

# **Sisäilmaongelmien terveyshaittojen arviointi pölynäytteiden perusteella**

(Työsuojelurahaston hanke 114151)

Loppuraportti

TURUN YLIOPISTO  
Biokemian laitos, Immunokemian laboratorio  
Janne Atosuo  
2016

ISBN 978-951-29-6388-1

## Sisällysluettelo

|   |    |
|---|----|
| Johdanto.....   | 2  |
| 1. Hanke .....  | 3  |
| 1.1 Hankkeen tulokset ja merkitys tulevaisuuden kannalta.....   | 3  |
| 1.2 Kehittämissideat, jotka syntyivät tämän hankkeen johtopäätöksinä ja joita työpaikat voivat hyödyntää työssään ..... | 4  |
| 2. Analyysisysteemi.....  | 4  |
| 2.1 Näytesysteemi.....  | 4  |
| 2.2 Bakteeripreparaatti .....   | 5  |
| 2.3 kohteiden toksisuuden ja tilankäyttäjien oireiden välinen yhteys .....  | 6  |
| 2.4 Biomonitorointi .....   | 7  |
| 3. Tutkimusryhmä ja tutkimusyhteistyö .....   | 7  |
| 4. Julkaisutoiminta .....   | 8  |
| 4.1 Väitöskirja.....  | 8  |
| 4.2 Luennot .....   | 8  |
| 4.2 Julkaisut .....   | 8  |
| 4.3 Linkkejä ja viitteitä tutkimushankkeesta kirjoitettuihin lehtijuttuihin.....  | 9  |
| Viitteet .....  | 10 |
| Liitteet .....  | 11 |

## Johdanto

Sisäilman vaurioituminen tai siihen liittyvät epäilyt ovat suuri kansantaloudellinen ongelma suomalaisessa työelämässä, ja tämän kannalta tutkimushanke on ollut merkittävä (1,2,3,4). Kehitettävällä kokonaisuudella voidaan nopeasti todentaa mahdolliset työpaikkojen sisäilmaongelmat ja saada varmuutta siihen ovatko mahdolliset oireet sisäilman tai kenties jonkun muun tekijän aiheuttamia. Sisäilman laatua heikentäviä altisteita ovat riittämättömän ilmanvaihdon ohella kosteusvauriomikrobit ja materiaalipäästöt ja niiden erilaiset partikkelit (5). Toistaiseksi ei ole varmuudella pystytty osoittamaan mikä komponentti altistumiskokonaisuudessa on oireilun takana. Epäpuhtauksia on kaasufaasissa, hiukkasissa ja lisäksi tietyt fysikaaliset tekijät kuten liian korkea lämpötila, matala suhteellinen kosteus ja eristevillakuidut saattavat aiheuttaa rakennuksen käyttäjälle epämukavuutta ja oireilua (1).

Sisäilman toksiinien vaikutusta terveyteen on arvioitu monella tavalla. Luotettavien, edullisten ja toistettavien testimenetelmien ja näytteenkeräysmenetelmien löytäminen on osoittautunut vaikeaksi. Biologisten vasteiden mittaaminen on olennaista, koska kemiallinen analytiikka ei paljasta kokonaisvaikutusta ja viljelyyn perustuva mikrobien tunnistus ei sinällään osoita kasvuston toksisuutta. Riskinarviointiin tarvitaan tieto sekä mikrobien lajistosta että ilmassa leijuneen pölyn toksisuudesta. Osa mikrobeista on potentiaalisesti toksineja tuottavia. Kuolevista mikrobeista vapautuvilla pienhiukkasilla, pölyyn sitoutuneilla toksineilla, myko- ja endotoksiinilla ja kitiinillä on kokonaisriskinarvioinnissa enemmän merkitystä kuin elinkykyisillä mikrobeilla (6). Homesienten pintarakenteiden entsyymien tai pölyn toksisuuden mittaamista ei rutiininomaisesti tehdä, vaikka eri kosteusvauriomikrobien solutoksisuus on osoitettu lukuisissa tutkimuksissa sekä Suomessa että ulkomailla (7, 8, 9). Toksiineille ja endotoksiineille ei ole vielä olemassa viranomaisten asettamia viitearvoja (10). Tutkimusta tarvitaan, jotta eri mittausmenetelmien käytölle voidaan antaa viranomaisohjeet ja viitearvot.

Hankkeemme tarkoituksena oli edelleen kehittää luotettava ja helppokäyttöinen analyysi- ja näytekeraäysmenetelmä huonepölyn kokonaistoksisuuden mittaamiseen mm. kosteus- ja homevauriokohteista. Tähtäimenä oli viedä loppuun jo aloitettu tutkimus ja validoida testimenetelmä viralliseksi toksisuusanalyysiksi. Tähänastisissa tutkimuksissa tutkimusryhmämme *E. coli*-lux – määritysmenetelmä (11, 12, 13, 14) on osoittautunut kvalitatiiviseksi ja luotettavaksi kokonaistoksisuuden indikaattoriksi, joka korreloi myös tilankäyttäjien mahdollisten oireiden kanssa. Menetelmän validointi ja laatujärjestelmän rakentaminen mahdollistavat testin käytön virallisena kokonaistoksisuusmittarina.

Kosteusvauriomikrobien ja uusien rakennusmateriaalien emissioiden lisäksi pölyyn sitoutuneiden desinfektioaineiden jäämät ja reaktiotuotteet saattavat aiheuttaa ja ylläpitää tulehdusta (inflammaatiota) ja ärsytytystä hengitysteissä ja iholla (2, 15 - 25). Mikrobien terveysmerkityksen arviointi ongelmakohteissa on perinteisesti perustunut elinkykyisten itiöiden kokonaismäärään, eikä sisäilma-altisteiden kokonaisriskin arviointiin. Elinkykyisten mikrobien merkitys saattaa olla aiemmin arvioitua vähäisempi (6), koska ilmasta ja pinnoilta mitatun pölyn mikrobien pintaentsyymien ja toksisuuden mittaaminen korreloi pilottitutkimusten mukaan oireiluun paremmin kuin elinkykyisten itiöiden pitoisuus. Lisäksi lajistolla on terveysriskin arvioinnissa suuri merkitys, koska osa mikrobeista on toksisia, osa allergisoivia ja inflammaatiota aiheuttavia ja osa terveyden kannalta yhdentekeviä tai jopa hyödyllisiä. Tutkimusten mukaan korjattujen kohteiden viljelty mikrobipitoisuus on usein matala, mutta oireilu usein kuitenkin jatkuu ja tämän on tulkittu johtuvan psyykkisistä syistä. Kognitiivisella psykoterapialla ei ole kuitenkaan pystytty vähentämään ihmisten oireilua (18).

Kosteusvauriorakennuksissa esiintyy sekä mikrobiologisia että kemiallisia altisteita. Näiden ja oireiden väliset yhteydet tunnetaan vielä puutteellisesti (26). Osassa kohteista oireilu viittaa toksisuuden esiintymiseen (27, 28, 29). Toksisuusmittauksia ei ole vielä virallisesti hyväksytty kosteusvaurioihin liittyvien mikrobihaittojen riskinarviointiin ja tämän tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli selvittää korreloiko laskeutuneen pölyn kokonaistoksisuus tilankäyttäjien mahdollisiin oireisiin ja rakennuksesta tehtyihin mikrobiaksvatuksiin. Tutkimus jatkuu ja varsinkin tilankäyttäjien oireilun ja immunologisten parametrien mittaaminen (biomonitorointi) tulee tarjoamaan mahdollisuuden nopeaan altisteen havainnointiin. Uutena vasteenmittausmenetelmänä projektissa testattiin Turun yliopiston Biokemian

laitoksella jo pitkään tutkittujen neutrofiilien (30 - 38) käyttöä elimistön immuunipuolustuksen ja tulehdustilan mittarina.

Toksisuusmittausten ja tilankäyttäjien terveystarkastusten ohella biomonitorointitestit tulevat tarjoamaan lisäarvoa sisäilmaongelmien havainnointiin.

## 1. Hanke

Hankkeen tärkeänä päämääränä oli näyteanalyysimenetelmän laatukäsikirjan laatiminen Immunokemian laboratorioon sekä laboratoriomenetelmien muokkaaminen Suomen Standardisoimisliiton hyväksymän standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 (TESTAUS- JA KALIBROINTILABORATORIOIDEN PÄTEVYYDEN YLEISET VAATIMUKSET) mukaiseksi. Laatujärjestelmää rakentamaan saatiin Turun yliopiston lautapäällikkö Dos. Linnea Linko, joka kymmenien vuosien kokemus vei projektia harppauksin eteenpäin. Etuna oli myös se, että hän on ollut mukana rakentamassa koko Turun yliopiston laatujärjestelmää.

Sisäisiä auditointeja, joilla laboratorion laatukäsikirja tarkastetaan toimivaksi ja luotettavaksi palvelemaan tarkoitustaan, suoritettiin kesän ja syksyn aikana 6 kpl. Ensimmäinen sisäinen tapahtui 25.6.2015, jolloin laatukäsikirja saatiin käyttökelpoiseen muotoon. Varsinainen loppuauditointi tapahtuu FINASin toimesta helmikuun 2016 alussa, eli varsinaisen projektin puitteissa (loppuu 31.12.2015) työtä ei saatu lopulliseen päätökseen. *E. coli*-lux bakteerin käyttöön perustuvan sisäilman kokonaistoksisuusmittausmenetelmän laatujärjestelmä saatiin kuitenkin valmiiksi ja ainoastaan sen lopullinen hyväksyntä venyi vuoden 2016 puolelle.

Loppuraortin liitteenä laatukäsikirjaan kuuluvat dokumentit: näytteenotto-ohje sekä tulosten raportointiin käytettävä lomake.

Kokonaistoksisuusmittausten lisäksi vuoden 2015 syksyllä aloitettiin vauriokohteiden tilankäyttäjien bimonitointimenetelmien, eli immunologisten vasteiden tutkimuksen kehittämiseen, jo olemassa olevilla menetelmillä. Professori Tuula Putuksen kanssa tehdyssä yhteistyöprojektissa pystyttiin myös vertaamaan kokonaistoksisuusmittausten tuloksia tilankäyttäjien terveystarkastusten tuomaan terveystietoon. Toksisuutta mittaavia markkereita kehitettäessä niitä tulee verrata vakiintuneessa käytössä oleviin muihin menetelmiin sekä tilojen käyttäjien terveystietoihin (oireet, immunologiset vasteet). Täten saadaan vähitellen luoduksi terveystietoon viitearvoja.

### 1.1 Hankkeen tulokset ja merkitys tulevaisuuden kannalta.

- Mittaussysteemin laatujärjestelmän rakennus valmiiksi laatukäsikirjaksi mahdollistaa menetelmän virallistamisen hyväksytyksi sisäilman kokonaistoksisuuden mittausjärjestelmäksi.
- *E. coli*-lux kokonaistoksisuuden korrelaatio tilankäyttäjien oireiden ja löydettyjen mikrobikantojen kanssa merkitsee luotettavaa ja nopeaa testijärjestelmää ongelmien havainnointiin.
- Pölynäytteiden lisäksi ilmasta kondensoidun veden tutkiminen tarjoaa syvällisempää tietoa tutkittavan tilan ongelmista, laadusta ja historiasta.
- Luotettavat altisteita mittaavat biomonitorointimenetelmät palvelevat sekä itse sisäilmanvaurion analyysiä, hoitoa, korjaussuunnittelua ja rakennusten korjattavuuden arviointia. Aiempiä edullisempia ja nopeampia mittarit ovat tarpeen terveystaloudellisista ja yhteiskunnallisista syistä.

## 1.2 Kehittämisideat, jotka syntyivät tämän hankkeen johtopäätöksinä ja joita työpaikat voivat hyödyntää työssään

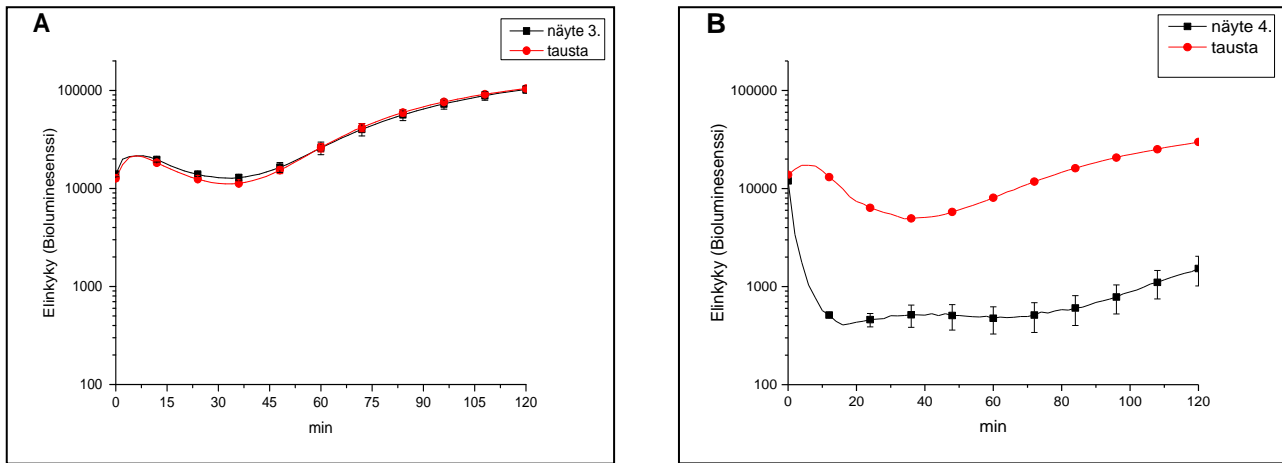
Kunta-alan ja yksityisten työnantajien työntekijät altistuvat huonolaatuiselle sisäilmalle. Tästä aiheutuu kustannuksia terveyshaittojen vuoksi, mutta myös riittämättömistä ja virheellisellä tavalla suoritetuista korjauksista aiheutuu turhia kustannuksia sekä työnantajille, työntekijöille että yhteiskunnalle. Oikeat rakennetekniset ratkaisut, luotettavat, tutkimukseen perustuvat viranomaisohjeet ja luotettavat lääketieteelliset mittausten menetelmät helpottavat kaikkien sisäilmaongelmia hoitavien työtä ja parantavat merkittävästi työolosuhteita. Samalla rakennusten arvo säilyy ja paranee ja toimivista ratkaisuista on mahdollista tehdä myös vientituotteita, jotka parantavat kansantaloutta. Sisäilmaongelmat ovat kansainvälisiä ja muissa maissa osoitetaan suurta kiinnostusta suomalaista laadukasta sisäilmatutkimusta kohtaan. Suomalainen tietotaito rakentamisen ja korjausrakentamisen ratkaisuista on tunnetusti korkealla tasolla. Samoin sisäilmatutkimus on ollut vuosikymmenien ajan kansainvälistä kärkeä. Uusissa hankkeen synnyttämässä ratkaisussa ja menetelmissä olisi potentiaalia aiempaa vielä suurempaan menestykseen ja vaikuttavuuteen kuin tähän asti on saavutettu. Edellytyksenä on poikkitieteellisen tutkimuksen mahdollistaminen, innovaatioiden soveltaminen ja turvallisten työolosuhteiden varmistaminen objektiivisesti mitattavilla altisteen ja vasteenmittauksen menetelmillä. Parantamalla työolosuhteita kuntasektorin rakennuksissa, kouluissa, päiväkodeissa, sairaaloissa ja lukuisissa erilaisissa muissa työpaikoissa, voidaan työntekijöiden terveyden lisäksi samalla parantaa noin miljoonan lapsen ja nuoren elinympäristöä ja edesauttaa heidän pääsyään terveinä ja tuottavina suomalaiseen työelämään lähimmän 5-15 vuoden aikana. Kestävyysvajeen huomioon ottaen maallamme ei ole varaa antaa lasten ja nuorten sairastua olosuhteissa, joissa nykyiset työntekijät oireilevat, sairastavat ja menettävät työkykynsä ammattitautien ja muiden kroonisten sairauksien seurauksena. Innovatiivisia uusia ratkaisuja voidaan käyttää kansainvälisessä yhteistyössä ja niillä edistää suomalaisten yritysten toimintaa ja vientiä.

## 2. Analyysisysteemi

### 2.1 Näytesysteemi

Näytteiden analyysiä jatkettiin koko projektin ajan menetelmän kehittämiseksi ja laatujärjestelmän pystyttämiseksi. Yhteensä erilaisia kohteita on hankkeen aikana tutkittu 42 joista pölynäytteitä on analysoitu yhteensä 426 kpl. Näytteistä osan olemme saaneet yhteistyötahoiltamme (Professori Tuula Putus, Elisa Aattela Oy, ASTE ry, Iimalinja Oy, Sisäilmapalvelut Oy ja Claeris Oy) ja heidän hankkimistaan kohteista. Uutena yhteistyökumppanina on myös liettualaisen Professori Indre Butienen ryhmä Klaipedan yliopiston toksikologian tutkimusyksiköstä.

Osa näytteistä on kerätty uudella vesikondensaatiomenetelmällä (Elisa Aattela Oy), jossa varsinaisen pölynäytteen lisäksi kohteesta on kondensoitu keräyslaitteella ilman kosteutta vedeksi, tietyn ajanjakson kuluessa. Tulokset voidaan suhteuttaa siihen ilmatilavuuteen ( $m^3$ ) josta näyte on kondensoitu ja joka voidaan laskennallisesti selvittää kun tiedetään lämpötila ja keräysaika. On oletettu, että suoraan ilmasta tiivistetty näyte on luotettavampi ja edustavampi näyte kokonaistoksisuuden mittaukseen ja kertoo paremmin siitä mahdollisesta toksisuuskuormituksesta jolle tilankäyttäjät altistuu, kuin yksinkertainen pölynäyte. Vesikondensaation uskotaan kertovan sisäilman akuutista tilasta kun taas pölynäyte kroonisesta tilasta. Vesikondensaatio on toiminut odotusten mukaisesti (Kuva 1). Alussa sen käytettävyyttä testattiin laboratoriossa, jossa sen onnistui löytää ilmassa oleva myrkyllisyys sekä puhtaista toksiineista, mutta myös auki olleista homemaljoista.



Kuva1: **A:** Näytteessä 3 laboratorion 1 m<sup>3</sup> puhdistilasta tilasta kerättiin 1h ajan kondenssivettä metalliselle kylmäpinnalle. Vedestä testattiin toksisuus *E. coli*-lux menetelmällä. **B:** Samaan tilaan asetettiin seuraavassa testissä avoinna oleva *Penicillium expansum* malja, ja tilasta kerättiin 1h ajan kondenssivettä (Näyte 4.) metalliselle kylmäpinnalle. Näyte 4 oli selkeästi toksinen aiheuttaen koetinbakteerin elinkyvyn laskun.

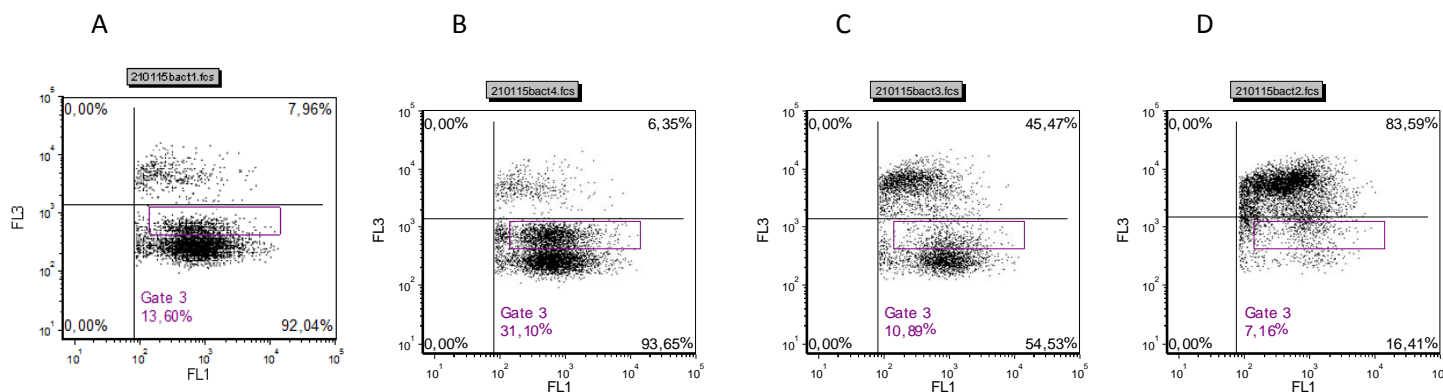
Syyskuusta 2015 olemme siirtyneet testaamaan rakennuksia Elisa Aattela Oy:n kanssa, joka on kerännyt uudella menetelmällään vesikondensaationäytteitä ympäri Suomea ja toimittanut ne laboratorioomme analysoitavaksi. Kohteita on yhteensä 32 kappaletta, joista on analysoitu 108 näytettä. Menetelmä tunnistaa vauriokohteen ja olemme saaneet testeissämme samoja tuloksia, samoista kohteista, kuin siittiösoluilla tehdyillä toksisuuskokeilla (Professori Mirja Salkinoja-Salonen, Helsingin yliopisto). Lisätutkimukseen aiotaan panostaa jatkamalla yhteistyötä edelleen vuonna 2016.

## 2.2 Bakteeripreparaatti

Hankkeen aikana testattiin erilaisia vaihtoehtoja koetinbakteerin (*E. coli*-luxin) käyttöön. Lähtötilanteessa testauksessa käytettiin yksittäisiin putkiin syväjäädetyttä valmista, esikasvatettua preparaattia, joka ennen testiä sulatettiin ja pipetoitiin mittakuoppalevyn (96 kaivoinen) kaivoon, testattavien näytteiden joukkoon.

Menetelmä on toimiva ja melko yksinkertainenkin, mutta menetelmän kehityksen kannalta on tärkeää saada preparaatti ”pakattua” mahdollisen valmiiksi ja käyttökelpoiseksi. Alustavasti testattavia vaihtoehtoja oli kaksi, eli suora jäädytys mittauslevyn kaivoon tai preparaatin kylmäkuivaus, jolloin koko syväjäädetytysvaihe voitaisiin jättää pois.

Koetinbakteerin elävyyttä ja tappoa suoraan mittauslevyn kaivoihin syväjäädetyistä preparaateista testattiin uudella menetelmällä. Laboratorion uuden virtausytometrillä tehtiin propidium iodidilla (PI) ns. LIVE/DEAD-testi (ks. kuva 2) jossa selvitettiin onko bakteeripopulaatio, jonka valontuotto on laskenut taustasignaalin tasolle ja joka ei enää kasva bakteerimaljoilla todella kuollut, vai onko kysymyksessä ns. VBNC (viable but not culturable) tilassa, jossa sen aineenvaihdunta on laskenut mahdollisimman pieneksi, eikä sitä pystytä perinteisillä menetelmillä toteamaan. PI tarttuu kuolleen bakteerin DNAhan ja merkkää kuolleet solut. Toisena markkerina oli bakteerin tuottaman EGFP:n (enhanced green fluorescence protein) signaali. Stabiilina proteiinina EGFP pysyy fluoresoivana myös bakteerin kuoltua ja siksi myös juuri kuolleet solut ovat (kuvassa 2) EGFP positiivisia. Testi antoi lisävarmuutta hypoteesille, että *E. coli*-lux bakteerin emittoima bioluminesenssi on verrannollinen elävien ja tappokokeissa kuolleen solujen lukumäärän kanssa (12).



**Kuva 2:** Virtausytometrillä analysoitiin pakastetun *E. coli*-lux preparaatin elävyys eri polymyksiini B (homemyrkky, antibiootti) konsentraatioissa mittaamalla PI fluoresenssi kanavalla FL3 ja bakteerin tuottama GFP kanavalla FL1. Kuvassa A on mitattu pelkän bakteerin elinkyky ja pakkaspreparaatissa löytyi 8,0 % kuolleita, eli PI positiivisia (PI<sup>+</sup>) soluja. Polymyksiini B:n lisäys 30 ng/ml (kuva B) ei nostanut kuolleiden bakteerisolujen määrää, mutta mittauksessa erottui selvästi herkistynyt populaatio (Gate 3), joka oli siirtymässä PI<sup>+</sup> suuntaan. Tätä polymyksiini B:n määrää käytetään *E. coli*-lux menetelmässä bakteerin herkistykseen. Seuraavissa kuvissa esitetään polymyksiiniin B pitoisuuden kasvatuksen vaikutukset 60 ng/ml (kuva C) ja 100 ng/ml (kuva D), jotka selkeästi nostivat PI<sup>+</sup>, eli kuolleiden solujen osuutta järjestyksessä 45,5 % ja 83,3 %. Tämä data korreloi luminesenssimittauksissa saatujen tappoprosenttien kanssa samoille polymyksiini B pitoisuuksille.

Olemme myös saaneet lupaavampia tuloksia *E. coli*-lux koetinbakteerin kylmäkuivauskokeista. Ideana on saada koetin mittauslevylle niin, ettei sitä enää tarvitsisi syväjäädättää. Tähän mennessä tehdyissä kokeista on saatu huonoja tuloksia ja käytännössä se ei ole toiminut. Bakteripreparaatin elinkyky ja varsinkin valontuotto heikkeni kuivatusprosessissa niin alhaiseksi, ettei siltä ole pystytty enää käyttämään bioluminesenssiin perustuviin mittauksiin. Nyt uudella menetelmällä tehty koe osoitti, että kylmäkuivausta voidaan käyttää tulevaisuudessa preparaatin säilyttämiseen.

### 2.3 kohteiden toksisuuden ja tilankäyttäjien oireiden välinen yhteys

Käynnissä ollut yhteistyö analyysituloksien ja varsinkin tilankäyttäjien terveystietojen vertaamiseen toksisuusmittauksiin yhteisistä analyysikohteista InspectorSec Oy:n kanssa ei onnistunut, koska tehdyistä kohteista ei käyttäjien terveystietoja ollut käytettävissä.

Aloitimme hankkeen aikana yhteistyön Professori Tuula Putuksen (Ympäristö lääketiede, Turun yliopiston lääketieteellinen tiedekunta) kanssa. Yhteistyön kuluessa on testattu kohteiden toksisuuden ja tilankäyttäjien oireiden välistä yhteyttä. Analyysimenetelmän kehityksen kannalta tämä tieto on ollut arvokasta, koska tällöin toksisuusdataa voidaan selvittää uudella referenssitiedolla. Professori Putuksella on kymmenien vuosien kokemus varsinkin homeongelmaisten rakennusten tutkimuksesta.

Yhteistyö aloitettiin elokuussa 2015 keräämällä pölynäytteitä kolmesta isosta eteläsuomalaisesta työpaikkarakennuksesta, jotka olivat Professori Putuksen valitsemia ja joiden käyttäjille hän oli teettänyt vakiintuneen terveystutkimuksen. Terveystutkimus pohjautuu Tuohilampi ja Örebro kyselylomakkeisiin (39 - 40). Menetelmämme löysi sokkoutetulla tutkimuksella molemmat vauriokohteet (kaksi isoa paloasemaa), joista paljastui useita myrkyllisiä pölynäytteitä. Nämä kohteet oli julistettu vauriokohteiksi nimenomaan käyttäjien oireilujen takia. Referenssirakennukseksi oli valittu suuri toimistorakennus, jonka käyttäjien vähäinen oireilu viittasi terveeseen rakennukseen. Tästä rakennuksesta kerätyt pölynäytteet eivät osoittautuneet toksisiksi (sokkoutettu tutkimus).

Kohteiden toksisuuden ja tilankäyttäjien oireiden välinen korrelaatio vaikuttaa erittäin hyvältä ja kattavamman tutkimusmateriaalin saamiseksi yhteyttä tutkitaan jatkuvasti myös muissa uusissa kohteissa.



## 2.4 Biomonitorointi

Toteutettavat biomonitorointimenetelmät ja niihin käytettävät fasiliiteetit on muutamilta osiltaan saatu pystytettyä. Toksiusmittausten ohessa on kokeiltu kohteista immunologisten parametrien mittausta eli ns. biomonitorointia.

Ihmisen sormenpääverestä tehdyn toksisuusmittauksen käyttö referenssimittarina *E. coli*-lux menetelmälle on otettu laajalti käyttöön ja sillä on mitattu varsinkin kondenssivesinäytteiden toksisuutta. Eläinkokeissa homemyrkyille kroonisesti altistettujen rottien neutrofiilien aktiivisuus laski annosvasteisesti (37), joka indikoi mahdollisuutta käyttää neutrofiilejä systeemisten altistustilojen havaitsemiseen myös ihmiselle. Alustavat testaukset vaikuttivat lupaavilta ja niitä on tarkoitus jatkossakin käyttää ja kehittää.

Lisäksi suunnittelupöydällä on leukosyyttien pintareseptoreiden monitorointi, jossa selvitetään mahdollisten toksiiniantigeenien vaikutusta leukosyytteihin ja niiden pintareseptoriekspressioon ja neutrofiiliaktiivisuuteen. Testi tehdään sormenpääverinäytteestä ja analyysi tapahtui virtaussytometrillä sekä kemiluminesenssimittauksilla.

## 3. Tutkimusryhmä ja tutkimusyhteistyö

### Tutkimusryhmämme

**FT, Janne Atosuo**, Tutkija, Immunologi, biokemian laitos, Turun yliopisto:

Projektin johto, näytteiden toksisuuden analysointi, leukosyyttitestit potilasnäytteistä ja väitöskirjatyöntekijän (FM Eetu Suominen) ohjaus

**Dos. Esa-Matti Lilius**, Tutkija Emeritus, Immunologi, Biokemian laitos, Turun yliopisto:

Näytteiden toksisuuden analysointi, biokemiallisen analytiikan koordinointi

**FM Eetu Suominen**, Väitöskirjatyöntekijä, Biokemian laitos, Turun yliopisto:

Väitöskirjatutkimustyö, näytteiden toksisuuden

**Dos. Jari Nuutila**, Tutkija, Immunologi, Biokemian laitos, Turun yliopisto:

Väitöskirjatyöntekijöiden ohjaus, immunologisen ja biokemiallisen analytiikan vastuhenkilö

### Tutkimusyhteistyö

**Professori Tuula Putus**, Turun yliopisto, Lääketieteellinen tiedekunta, työterveyshuollon ja ympäristölääkätieteen oppiaine: Tilankäyttäjien terveystarkastus, väitöskirjatyöntekijän (FM Eetu Suominen) ohjaus

**Dos. Jussi Kantele**, mikrobiologian erikoislääkäri, tutkija, Turun yliopisto, Lääketieteellinen tiedekunta, työterveyshuollon ja ympäristölääkätieteen oppiaine: Immunologian ja mikrobiologian diagnostiikka

## 4. Julkaisutoiminta

### 4.1 Väitöskirja

Menetelmä on osa Janne Atosuo väitöskirjaa *Novel cellular luminescence probes for immunological and toxicological assessment*. Väitöskirja julkaistiin osana Turun yliopiston ANNALES UNIVERSITAS TURKUENSIS sarjaa ja siellä on mainittu Työsuojelurahaston osuus tutkimuksen tukemisessa. Väitös tarkastettiin ja hyväksyttiin Turun yliopistossa 15.5.2015.

Väitöskirja on ladattavissa Turun yliopiston linkistä:

<https://www.doria.fi/handle/10024/104429>

### 4.2 Luennot

Menetelmän kehitystä ja toimivuutta esiteltiin kahdessa seminaarissa kevään ja syksyn 2015 aikana, joihin tutkijoita kutsuttiin esitelmöimään.

*Janne Atosuo 19.5.2015* (Turku) Lääketieteellisen mykologian seura

**Novel cellular luminescence probes for immunological and toxicological assessment**

*Janne Atosuo 21.10.2015* (Tampere) Rakennusfysiikan seminaari

**Kosteus- ja homevauriokohteiden sisäilman toksisuuden arviointi pölynäytteistä**

### 4.2 Julkaisut

**Kosteus- ja homevauriokohteiden sisäilman toksisuuden arviointi pölynäytteistä**

*Janne Atosuo*

RAKENNUSFYSIKKA 2015 (seminarijulkaisu) S: 355-360

Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut 20. – 22.10.2015, Tampere

Tampereen teknillinen Yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka

Tampere 2015, ISBN 978-952-15-3580-2

Toksiusmnittausmenetelmästäme kirjoitetut kuusi abstraktia hyväksyttiin Belgian Ghentissä 3.-8.7 2016 järjestettävään kansainväliseen **INDOOR AIR 2016** kokoukseen.

(**THE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF INDOOR AIR QUALITY AND CLIMATE**)

Abstraktit numerjärjestyksessä:

**620 - Indoor air toxicity assesment using *E. coli*-lux**

*Eetu Suominen, Janne Atosuo, Esa-Matti Lilius*

**625 - Indoor air toxicity assessment from dust samples**

*Eetu Suominen, Janne Atosuo, Esa-Matti Lilius*

**785 - *E. coli*-lux test from settled dust as a new method in assessing toxicity in indoor air**

*Tuula Putus, Eetu Suominen, Janne Atosuo, Esa-Matti Lilius*

**829 - Assessing the indoor air toxicity from the condensed water**

*Janne Atosuo, Elisa Aattela, Eetu Suominen, Esa-Matti Lilius*

**831 - Indoor air toxicity assessments using neutrophils**

*Esa-Matti Lilius, Eetu Suominen, Janne Atosuo*

**833 - TiO<sub>2</sub> nanoparticles eliminate efficiently indoor air molds and bacteria**

*Esa-Matti Lilius, Eetu Suominen, Janne Atosuo*

Abstrakteista 829 ja 831 kirjoitettiin 6 -sivuiset artikkelit jotka tullaan julkaisemaan kokouksen kansainvälisessä julkaisussa. Nämä artikkelit tulevat olemaan osana FM Eetu Suomisen väitöskirjatyötä. Muista abstrakteista kirjoitettiin kaksisivuiset laajennetut abstraktit.

Seuraavat abstraktit on hyväksytty vuoden **2016 SIÄILMASTOSEMINAARIIN**:  
Näistä abstrakteista kirjoitettiin pidemmät artikkelit, jotka painetaan seminaarijulkaisuun.

***E. coli-lux menetelmä erottaa vauriokohteen terveestä rakennuksesta***

*Janne Atosuo, Eetu Suominen, Tuula Putus, Esa-Matti Lilius*

(Aiheesta pidetään suullinen esitelmä Sisäilmastoseminaarissa 16.3.2016)

**Uusia Tehokkaita sisäilman tutkimusmenetelmiä**

*Maria Andersson, Elisa Aattela, Johanna Salo, Raimo Mikkola, Janne Atosuo, Eetu Suominen, Esa-Matti Lilius, Mirja Salkinoja-Salonen, Matti Viljanen*

### 4.3 Linkkejä ja viitteitä tutkimushankkeesta kirjoitettuihin lehtijuttuihin

**Ittalehti:**

[http://www.iltalehti.fi/asuminen/2015050819649264\\_an.shtml](http://www.iltalehti.fi/asuminen/2015050819649264_an.shtml)

**Lääkärelehti:**

[http://www.laakarilehti.fi/uutinen.html?opcode=show/news\\_id=15802/type=1](http://www.laakarilehti.fi/uutinen.html?opcode=show/news_id=15802/type=1)

**Verkkosuutiset:**

[http://www.verkkosuutiset.fi/kotimaa/bakteeri\\_kosteusvaurio\\_homevaurio-35833](http://www.verkkosuutiset.fi/kotimaa/bakteeri_kosteusvaurio_homevaurio-35833)

**Tekniikka&talous:**

<http://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/tiede/suomalaiututkija+valjasti+taudinaiheuttajan+tunnistamaan+kosteus+ja+homevaurioita++koeelainten+tarve+vahenee/a1062284>

**Taloussanomat:**

<http://www.taloussanomat.fi/yrittaja/2015/05/08/suomessa-keksittiin-uusi-halpa-homemittari/20155855/137>

**Aamuset:**

<http://www.aamuset.fi/naista-puhutaan/tiedetutkimus/vaitos-bakteeri-auttaa-tunnistamaan-kosteus-ja-homevaurioita>

**Turun Sanomat**

<http://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/767868/Vaitos+Kolibakteeri+auttaa+tunnistamaan+homevaurioita>

**Rannikkoseutu**

<http://www.rannikkoseutu.fi/Uutiset/1194980475286/artikkeli/vaihteleva+janne+atosuo+todistaa+sisailman+myrkyllisyydet.html>

**Aurora (Turun Yliopiston sidosryhmälehti):** 2/2015 s:8, ISSN 1237-6752

**Luonnon Tutkija lehti:** 1/2015 s: 28, ISSN 0024-7383

**Tekniikan maailma:** 18E 2015 (30.9.2015) Tiedeuutiset s:103

**Ympäristö ja Terveys lehti:** 5/2015 Artikkelit s:62 – 66, ISSN 0358-3333

**Sienet ja Terveys (Lääketieteellisen mykologian seura ry:n tiedotuslehti):** 2/2015 s:8, ISSN 1456-3533

Janne Atosuo  
Turun Yliopisto  
Biokemian laitos  
Immunokemia

## Viitteet

1. Reijula ym.2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012. Espoo: Kopijyvä Oy.
2. Meklin ym. 2007, Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 9/2007.
3. Meklin ym. 2008, Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot. Opas ongelmien selvittämiseen. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 2/2008. s. 5.
4. Ruokojoki 2006. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto.
5. Asumisterveysohje, 2003, Asuntojen ja muiden oleskelutilojenfyysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät, STMn oppaita 2003
6. Andersson ym. 2010, Boar spermatozoa as a biosensor for detecting toxic substances in indoor dust and aerosols. *Toxicol. in Vitro.* 24:2041-2052.
7. Hirvonen ym.,1999, Nitric oxide and proinflammatory cytokines in nasal lavage fluid associated with symptoms and exposure to moldy building microbes. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999. 160(6): p. 1943-6.
8. Jussila ym. 2001, Inflammatory responses in mice after intratracheal instillation of spores of *Streptomyces californicus* isolated from indoor air of a moldy building. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2001. 171(1): p. 61-9.
9. Murtoniemi ym., 2003 Microbial growth on plasterboard and spore-induced cytotoxicity and inflammatory responses in vitro (Mikrobikasvu kipsilevyllä sekä itiöiden aiheuttamat tulehdusvasteet ja solukuolleisuus in vitro)., Kuopion yliopisto, Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta, Biokemia.
10. Asumisterveysopas 3. korjattu painos, sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen soveltamisopas, (2009)
11. Atosuo ym. 2011, The real-time-based assessment of the microbial killing by the antimicrobial compounds of neutrophils, *The Scientific World Journal* , vol. 11, pp. 2382-2390.
12. Atosuo, ym. 2013, *Escherichia coli* K-12 (pEGFP<sub>luc</sub>ABCDEF): a tool for analysis of bacterial killing by antibacterial agents and human complement activities on a real-time basis, *Luminescence*, 28, 5, 771-779.
13. Kilpi ym. 2009, Bacteriolytic activity of the alternative pathway of complement differs kinetically from the classical pathway , *Dev Comp Immunol*, vol. 33, no. 10, pp. 1102-10.
14. Atosuo, 2015, NOVEL CELLULAR LUMINESCENCE PROBES FOR IMMUNOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENTS”, Turun yliopiston julkaisu, Sarja AI, osa 512; *Astronomica-Chemica-Physica-Mathematica*:
15. Kankkunen ym. 2009, Trichothecene mycotoxins activate inflammatory response in human macrophages. *J Immunol*, 2009. 182(10): p. 6418-25.
16. Verhoeff ym. 1997, Health risk assessment of fungi in home environments. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 1997. 78(6): p. 544-54; quiz 555-6.
17. Johanning ym. 1996, Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi (*Stachybotrys chartarum*) in a water-damaged office environment. *Int Arch Occup Environ Health*, 1996. 68(4): p. 207-18.
18. Vuokko ym. 2016, Työttömän toiminta- ja työkyvyn hyvä arviointikäytäntö terveydenhuollossa Julkaistu 27.2.2012/tarkistettu 7.1.2016
19. Eerikäinen ym. 2013, Työperäinen kosteusvauriomikrobien aiheuttama subakuutti allerginen alveoliitti *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 2013;129(9):972-5
20. Nordman ym. 2007 Majvik II -suosituksesta ohjeita kosteusvaurioiden selvittelyyn., *Suomen Lääkärilehti* 7/2007
- 21 Schuyler ym. 1997, The diagnosis of hypersensitivity pneumonitis. *Chest*. 1997 Mar;111(3):534-6.
22. Bourke ym. 2001, Hypersensitivity pneumonitis: Current concepts, *Eur Respir J*. 32: 81-92
23. Respir, 2001, Changes in pro-inflammatory cytokines in association with exposure to moisture-damaged building microbes. *Dec*;18(6):951-8.
24. Lignell ym. 2005 Microbial exposure, symptoms and inflammatory mediators in nasal lavage fluid of kitchen and clerical personnel in schools. *Int J Occup Med Environ Health*. 2005;18(2):139-50.
25. Luosujärvi ym. 2003, Joint symptoms and diseases associated with moisture damage in a health center. *Clin Rheumatol*. 2003 Dec;22(6):381-5. Epub 2003 Oct 14.
26. Bornehag ym. 2001, Dampness in Buildings and Health. *Nordic Interdisciplinary Review of the Scientific Evidence on Associations between Exposure to "Damp-ness" in Buildings and Health Effects (NORDDAMP)*. *Indoor Air* 2001; 11 (2): 72–86.
27. Putus, 2010, Home ja terveysterveys, kosteusvauriohomeiden ja hiivojen terveyshaitat. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
28. Putus, 2014. Home ja terveysterveysterveys. Kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesientien esiintyminen sekä terveyshaitat.
29. Reijula ym. 2005, Sairaalarakennusten sisäilma ja työntekijöiden sekä potilaiden terveys [loppuraportti Sosiaali- ja terveysministeriölle]. Helsinki: Työterveyslaitos, 2005.
30. Lojek ym. 1997, "Measurement of whole blood phagocyte chemiluminescence in the Wistar rat, *J.Biolumin. Chemilumin.* 12 (1997) 225-231.
31. Marnila ym. 1995, Phagocyte activity in the frog *Rana temporaria*: whole blood chemiluminescence method and the effects of temperature and thermal acclimation. *Comp.Biochem.Physiol.A Physiol.* 111 (1995) 609-614.
32. Lilius ym. 1992, Photon emission of phagocytes in relation to stress and disease. *Experientia*. 48 (1992) 1082-1091.
33. Lilius ym. 1987, Leucocytes as Immunosensors: Whole Blood Chemiluminescence (CL) in Human Leucocytes. *Bioluminescence and Chemiluminescence New Perspectives*. (1987) 53-56.
34. Lilius ym. 1987, Leucocytes as Immunosensors: A Screening Method For Food Intolerance. *Bioluminescence and Chemiluminescence New Perspectives*. (1987) 145-148.
35. Nuutila ym. 2014, Bacterial infection (BI)-INDEX: an improved and simplified rapid flow cytometric bacterial infection marker. *Diagn.Microbiol.Infect.Dis.* 78 (2014) 116-126.
36. Nuutila ym. 2013, *Hum.Immunol.* Use of complement regulators, CD35, CD46, CD55, and CD59, on leukocytes as markers for diagnosis of viral and bacterial infections.74 (2013) 522-530.
37. Jonsson ym. 2014, Repeated dose 28-day oral toxicity study of moniliformin in rats *Toxicol.Lett.* 233 (2014) 38-44.
38. Lilius, EM, Nuutila, JT. 2006. Particle-induced myeloperoxidase release in serially diluted whole blood quantifies the number and the phagocytic activity of blood neutrophils and opsonization capacity of plasma. *Luminescence*. 21:148-58.
39. Andersson ym. 1993, The MM-questionnaire – a tool solving indoor climate problems. Department of Occupational and Environmental Medicine, Örebro Sweden,
40. Tuohilampi-lomakkeisto hengitysteiden, ihon ja silmien allergiasairauksien väestötutkimuksia varten, (1996), (toim: Susitaival, P. ja Husman, T.) Helsinki, Hakapaino

## **Liitteet**

Näytteenotto-ohje

Tulosten raportointilomake



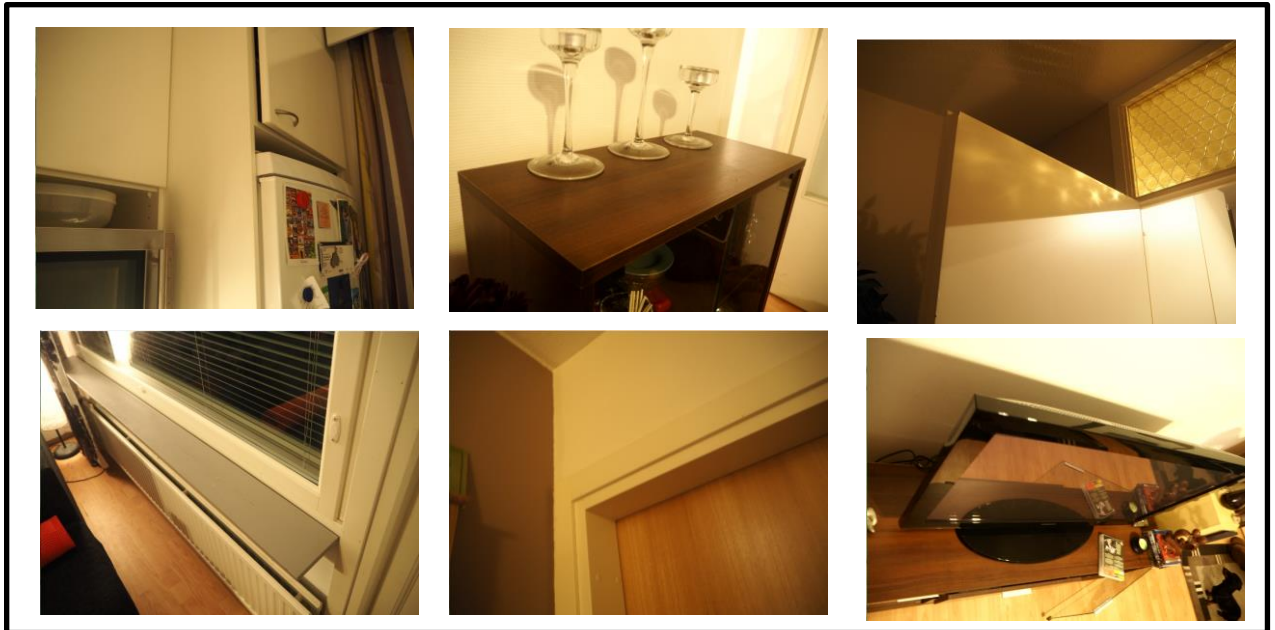
## Näytteenotto-ohje *E. coli*-lux toksisuusmittaukseen

Lukekaa ohjeet huolellisesti läpi ennen näytteenottoa!

### Yleistä:

Paketissa saapuu korkillisia muoviputkia joiden kylkeen ja/tai korkkeihin on merkitty näytteenkäsittelyyn liittyvä juokseva numero.

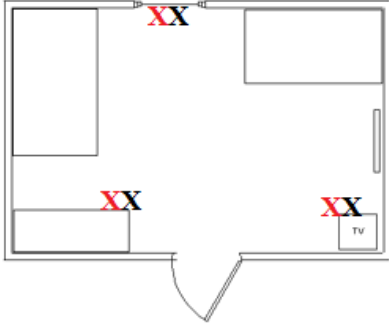
Pölynäytteiden ottaminen alkaa sopivan, **KUIVAN**, näytteenottokohteen valinnalla. Sopivia paikkoja ovat sellaiset joista löytyy laskeutunutta pölyä. **Näytettä ei kuitenkaan pidä ottaa lattialta, lattialistan päältä, tulisijan välittömästä läheisyydestä tai kuumenevista kohteista kuten lamppujen kuvuista!**



**Esimerkkejä** pölynäytteiden keräyskohteista: jääkaapin päällinen, kaapin päällinen, kaapin oven yläreuna, oven ja ikkunan karmit, kodin esineet (esim. TV, stereot, taulut jne.)



Kussakin putkessa on yksi kuitupuikko, jolla näytteenotto suoritetaan. Ottakaa samasta kohdasta näytteet aina sekä mustaan että punaiseen putkeen, siis yhteensä kahteen kuitupuikkoon. Huoneesta olisi hyvä ottaa näyte **vähintään** kolmesta eri kohteesta, siis kolmeen punaiseen ja kolmeen mustaan putkeen, yhteensä kuudella kuitupuikolla:



Sekaannusten välttämiseksi avatkaa kerrallaan vain yksi putki. **Älkää siis sekoittako kuitupuikkoja, vaan laittakaa ne aina takaisin siihen putkeen mistä ne on otettukin.** Jokaisella näyteputkella ja tikulla on erilainen yhteenlaskettu massa. Näin ollen tikkujen ja putkien sekoittaminen keskenään tekee otetun näytteen massan selvittämisen mahdottomaksi. Älkää myöskään sekoittako keskenään mahdollisia irtonaisia/irronneita korkkeja

### Suoritus:

1. Ottakaa esille kaksi näyteputkea, yksi punainen ja yksi musta. Putkissa olevien numeroiden ei tarvitse vastata toisiaan. Asettukaa mahdollisimman lähelle näytteenottoa. Avatkaa putki varovasti. Mikäli korkki ei ole kiinni putkessa, asettakaa se alustalle kuppiossa ylöspäin.

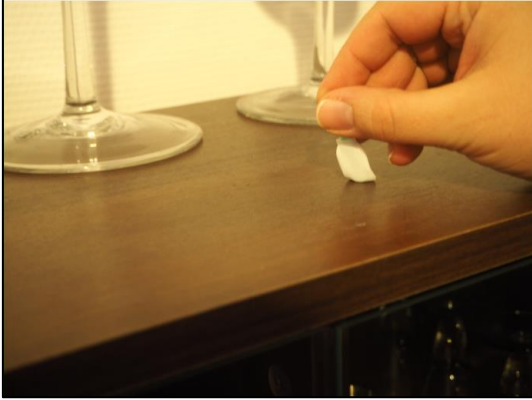


2. Kaatakaa puikko varovasti pois putkesta.





3. Kerätkää (vetämällä) puikolla niin paljon pölyä kuin on mahdollista. Samalla puikolla voi tehdä useita pyyhkäisyjä, jotta näytemäärä saadaan mahdollisimman suureksi. Varmistakaa kuitenkin, että samasta kohdasta riittää pölyä niin punaiseen, kuin mustaankin putkeen.



Analyysiin tarvitaan **vähintään** 1 mg pölyä. Alla olevassa kuvassa vasemman puoleisessa tikussa on riittämätön määrä pölyä, keskimmäisessä on noin 1 mg ja oikean puoleisessa tikussa yli 10 mg pölyä.



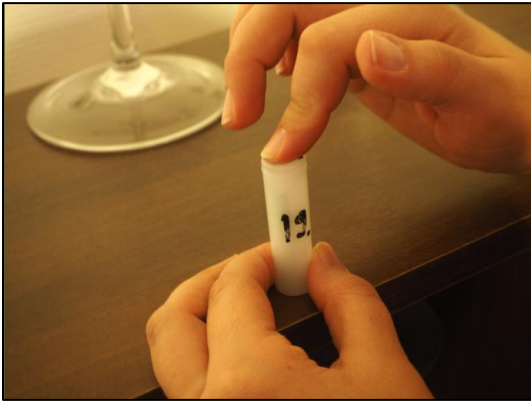
Aina pölyä ei löydy tarpeeksi, mutta tikku ja putki kannattaa silti lähettää tutkittavaksi.

4. Laittakaa puikko varovasti takaisin näyteputkeen, kuitupääpää (näytteenottopää) edellä pohjalle. Varokaa ettei pölyä varise putken ohi.

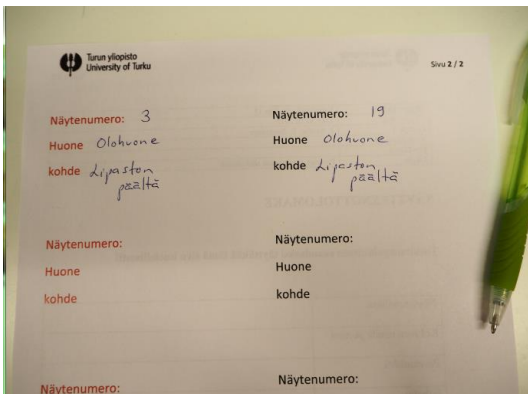




5. Sulkekaa putki huolellisesti.



6. Merkitkää toimittamaamme näytteenottolomakkeen etusivulle ylös yhteystietonne, näytteiden otto-osoite sekä näytteenoton päivämäärä. Näytetiedoista merkitkää ylös näyteputken numero, huone sekä kohde, josta pöly on pyyhitty. Tässä yhteydessä voitte ilmoittaa halutessanne myös millaiselta materiaalilta näyte on kerätty (esim. kohde: puulipasto. muovinen lista jne..).



Mikäli näyteputkien mukana on toimitettu asunto- ja oirekyselyt täyttäkää myös ne. Kaikki taustatieto on hyödyllistä ja kannattaa laittaa muistiin: onko lemmikkieläimiä, missä huoneessa mahdollisia kosteusvaurioita ja/tai homekasvustoa on, missä mahdollisia hajuja on, mitä materiaalia näytteenottokohteen pinta on (muovi, puu yms.). Kaikki tieto käsitellään luottamuksellisena, eikä sitä luovuteta muiden osapuolten käyttöön.

*Jos näytteenotto epäonnistuu jollain tavalla, esim. putki ja siihen kuuluva puikko menevät sekaisin, kuitutuppo hajoaa, puikko putoaa likaiselle alustalle yms., merkitkää putken numero paperille epäonnistuneeksi näytteeksi ja ottakaa käyttöön uusi näyteputki ja puikot. Merkitkää myös, miten näyte epäonnistui. Älkää heittäkö epäonnistunutta putkea pois, vaan lähettäkää se takaisin muiden putkien mukana..*



**Valmiit näyteputket palautetaan osoitteeseen:**

**Turun Yliopisto  
Biokemian laitos  
Immunokemia  
Vatselankatu 2, 20014 Turun Yliopisto  
Arcanum 2krs, laboratorio B231**

(puh: 02 333 6852)

Näytteenottoon liittyviä kysymyksiä voi esittää sähköpostitse tai puhelimella:

Janne Atosuo

email: [janato@utu.fi](mailto:janato@utu.fi)  
puh: 050 4927401

tai

Eetu Suominen

email: [ensuom@utu.fi](mailto:ensuom@utu.fi)  
puh: 040 6838438



# Analyysiraportti

E.coli-lux toksisuusmittaus huonepölystä

TURUN YLIOPISTO  
BIOKEMIAN LAITOS

## 1. Yleistiedot

### 1.1 Tutkimuskohde

*Kohteen osoite  
Kohteen tunniste*

### 1.2 Tutkimuksen tilaaja

*Nimi ja yhteystiedot*

### 1.3 Tutkimuksen tavoite

*Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tutkimuskohteesta otettujen pölynäytteiden mahdollinen toksisuus *E. coli* –lux toksisuusmittauksella.*

### 1.4 Tutkimusajankohta

*Näytteenottaja(t)  
Näytteenoton pvm  
Näytteiden analysoinnin pvm*

### 1.5 Tutkimuksen tekijä

Turun Yliopisto  
Biokemian laitos  
Immunokemia  
Vatselankatu 2, 20014 Turun Yliopisto  
Arcanum, laboratorio B231

Eetu Suominen, FM, analyysivastaava  
Janne Atosuo, FT, laboratoriopäällikkö  
Esa-Matti Lilius, Dos., tutkimuspäällikkö

### 1.6 Tutkimuskohteesta mahdollisesti toimitetut lähtötiedot

*Tilaaajan papereihin kirjoittamia tietoja, pohjapiirustus yms.*



## 2. Tutkimusmenetelmät

### 2.1 Näytteiden otto

Näytteet otettiin laboratoriomme toimittamilla tikuilla polyeteeniputkiin, pyyhintäpölynäytteinä tutkimuskohteen sisätilojen pinnoilta. Näytteenottovälineiden mukana toimitettiin näytteenotto-ohjeet sekä kohteesta riippuen kyselylomakkeet kohteen tiedoista ja terveystarkastus tilan käyttäjille. Jokaisesta huoneesta neuvottiin ottamaan vähintään kolme näyteparia.

### 2.2 Näytteiden käsittely

Toimitetut näytteet punnittiin ja samasta kohdasta otetun näyteparin toinen putki uutettiin veteen (H<sub>2</sub>O) ja toinen dimetyylisulfoksidiin (DMSO). Näin näytteestä saatiin tutkittua sekä mahdolliset vesiliukoiset että orgaaniseen liuottimeen liukenevat toksiniitit. Uutetuista näytteistä tehtiin laimennossarja mikrokuoppalevyille. Tämän jälkeen joukkoon pipetoitiin koettimena käyttämäämme bakteeria, *E. coli*-luxia.

### 2.3 Toksisuusmittaus

Toksisuusmittaus perustuu *E. coli*-lux - solujen mahdollisesta kuolemista johtuvaan bioluminesenssisignaalin laskuun, joka on suoraan verrannollinen kuolleiden solujen määrään. Mittaamme bakteerisolujen bioluminesenssisignaalia kahden tunnin ajan, minkä jälkeen vertaamme näytelaimennoksille altistettujen bakteerien signaalia verrokkinäytteisiin, jotka eivät sisällä näytettä. EC<sub>50</sub>-arvo on se uutoksen pitoisuus liuoksessa, joka tappaa 50 % soluista 120 minuutissa. Täten, mitä pienempi lukuarvo on, sitä myrkyllisempää pöly on. Menetelmä mittaa kokonaistoksisuutta, siis mikrobitoroksinien lisäksi myös muita toksisia yhdisteitä pölyssä. Positiivisena kontrollina testeissä on käytetty polymyksiini B:tä.

### 2.4 Tulosten käsittely ja luokittelu

Tulokset luokitellaan EC<sub>50</sub>-arvon perusteella neljään eri toksisuusluokkaan. Luokittelu perustuu aiemmin laboratoriossamme määritettyjen vauriokohteiden ja puhtaiden kohteiden pölynäytteiden tulosten vertailuun.

Toksisuusluokat ovat:

|     |                                    |                   |
|-----|------------------------------------|-------------------|
| I   | EC <sub>50</sub> < 25 µg/ml        | Erittäin toksinen |
| II  | EC <sub>50</sub> = 25 – 100 µg/ml  | Toksinen          |
| III | EC <sub>50</sub> = 100 – 250 µg/ml | Tulkinnanvarainen |
| IV  | EC <sub>50</sub> > 250 µg/ml       | Ei toksinen       |





## 4. Tulosten tarkastelu

*Lausunto*

### **Huom!**

Laboratoriomme antaa lausunnon ainoastaan näytteestä ja sen mahdollisesta toksisuudesta koetinbakteeria kohtaan. Laboratorio ei anna lausuntoa mahdollisen vauriosta tai sen iästä, laajuudesta, kiinteistön korjaustarpeesta tai vaikutuksista käyttäjiin.

**PVM**

**NIMI**

**Turku**





ISBN 978-951-29-6388-1