. griseus*

**Amyloosiinia** tuottavat *Bacillus amyloliquefaciens* kannat (mahd. myös *B. subtilis*, *B. mojavensis*)

Jotkut näistä bakteereista ovat homeille antagonistisia eli estävät homeiden (kuten *Chaetomium*), jotkut (kuten *Streptomyces*) taas kasvavat homeiden seuralaisena ilmeisesti auttaen hometta kaliumin saannissa ja samalla nauttien homeen avusta selluloosan hajottamisessa sokereiksi. Bakteerien kasvu edellyttää suurempaa kosteutta kuin useimpien homeiden, ja niiden esiintyminen viittaa pitkäaikaiseen sisäilmaongelmaan.

Lähteitä mm. Helsingin yliopiston väitöskirjat: Maria Andersson (1999), Camelia Joanna Peltola (2001); Raimo Mikkola (2006); Jaakko Pakarinen (2008); Camelia Apetroaie-Constantin (2008); Ranad Shaheen (2010), Jaakko Ekman (2011); Stiina Rasimus-Sahari (2016)

Kaliumvuoto terveeseen donoriveren monosyyteistä (PBMC) alkoi heti kun amylosiinia oli läsnä:

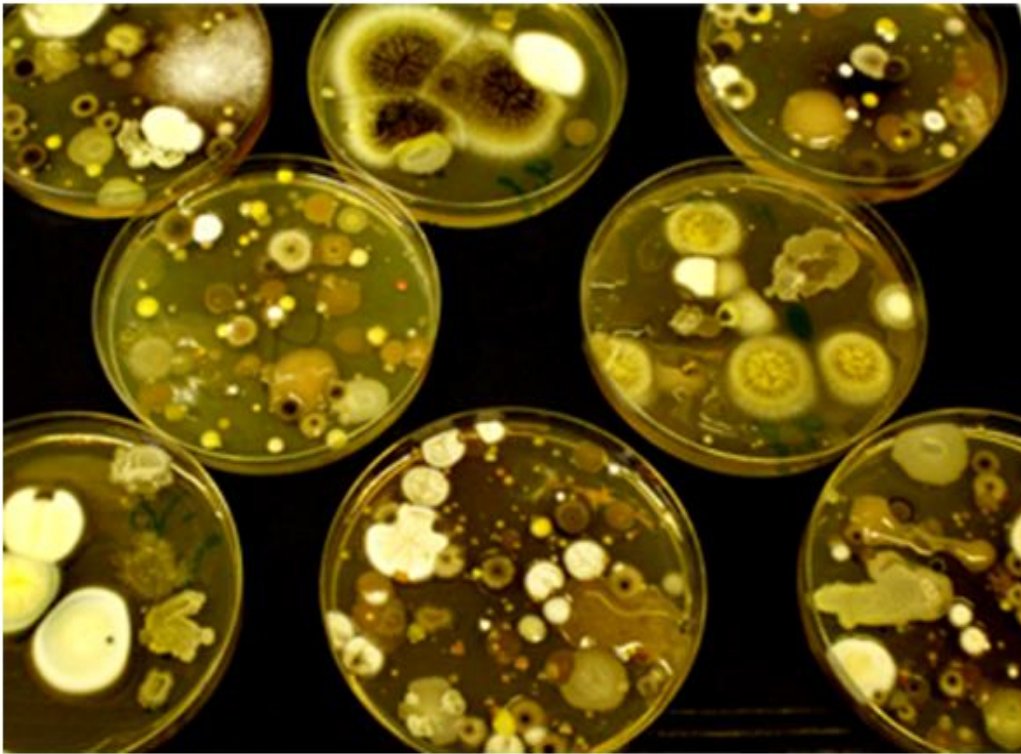


**Amylosiini** on itiöllisen sisäilmahaittaisissa rakennuksissa usein esiintyvän bakteerin, *Bacillus amyloliquefaciens*, tuottama rasvaliukoinen (log Kow = 3 – 4) peptidi, jonka vaikutus perustuu sen kykyyn tuottaa uhrisolun solukalvoon kalium- ja natriumjoneja läpäisevä kanava. Amylosiini pysäyttää siittiöt ultrapienellä annoksella: 0,1 femtogramma (=10 exp -16 grammaa) amylosiinia per siittiö riittää. Amylosiini vaikuttaa salamannopeasti: kaliumia alkaa vuotaa ihmisen monosyyteistä (=tuoreen veren PBMC) sekunneissa sen jälkeen kun ne saivat amylosiinikosketuksen, sama tapahtuu ihon keratinsyyteille (=luontaisen immuunijärjestelmän laajin toimija) ja siittiöille.

Lähde:

Stiina Rasimus-Sahari, väitöskirja "Effects of Microbial Mitochondriotoxins from Food and Indoor Air on mammalian cells", Helsingin Yliopisto, 2016, <http://ethesis.helsinki.fi>

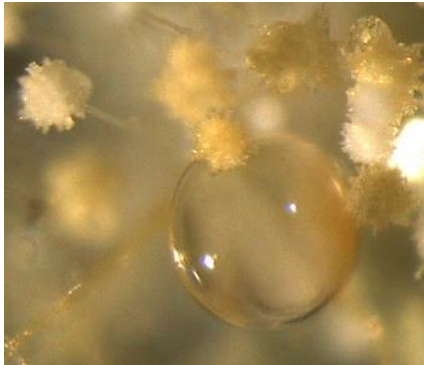
**Terveyshaitan ilmeneminen edellyttää kontaktia mikrobin tai sen tuotteen kontaktia ihmisen elimistön johon osaan. Miten rakennuksessa esiintyvien mikrobikasvustojen toksinit kulkeutuvat ihmiseen?**



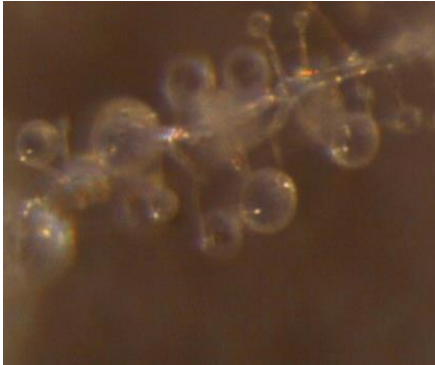
Tutkimme yli 300 sisätilasta tai rakennusmateriaalista eristetyin mikrobien kykyjä tuottaa myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita.

Maria Andersson & Salkinoja-Salonen  
Helsingin Yliopisto 20160817

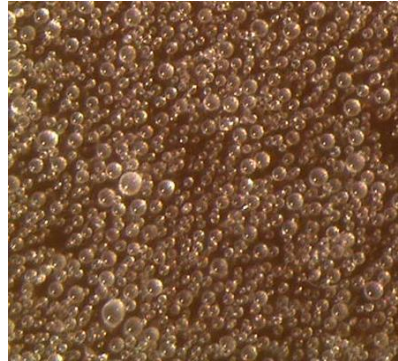
Kun home sai kasvaa rauhassa, sen tuottamien toksisten nestepisaroiden volyyymi ylitti rihmaston biomassan volyymin!



400  $\mu\text{m}$



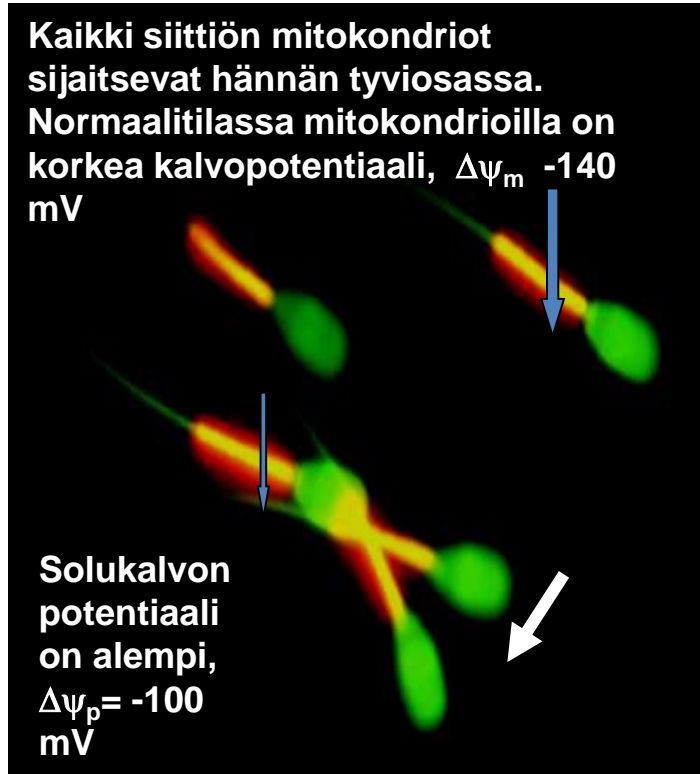
200  $\mu\text{m}$



200  $\mu\text{m}$

Rauhallisia kasvupaikkoja muodostuu kun rakenteissa on kosteuden ja hiilidioksidin poiskulkeutumista (tuulettumista) estäviä kerroksia. Homeiden aineenvaihdunta tuottaa vesihöyryä ja hiilidioksidia kuten ihmisenkin.

# Mitokondriotoksisuuden toteaminen tutkimusvälineenä kalvopotentiaaliresponsiivinen fluorogeeni: JC-1

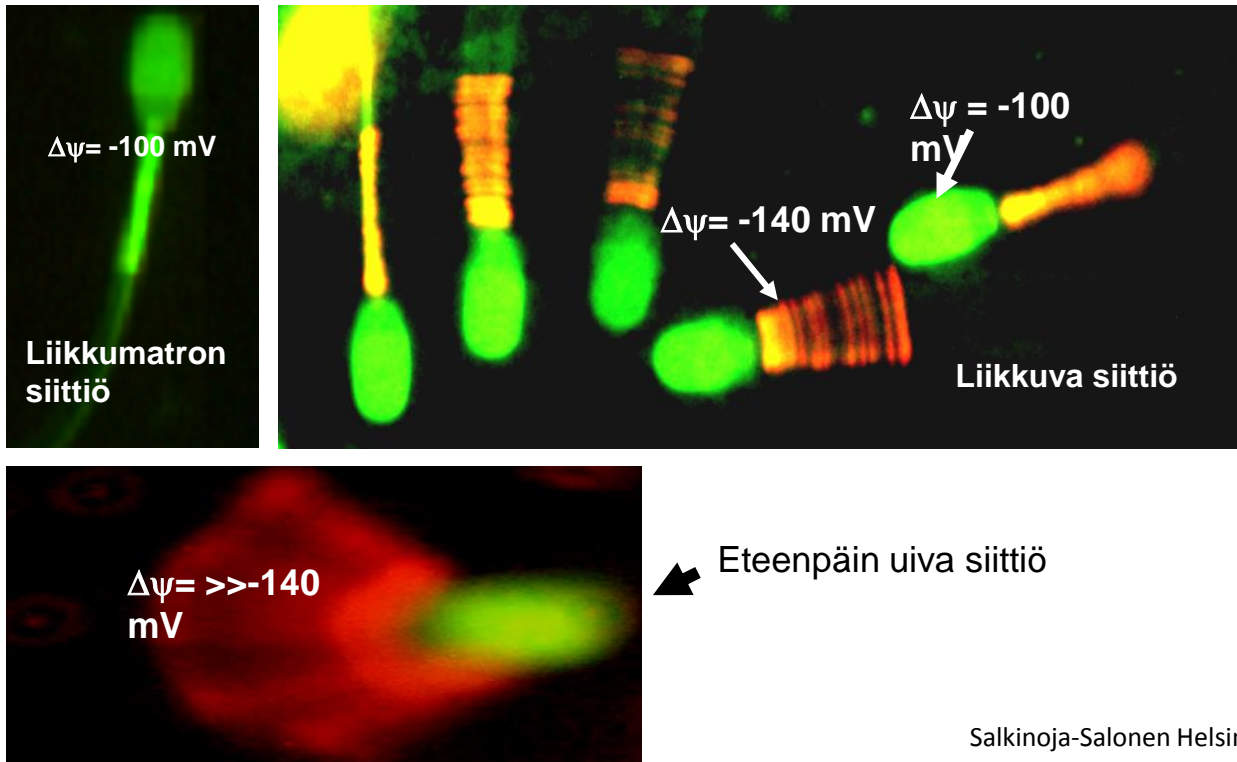


**JC-1 väriaine emittoi eri väristä fluoresenssia, kalvopotentiaalista riippuen:**  
**Oranssi  $\Delta\psi = -180$  mV,**  
**Keltainen  $\Delta\psi = -140$  mV,**  
**Vihreä  $\Delta\psi = -100$  mV,**



Salkinoja-Salonen Helsingin Yliopisto 20160817

Siittiöiden uintikyky riippuu mitokondrioiden tuottamasta energiasta. Mitokondrion energiatase näkyy kalvopotentialina,  $\Delta\psi$ :



Salkinoja-Salonen Helsingin Yliopisto 20160817



# Terveyshaittaisen sisäilman mitokondrio- ja immuunitoksisuus

Mitokondriotoksiset ja/tai kalium homeostaasia häiriköivät mikrobitoroksiinit liittyvät immuuni- ja neurotoksisuusoireisiin.

Martinon ym.(2002) havaitsivat ensimmäisinä että mitokondriotoksisuus käynnistää NLRP3 inflammasomin muodostuksen. NLRP3 on tärkeä reitti joka johtaa tulehdussytokiinien tuottoon. Se on kliinisesti tärkein inflammasomi, jonka dysfunktio johtaa kroonisiin sairauksiin kuten tyypin 2 diabetes, lihavuus, IBD (inflammatory bowel disease), ateroskleroosi, kilpirauhasen vajaatoiminta, Alzheimerin tauti. (Hosseinian ym 2015, Leemans ym 2011, De Nardo y, 2014).

Mitokondriotoksiineja tuottavia yleisiä sisätilahomeita vakavasti suomalaisissa terveyshaitteisissa rakennuksissa ovat *Penicillium expansum*, *Paecilomyces variotii*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Acremonium exuviarum*.

# Mihin on päästy? Mitä jo tiedetään

Sisäilmaongelma johtuu todennäköisesti useammasta kuin yhdestä tekijästä:

1. Sisäilmaongelmaan voi liittyä useita eri *mikrobien tuottamia* mitokondriomyrkkyjä (kereulidi, valinomysiini, amylosiini, akreboli, trilingiinit...) ja /tai rakennus/siivous tuotteiden sisältämien kemikaalien vaikutuksia.
2. Jos lisäaltisteena on hiukkasia (kuten liikenne- tai muu pöly), mikrobiksiinit pahentavat lopputulemaa. Useiden sisäilmaongelmatalojen mikrobien/toksiinien, mm *Chaetomium sp* on osoitettu lamauttavan kilioiden kykyä kuljettaa hiukkaset pois hengitysteistä. Kiliostaattinen aine voi olla mikrobiksiini, biosidinen kemikaali tai mitokondriovaikuttainen lääkeaine (esimerkiksi ei-steroidinen tulehduslääke tai allergialääkitys).
3. Siivous- ja puhdistuskemikaalit lisäävät aerosolisoitumista. Kationiset puhdistus- (m.l. tekstiilien huuhteluaineet) ja desinfiointiaineet (PHMG, PHMB; DDAC, tert & kvat. ammonium yhdisteet) aerosolisoituvat, nekin joiden haihtuvuus on vähäinen. Ne vaurioittavat (etenkin suihkeina) hengitysepiteeliä ja silmiä.
4. Hengityselinten pienenkin, toistuvan solukalvovaurion seurauksena vapautuu solunsisäisiä komponentteja kuten ATP, seurauksena immuunisolujen aktivoituminen joka voi johtaa pienten keuhkoputkien arpeutumiseen. Varoittava esimerkki on kationisen desinfiointiaineen (polyguanidi PHMG) aiheuttamaksi v. 2011 osoitettu katastrofi. Sisäilmaan aerosolisoitunut PHMG aiheutti Koreassa satoja vakavia vammautumisia. Altistuneiden alle 4v- lasten kuolleisuus oli >60%. Kliiniset oireet olivat mm. toistuva kuumeilu, lopputulemana keuhkofibroosi. Mikrobiologiset tekijät oli poissuljettu perusteellisella tutkimuksella. Suomessakin käytettiin PHMG:tä sisätilojen taloudellisesti edulliseen ”saneeraukseen” 1990-luvulta alkaen. Kuluttajamyynnissä tekstiilien ja huonekalujen raikasteena se oli ainakin v. 2013 saakka. Nyt käytössä on samalla tavalla vaikuttava sisar-aine PHMB. **Lähteitä:** Lee ym (2012) Env Sci Technol 46:2498-2500; Kim ym (2014) Am J Resp Crit Care Med 189:48-56; Kim ym. (2014) Thorax 69: 703-708; Paek ym (2015) Ann Am Thorac Soc 12:1813-1821.



*Kiitos mielenkiinnosta!*

*Thank you for your attention!*

*Mirja & co*