

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka
Maija Nenonen

Opinnäytetyö

Sisäilman mikrobiselvitys Tampereen ammattikorkeakoulussa

Työn ohjaaja
Työn tilaaja
Tampere 2010

TkL Maarit Korhonen
TAMK Ilmanlaatu-projekti

Tekijä	Maija Nenonen
Työn nimi	Sisäilman mikrobiselvitys Tampereen ammattikorkeakoulussa
Sivumäärä	55+10 liitesivua
Valmistumisaika	2/2010
Työn ohjaaja	TkL Maarit Korhonen
Työn tilaaja	TAMK Ilmanlaatu -projekti

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on tehty osana Tampereen ammattikorkeakoulun Ilmanlaatu-projektia. Työn tarkoituksena oli tutkia sisäilman mikrobipitoisuuksia Tampereen ammattikorkeakoulussa, selvittää mahdolliset raja- ja ohjearvot sekä miettiä sopivia toimenpiteitä, mikäli mitattavat arvot eivät ole rajojen sisällä.

Työssä on perehdytty erityisesti sisäilman mikrobeihin, niiden syntyyn, näytteenottoon ja terveysvaikutuksiin. Työssä käsitellään myös rakennusten home- ja kosteusvaurioita sekä niiden vaikutusta sisäilman mikrobistoon. Sisäilman mikrobimittaukset suoritettiin F-, G- ja H-siipien tiloissa, joista osa oli henkilökunnan tiloja. Mittaukset suoritettiin tilojen ollessa tyhjänä.

Sisäilmamittaukset suoritetaan yleensä talvella maan ollessa lumen ja jään peitossa, jolloin ulkoilman mikrobipitoisuudet ovat alhaisimmillaan. Tällöin voidaan olettaa sisäilmassa olevien mikrobien olevan peräisin ainoastaan rakennuksen sisältä. Tässä työssä on tehty mittauksia sekä sulan maan aikana (syyskuu 2009) että talvella (joulukuu 2009), jotta saadaan käsitys vuodenajan vaikutuksesta mittaustuloksiin.

Näytteenotossa käytettiin ns. Andersenin keräintä, joka lajittelee ilmassa olevat mikrobit koon mukaan ($7\ \mu\text{m}$ – $0.65\ \mu\text{m}$) 6 vaiheeseen. Näytteet otettiin huoneen keskeltä, 1–1,5m korkeudesta ja näytteenottoaika oli 10 minuuttia. Jokaisesta tilasta otettiin näytteet sekä bakteerien (tryptoni-hiivauute-glukoosiagar) että sienten (2 % mallas-uuteagar) kasvualustoille. Näytteenoton yhteydessä mitattiin myös sisäilman lämpötila ja kosteus.

Rakennusten sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti, joten tarkkoja raja- tai ohjearvojen antaminen ei ole mahdollista. Aiempien tutkimusten perusteella voidaan kuitenkin tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa, mikäli sisäilman sieni-itiöpitoisuus on $100\text{--}500\ \text{cfu}/\text{m}^3$ (pesäkkeen muodostavaa yksikköä kuutiometrissä ilmaa) ja samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava. Myös sädesieni-itiöiden esiintyminen yli $10\ \text{cfu}/\text{m}^3$ pitoisuuksina viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa.

Maljojen kasvatus ja analysointi tehtiin Eurofins Scientific Finland Oy:n laboratoriossa. Saaduista tuloksista tarkasteltiin sisäilman sieni- ja sädesienipitoisuuksia sekä mikrobilajistoa. Saatujen tulosten perusteella sekä G- että H- siiven tiloissa voidaan epäillä kosteusvauriota. Erityisesti H-siiven tiloja olisi hyvä tutkia lisää. Seuraavaksi olisi hyvä tehdä tiloissa kosteusmittaukset sekä mahdollisuuksien mukaan ottaa pinta- ja materiaalinäytteitä. Myös H-siiven muita tiloja olisi hyvä tutkia.

Writer	Maija Nenonen
Thesis	Inside air microbe research in Tampere University of Applied Sciences
Pages	55 pages + 10 appendices
Graduation time	2/2010
Thesis Supervisor	TkL Maarit Korhonen
Co-operating Company	TAMK Air quality -project

ABSTRACT

This work is part of the Tampere University of Applied Sciences' Air quality –project. The purpose of this work was to study the concentration of microbes in the inside air of Tampere University of Applied Sciences and find out standard values if possible. The inside air microbe measurements in this work were made in the F, G and H parts of the building. Measurements were done when spaces were unoccupied. This work includes also information about mould- and humidity damage.

The samples were taken by using Andersen air sampler which sizes the airborne micro-organisms in six stages from 7 µm to 0.65 µm. Two samples were taken from every space, both bacterium and blight breeding ground. Also the temperature and humidity of the spaces were measured. The samples were taken in the middle of the room and sampling time was 10 minutes. The samples were analysed in the laboratory of Eurofins Scientific Finland PLC.

The results indicated that humidity damage can be suspected in G- and H-wings. This subject would need further studies. For example damp measuring should be done.

Keywords Andersen air sampler, air quality, microbe, inside air

Esipuhe

Toukokuussa 2009 tarjoutuu mahdollisuus opinnäytetyöhön, joka käsittelee sisäilman laatua Tampereen ammattikorkeakoulussa. Lisäksi kaksi luokkatoveriani saivat opinnäytetyön sisäilman laatuun liittyvästä projektista. Projekti on jatkuva, joten lisää opinnäytetyöaiheita on luvassa.

Haluan kiittää kaikkia projektiin osallistuneita: Pasi Arvelaa, Jarmo Liljaa, Mikko Luotoa ja Petri Ojalaa. Erityiskiitokset osoitan ohjaajalleni Maarit Korhoselle sekä laboratorioinsinööri Jarno Oravasaarelle suuresta avusta, tiedoista ja tuesta. Haluaisin myös kiittää Eurofins Scientific Finland Oy:n laboratorion henkilökuntaa, erityisesti Kristiina Kalliota, joka asiantuntevasti ja kärsivällisesti jaksoi neuvoa ja opastaa näytteiden analysoinnissa. Haluan kiittää myös luokkatovereilleni Anna Haaralalle ja Ilari Rautaselle vertaistuesta sekä Annalle ja Mari Kimpanpäälle mittausavusta.

Tampereella helmikuussa 2010

Maija Nenonen

Sisällysluettelo

1 Johdanto	9
2 Mikrobit	10
2.1 Bakteerit	10
2.2 Homeet	11
2.3 Ulkoilman mikrobit	12
2.4 Sisäilman mikrobit	13
2.4.1 <i>Aspergillus</i>	14
2.4.2 <i>Cladosporium</i>	16
2.4.3 <i>Penicillium</i>	18
2.4.4 <i>Chrysolinia</i>	19
2.4.5 <i>Rhodotorula</i>	20
3 Home- ja kosteusvauriot	22
3.1 Toteaminen	23
3.1.1 Kosteusmittaukset	23
3.1.2 Mikrobimittaukset	24
3.1.2.1 Pinta- ja materiaalinäytteet	24
3.1.2.2 Ilmanäytteet	25
3.2 Mikrobin kasvuedellytykset rakennuksessa	25
3.3 Mikrobisto	27
3.3.1 Indikaattorimikrobit	27
3.3.2 Mykotoksiinit	28
3.3.3 Mikrobin tuottamat haihtuvat orgaaniset yhdisteet (MVOC)	29
3.4 Terveyshaitat	29
3.4.1 Ärsytysoireet	31
3.4.2 Yleisoireet	31
3.4.3 Toistuvat infektiot	32
3.4.4 Astma, allergia ja muut pitkäaikaiset haitat	33
3.5 Korjaaminen	34
3.6 Ohjeavot	34
4 Mittaukset	36
4.1 Mittauskohteet	36
4.2 Näytteenotto	38
4.2.1 Andersenin keräin	38
4.2.2 Toiminta näytteenoton aikana	40
4.2.3 Kosteus ja lämpötila	40
4.3 Syksyn mittaukset	42
4.4 Talven mittaukset	43
4.5 Ilmanäytteiden käsittely ja analysointi	46
5 Mittaustulokset	47
5.1 Syksyn mittaukset	47
5.2 Talven mittaukset	49

6 Päätelmät	52
7 Lähteet.....	54
Liitteet	56
Liite 1: Tutkimustodistus C 100, 21.2.2006.....	56
Liite 2: Sisäilman mikrobien näytteenottolomake	57
Liite 3: Tutkimustodistus C 100, 11.9.2009.....	58
Liite 4: Tutkimustodistus F00-06, 11.9.2009.....	59
Liite 5: Tutkimustodistus Ulko, 11.9.2009	60
Liite 6: Tutkimustodistus C 100, 16.12.2009.....	61
Liite 7: Tutkimustodistus H-siipi, sos.tila, 16.12.2009	62
Liite 8: Tutkimustodistus F00-06, 16.12.2009.....	63
Liite 9: Tutkimustodistus G-siipi, väestönsuoja (B045)16.12.2009	64
Liite 10: 6- vaiheimpaktorin pesäkemäärien korjaustaulukko	65

Symbolit ja termit

Aktinomykeetti	Aktinomykeetit eli sädesienet ovat bakteereita, joilla on kyky muodostaa rihmastoja ja itiöitä. (Asumisterveysopas 2009.)
Alveoliitti	Keuhkojen alimpien osien eli keuhkorakkuloiden tulehdusreaktio, joka syntyy yleensä allergisen reaktion perusteella. (Seuri & Reiman 1996, 78.)
Cfu	Colony forming unit eli pesäkkeen muodostava yksikkö. Käytetään viljelytulosten ilmoittamiseen. (Seuri & Reiman 1996, 79.)
Endospori	Lepotiö. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 57)
Endotoksiini	Gram-negatiivisten bakteerien tuottama, soluihin sidottu toksiini eli myrkky. (Sisäilmayhdistys.)
Fialidi	Kuromaperä, joiden kärkien pullistumina syntyy kuromaitiöt. (Helsingin yliopisto)
Gram-negatiivinen	Gramvärjäyksellä vaaleanpunaiseksi värjäytyvä bakteeri, jonka soluseinässä on mm. lipopolysakkaridia sisältävä ulkokalvo. (Sisäilmayhdistys.)
Gram-positiivinen	Gramvärjäyksellä violetiksi värjäytyvä bakteeri, jonka soluseinässä ei ole varsinaista ulkokalvoa. (Sisäilmayhdistys.)
IgE	Immunoglobuliini E, joka on keskeinen osa ykköstyypin allergista mekanismia. (Seuri & Reiman 1996, 79.)
Lahottajasieni	Mikrobi, joka hajoittaa puuta entsyymeillään.
MVOC	Mikrobien tuottama haihtuva orgaaninen yhdiste. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 53.)
Mykotoksiini	Homeyrkky, jota homekasvustot tuottavat kun niillä ei ole ravinteita riittävästi. (Seuri & Reiman 1996, 80.)
ODTS	Organic dust toxic syndrome eli orgaanisen pölyn aiheuttama toksinen oireyhmä. (Seuri & Reiman 1996, 80.)
Prokaryootti	Bakteerin toinen nimitys.

Sinistäjäsieni	Aiheuttaa puun sinistymisen muuttamatta kuitenkaan puun rakennetta. (Asumisterveysopas 2009.)
Toksiini	Mikrobien aineenvaihdunnassa syntyvä myrkyllinen aine. (Asumisterveysopas 2009.)
Vessikkeli	Mikrobien mikroskooppikuvissa näkyvä jalan kärjen pullistuma. (Helsingin yliopisto.)
VOC	Volatile organic compound eli haihtuva orgaaninen yhdiste. (Seuri & Reiman 1996, 81.)

1 Johdanto

Vietämme suurimman osan ajastamme sisätiloissa, joten hyvä ja raikas ilma on meille elintärkeää. Sisäilman laadulla on myös terveydelle suuri merkitys. Syy huonoon sisäilmaan ei aina löydy rakennuksesta tai ulkoa tulevista päästöistä, vaan myös ihminen itse aiheuttaa osan haitoista. Sisäilman laatuun vaikuttavat muun muassa ilman lämpötila, kosteus, hajuttomuus, vetoisuus ja hiukkaset. Yleisimpiä sisäilman laatua heikentäviä seikkoja ovat riittämätön ilmanvaihto sekä kosteus- ja homevauriot.

Mikrobeja ja niiden itiöitä on kaikkialla, sillä ne ovat osa normaalia elinympäristöä. Yleisin syy rakennuksessa esiintyvään mikrobikasvustoon on kosteusvaurio. Syitä kosteusvaurion syntyyn voi olla useita, kuten esimerkiksi suunnittelu- tai rakennusvirhe, vesikattovuodot tai putkisto- ja laitevioista aiheutuneet vuodot. Viime vuosien aikana kuuma puheenaihe on ollut juuri rakennusten kosteusvauriot ja niistä johtuvat terveyshaitat. Oireet ovat kyllä tiedossa, mutta sairastumisen syyt ovat vielä epäselviä. Toksiinit ovat mahdollisesti keskeisin mutta ei ainoa syy oireisiin. Kosteusvauriomikrobit vaikuttavat elimistöön pääasiallisesti hengitysteitse, huonepölyn mukana kulkeutuvien hiukkasten kautta.

Sisäilman mikrobimittaukset ovat tarpeen silloin, kun mikrobikasvusto ei ole silmin havaittavaa. Mikrobiologisia näytteitä on mahdollista ottaa pinnoilta, rakennusmateriaaleista sekä ilmasta. Pintanäytteellä tarkoitetaan näytettä, joka otetaan rakenteen pintaan kiinnittyneestä tai laskeutuneesta pölystä tai kasvustosta. Pintanäytteenottoa suositellaan erityisesti kovalle materiaaleille, kuten betoni-, kaakeli-, tai puupinnoille. Sisäilmamittauksilla pyritään selvittämään sisäilman mikrobipitoisuudet, suvusto ja ovatko ne tavanomaiset rakennuksen ikään, sijaintiin ja vuodenaikaan nähden. Sisäilmamittaukset tehdään yleensä talvella.

Sisäilmaan liitetyt oireet ja valitukset ovat usein epämääräisiä eikä syytä niihin pystytä yksiselitteisesti tunnistamaan. Sisäilmastokysely on tapa selvittää sisäilmaan liittyviä koettuja ongelmia. Sisäilmastokysely tehdään tilan käyttäjille yleensä ennen varsinaisten sisäilmatutkimusten aloittamista. Tässä opinnäytetyössä tätä kyselyä ei hyödynnetty, vaan tilat valittiin aiempien tietojen pohjalta.

2 Mikrobit

Mikro-organismit eli mikrobit ovat yksinkertaisia eliöitä, joita ei voida havaita paljain silmin. Ilmassa esiintyviä mikrobeja ovat bakteerit ja aktinomykeetit, homesienten itiöt, home- ja lahottajasienet sekä virukset. Sisäilmaan itiöitä ja muita epäpuhtauksia tuottaa rakennuksessa kasvava mikrobi. Rakennuksessa oleskelevat altistuvat näille epäpuhtauksille hengitysteiden kautta. (Kangas 1995, 2).

Mikrobit ovat hyvin sopeutuvaisia maapallon erilaisiin olosuhteisiin ja niillä on erinomainen lisääntymiskyky. Mikrobeja voidaan tavata lähestulkoon kaikkialla elinympäristössämme, kuten esimerkiksi maaperässä, vesissä, napa-alueiden jäätiköillä, kuumissa hiekkaerämaissa ja jopa merenalaisten tulivuorten katveessa. Eräillä mikrobeilla on poikkeuksellinen kyky lisääntyä radioaktiivisesta tai ultraviolettisäteilystä huolimatta. Osa mikrobeista sietää hyvin emäksisiä olosuhteita, osa taas happamia. (Seuri & Reiman 1996, 18; Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 39.)

Mikrobiryhmien suurimmat erot löytyvät niiden solurakenteesta. Siinä missä sienet ja bakteerit elävät ilman isäntäsolua, virus taas tarvitsee kasvaakseen isäntäsolukon, jonka sisällä lisääntyessään infektiokykyinen virus aiheuttaa infektion. Bakteerit ovat sieniä alkeellisempia, sillä niillä ei ole kalvon erottamaa tumaa, jossa perimäainne sijaitsee, toisin kuin sienillä, joilla tällainen kalvo on. Yleensä kosteusvauriorakennuksen mikrobeista puhuttaessa tarkoitetaan juuri bakteereita ja sieniä. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 39.)

2.1 Bakteerit

Bakteerit eli prokaryootit ovat pieneliöitä, joilla on yksinkertainen solurakenne. Bakteerit ovat yksittäisiä noin 0,1-10 mikrometrin läpimittaisia soluja, jotka lisääntyvät jakautumalla kahtia. Bakteereilla on kyky lisääntyä varsin nopeasti, ja juuri tämän

ominaisuutensa ansiosta bakteerit sopeutuvat varsin nopeasti muuttuviin olosuhteisiin. Bakteerit voidaan jakaa gram-positiivisiin ja gram-negatiivisiin bakteereihin. Osa gram-positiivisista bakteereista kykenevät tuottamaan myös lepoitiöitä eli endosporeja, jotka kestävät epäsuotuisia olosuhteita tavallisia bakteerisoluja paremmin. Gram-negatiiviset bakteerit taas pystyvät tuottamaan endotoksiineja eli soluihin sitoutuneita myrkkyjä. Bakteereihin kuuluvat myös sädesienet eli aktinomykeetit. Sädesienet kuuluvat itiöllisten maaperäbakteerien ryhmään, jotka käyttäytyvät rakennuksissa homesienten tavoin. Sädesieniin kuuluville *Streptomyces*-lajeille on tyypillistä tunkkainen, mullan ja maakellarin haju. Näiden ominaisuuksien vuoksi *Streptomyces*-lajit liitetään kosteusvaurioihin. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 56–57; Sisäilmayhdistys; Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 39.)

2.2 Homeet

Homesienet eli homeet ovat yksinkertaisia, pieniä, mikrosieniin kuuluvia sieniä. Oikealla kasvualustalla ne kasvattavat 2–10 mikrometriä leveän, solujonojen muodostaman rihman. Homepesäkkeeksi kutsutaan useista rihmoista koostuvaa rihmastoja, joka muodostaa nukkamaisia pesäkkeitä kasvualustan pinnalle. Home levittää itiöitä ilmaan, jonka seurauksena homesienten itiöitä esiintyy kaikkialla luonnossa. Ravintonsa ne saavat esimerkiksi ilmassa olevasta pölystä tai hajottamalla materiaaleja. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 55; Puhakka & Kärkkäinen 1996, 20.)

Luonnossa esiintyy jopa kymmeniä tuhansia eri homesukuja. Niiden päätehtävänä on kompostointi eli orgaanisen materiaalin hajottaminen ja ravinteiden vapauttaminen takaisin kierto. Homeet voidaan jakaa suvun mukaan primaari-, sekundaari- ja tertiaarivaiheen homeisiin. Ensimmäisinä tuoreeseen kosteusvaurioon eli ns. primaarivaiheeseen ilmaantuvat nopeakasvuidet sokereita ja hiilihydraatteja hajottavat sienet. Hyvä esimerkki tämäntyppisistä homeista on arkielämästäkin tuttu *Penicillium*, joka homehduttaa pöydälle muovipussiin unohtuneen leivän. Nopeakasvuisia homeita ovat myös *Mucor*, *Photo* ja *Botrytis*, joista viimeisin homehduttaa sadekesinä puutarhan mansikkasadon. Primaarivaiheen mikrobit syrjäytyvät, kun sekundaari- ja tertiaarivaiheen mikrobit valtaavat alueen. Tällöin valtalajeiksi tulevat selluloosaa ja muita pitkäketjuisia hiilihydraatteja hajottavat sienet. *Aspergillus versicolor* ja

Stachybotrys chartarum ovat esimerkkejä tällaisista myöhäisvaiheiden homeista. Pitkälle edistyneissä kosteusvauriossa, erityisesti puurakenteessa, on todettu myös sinistäjä- ja lahottajasieniä, jotka voivat heikentää puun lujuusominaisuuksia. Rakennuksen kosteusolojen muuttuessa voi saman alustan siis myöhemmin vallata jokin toinen home- ja sädesieni tai jopa lahottajasieni. Ajan myötä kostuneessa rakenteessa voi siis kasvaa monia sieniä. (Home ja terveys; Husman, Roto & Seuri 2002, 16; Puhakka & Kärkkäinen 1996, 21.)

2.3 Ulkoilman mikrobit

Ulkoilmassa on yleensä aina itiöitä. Ne syntyvät luonnossa tapahtuvan orgaanisen hajoamisen seurauksena ja ilmavirtauksien vaikutuksesta ne nousevat ilmaan. Ulkoilmaa käytetään sisäilman raaka-aineena, ja tämän seurauksena ulkoilman itiöillä on suuri vaikutus sisäilman itiöstöön. Yleisimpiä itiölähteitä ulkoilmassa ovat maaperä, kasvit, erilaiset pistemäiset lähteet, vesi ja ilma. Useiden mikrobien elin- ja säilymisympäristö on juuri maaperä. Mikrobeja ilmaan siirtävät kattamattomaan maaperään kohdistuvat voimat. Tällaisia voimia ovat muun muassa tuuli, maanrakennus ja maanviljelytyöt. Esimerkiksi viljakasvien puinti vapauttaa ilmaan suuren määrän gram-negatiivisia bakteereita, erilaisia homesienten itiöitä sekä hiivoja. Tuulen vaikutuksesta taas kasvien lehdet hankautuvat toisiaan vasten, jonka seurauksena ilmaan vapautuu itiöitä. Tyypillisiä pistelähteitä kaupungissa ovat erilaiset tehtaot, kuten sahat ja sellutehtaot. Mikrobeja siirtyy ilmaan myös liikenteen aiheuttamien ilmavirtausten välityksellä. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 41–42.)

Itiöt voivat kulkeutua tuulen mukana hyvinkin pitkän matkan. Tämän vuoksi ulkoilmassamme esiintyvät itiöt voivat olla peräisin myös muiden maiden alueilta. On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että suurin vaikutus itiölähteellä on sen välittömään ympäristöön. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 42.)

Meidän ilmastossamme, jolle on tyypillistä kylmä talvi lumipeitteineen, vuodenajalla on erityisen suuri vaikutus ilman itiöpitoisuuksiin. Talvisin ilman itiöpitoisuus on jopa tuhansia kertoja alhaisempi kuin esimerkiksi syksyllä, jolloin sienten aktiivisuus on

runsasta. Syksyllä maassa on paljon lehtiä, heinää sekä muuta orgaanista ainesta, joiden ansiosta ilman itiöpitoisuudet kohoavat korkeiksi. (Seuri & Reiman 1996, 20; Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 42.)

Seuraavassa on lista Suomen ulkoilmassa esiintyvistä sieni-itiöstä. Suluissa on esitetty kunkin sieni-itiön osuus ulkoilman itiöistä. *Cladosporium* (85 %), *Penicillium* (4 %), *Botrytis* (2 %), *Fusarium* (0,8 %), *Aureobasidium* (0,5 %), *Geotrichum* (0,5 %), *Verticillium* (0,5 %) ja *Mucor* (0,2 %). Erilaiset hiivat, ruostesienet ja nokisienet kuuluvat myös ulkoilmaitiöstöön. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 44.)

2.4 Sisäilman mikrobit

Kuten jo aikaisemmin todettiin, sisäilman itiöstöön vaikuttavat ensisijaisesti ulkoilma ja sen itiöstö. Toinen sisäilmaan vaikuttava tekijä on ns. sisälähteet. Tässä sisälähteillä tarkoitetaan erilaisia ihmisten normaalitoimintaan liittyviä tavallisia asioita tai materiaaleja, kuten esimerkiksi elintarvikkeet ja polttopuut, joiden pinnalla on normaalistikin sieni-itiöitä tai joiden homehtumisherkyys on suuri. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 44)

Tampereen teknillisen korkeakoulun Kosteusongelmaoppaan mukaan huonekasvien ja ilmastokostuttimien vaikutus sisäilman itiöstöön on kiistanalainen. Liian kostea multa voi pintaosiltaan homehtua ja siten toimia itiölähteenä. Ilmastokostuttimien veteen ja suodattimiin taas kertyy pölyä, joka voi saada aikaan mikrobikasvun. Sisäilman itiöpitoisuuksien vähentämiseksi kostuttimet tulisi pestä perusteellisesti vähintään viikon välein. Myös tavalliset arkirutiinit, kuten lakaisu tai vuodevaatteiden vaihtaminen lisäävät hetkellisesti ilman itiöpitoisuuksia. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 44–45).

Ilmanvaihtokanaviston homeongelmat muuttuvat sisäilmaongelmiksi, jos tuloilmakojeessa tai-kanavistossa on mikrobikasvusto ja itiöt vapautuvat tuloilmaan. Esimerkkejä tällaisista tilanteista ovat: riittämättömät tuloilmasuodattimet, epätiivisti asennetut suodattimet, kanavien riittämätön lämpöeristys sekä lumen tai sadeveden pääsy tuloilmasuodattimille (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 45.)

Täysin koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä on hyvä ratkaisu, koska siinä huolehditaan hallitulla tavalla sekä poistoilman että korvausilman riittävästä saannista.

Painovoimaiseen ilmanvaihtoon ongelmia voi aiheuttaa sää, jonka vaikutuksesta poistokanavat voivat toimia tulokanavina. Tällöin takaisin sisäilmaan siirtyvät jo poistoilmakanavissa olevat, kerran sisäilmasta poistuneet epäpuhtaudet (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 45.)

Sisäilman ja erilaisten pintojen sieni-itiöpitoisuuksia voidaan vähentää perusteellisella siivoamisella. Ilmasta itiöt poistuvat luontaisesti joko laskeutumalla (sedimentaatio) tai takertumalla tarjolla oleville pinnoille (depositio). Parhaita tapoja seinä- ja lattiapinnoille sekä kalusteille kertyneiden epäpuhtautauksien poistamiseen ovat imurointi ja nihkeäpyyhintä. Pöly ja sen mukana itiöt siirtyvät uudelleen ilmaan, jos siivousväli venyy kovin pitkäksi. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 45–46.)

Tavallisimpia sisäilmassa esiintyviä sieniä ovat *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, hiivat, *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Epicoccus*, *Mucor*, *Rhizopus* ja steriilit sienet. Näistä neljä ensimmäistä muodostvat yleensä yli 90 % kaikista sisäilman sienistä. Muita mainittuja sieniä esiintyy satunnaisemmin. Steriilit sienet- termi tarkoittaa sellaisia sieniä, jotka eivät kasvualustalla muodosta itiöitä, vaan kasvavat yleensä vaaleana rihmastona. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 46.)

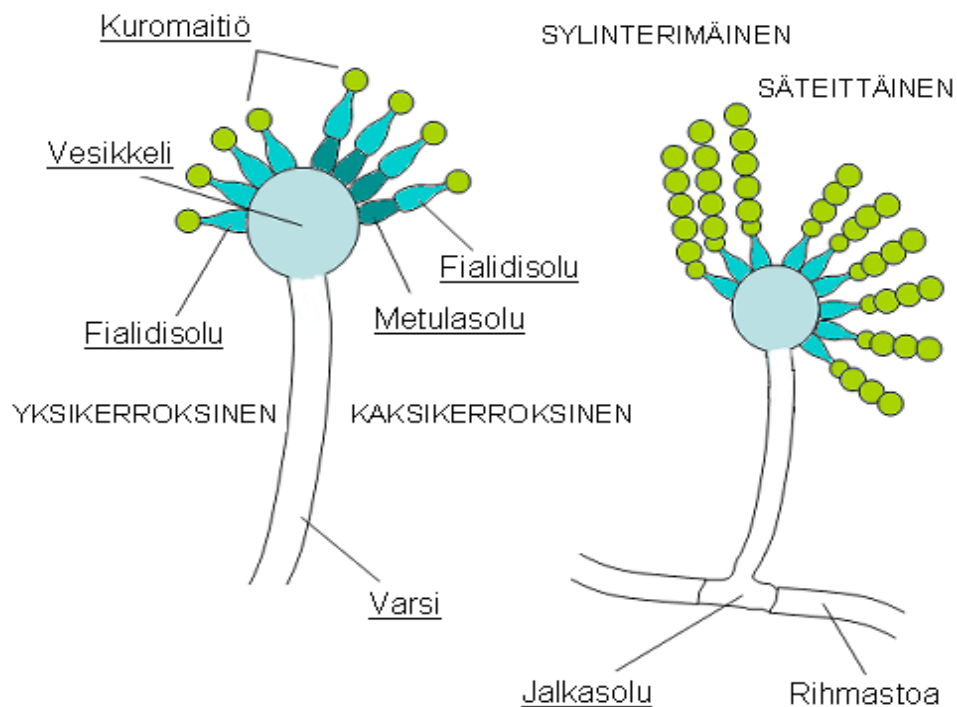
Seuraavassa on esitelty tärkeimpiä Tampereen ammattikorkeakoulussa tehdyistä sisäilmamittauksista löytyneitä homesieniä. Tiloista löytyi *Cladosporium*-, *Penicillium*-, *Aspergillus*-, *Crysolinia*- ja *Rhodotorula*-homesieniä. Kaksi viimeksi mainittua ovat indikaattorimikrobeja, joiden esiintyminen viittaa kosteusvaurioon. Mittaustuloksiin tutustutaan enemmän luvussa 5.

2.4.1 *Aspergillus*

Aspergillus on hyvin yleinen sisäilmassa ja pinnoilla, huonepölyssä, kostuneissa rakenteissa, eristeissä ja tekstiileissä. Eri sukuja on runsaasti, jopa lähes 200 kappaletta. Tunnetuimpia ovat *Aspergillus versicolor* ja *Aspergillus flavus*. Näiden sukujen runsasta esiintymistä sisäilmassa pidetään yhtenä viitteenä asuntojen kosteusvaurioista.

Aspergillus aiheuttaa homekasvustoja mm. puisissa lattiarakenteissa, tapeteissa ja märissä mineraalivilloissa. Useat *Aspergillus*-lajit tuottavat toksiineja sekä muodostavat tunkkaista ja homemaista hajua. *Aspergillus*-lajit eivät ole erityisen sellulolyyttisiä. (Puhakka & Kärkkäinen 1996, 156).

Aspergillus-homesienen pesäkkeet kasvavat yleensä nopeasti, jopa alle viidessä vuorokaudessa. Pesäke voi olla suvusta pulverimainen, valkoinen, vihreä, keltainen, ruskea tai musta. Alapuolelta pesäke on yleensä vaalea tai keltainen. *Aspergillus*-homesienien itiöt ovat kooltaan 2,5–5 µm, ne ovat yksisoluisia, pyöreitä tai ellipsin muotoisia, sileitä tai karkeita, värittömiä tai lievästi värillisiä. Kuviosta 1 nähdään, että itiökannattimet ovat suorja ja haaroittumattomia, joiden päässä on turvonnut ”vesikkeli”. Fialidit eli putkimaiset solut ovat kiinnittyneet suoraan vesikkeliin tai metulakerroksen päälle. Itiöt muodostuvat usein pitkinä ketjuina juuri fialideista. (Heikki Niemi.)



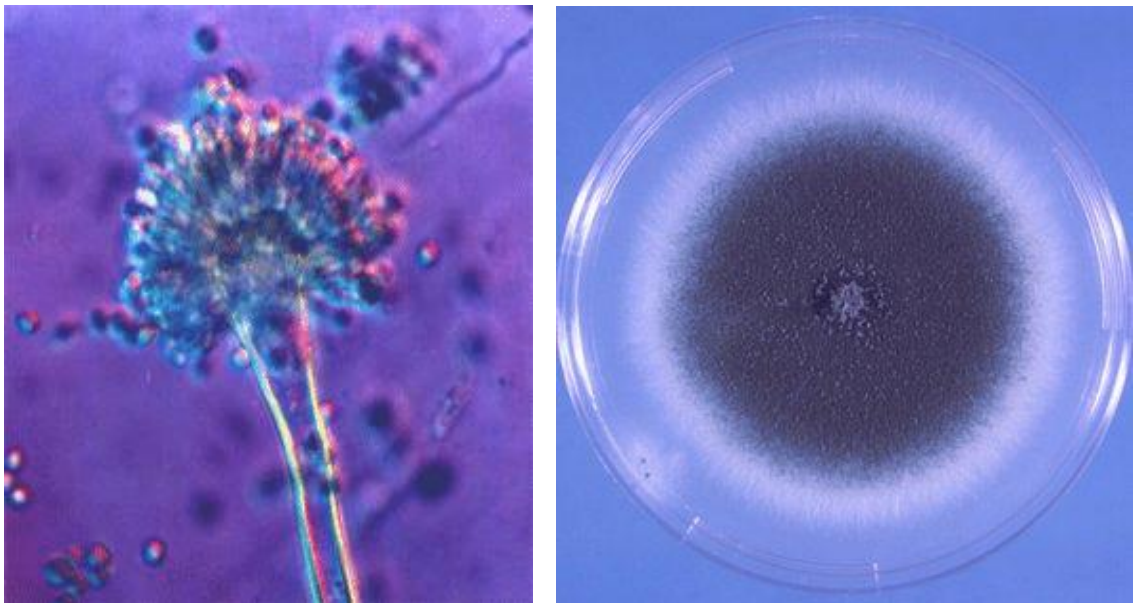
Kuvio 1: *Aspergillus*-homesienen itiökannattimet ja itiöitä (Helsingin yliopisto)

Aspergillus-suvun homesienet kasvavat mallasuuteagarilla lämpötila-alueella 4–55 °C niiden optimilämpötilan ollessa 20–40 °C. *Aspergillus* ei ole valosta riippuvainen, vaan

se kasvaa sekä pimeässä että päivänvalossa. *Aspergillus*-lajit ovat allergisoivia. Eräät niistä, tavallisimmin *Aspergillus fumigatus*, voivat alkaa kasvaa elimistön pinnoilla ja kudoksissa, kuten poskionteloissa tai keuhkoputkissa. Tämä on onneksi harvinaista terveillä henkilöillä. Sieni-infektion riskiä lisäävät eräät immuunipuolustukseen vaikuttavat sairaudet ja niiden lääkehoito (leukemia, syöpä, diabetes, reumasairaudet). (Heikki Niemi).

Vaikka *Aspergillus* on sisäilmassa haitallinen kosteusvauriomikrobi, sitä voidaan käyttää hyödyksi muun muassa elintarvikkeiden valmistuksessa (esim. soijakastike), antibioottien, orgaanisten happojen sekä entsyymien valmistuksessa (Heikki Niemi).

Kuviossa 2 ja 3 vasemmalla on *Aspergillus*- homeen mikroskooppikuva ja oikealla *Aspergillus*- homeen pesäkkeet kasvualustalla.



Kuvio 2 ja 3: *Aspergillus*- home, mikroskooppikuva ja pesäke (Sanger Institute; Terveyden ja hyvinvoinninlaitos)

2.4.2 *Cladosporium*

Cladosporium esiintyy hyvin yleisesti ulkoilmassa, jonka seurauksena sitä löytyy usein myös sisäilmasta. *Cladosporium* elää tavanomaisesti kasvien pinnoilla, joten sen itiöpitoisuus ulkoilmassa on erityisen korkealla heinä–elokuussa. Sisällä *Cladosporium*

kasvaa tekstiileissä, maalipinnoilla, ikkunanpuitteissa, puurakenteissa, likaisissa jäähdytyslaitteissa sekä pesutiloissa. Lajien lukumäärä on noin 30 kappaletta. (Heikki Niemi).

*Cladosporium*in pesäkkeet kasvavat yleensä melko hitaasti (7–10 vrk.).

Homepesäkkeiden pinta on samettimainen, pulverimainen tai karvainen. Pesäkkeet kasvavat tiukasti kiinni agarissa ja ovat väriltään harmaan- tai oliivinvihreitä, alapuolelta ruskeita tai mustia (kuvio 4). Itiökannattimet ovat suoria, ruskeita, jaokkeellisia ja ne haaroittuvat yleensä itiökannattimien yläosasta (kuvio 5). Itiöt ovat kooltaan 3–5 µm, ne ovat kuivia 1–4-soluisia, sitruunanmuotoisia, ellipsoideja tai sukkulamaisia, mustia tai ruskeita arpia itiöiden päissä, sileitä tai karkeita. Itiöt haaroittuvat ketjuissa, jolloin alimmat itiöt ovat yleensä suurempia ja useampisoluisia. (Heikki Niemi.)

Cladosporium kasvaa mallasuuteagarilla, -6–32 °C:n lämpötilassa, optimilämpötila on kuitenkin 18–28 °C. Myöskään *Cladosporium* ei ole valosta riippuvainen.

Cladosporium hajoittaa tehokkaasti kasvimateriaalia, selluloosaa, pektiiniä, ligniiniä, lipidejä ja tärkkelystä. Aineenvaihduntaominaisuuksiensa vuoksi *Cladosporium* soveltuu hyvin entsyymien valmistukseen. (Heikki Niemi.)

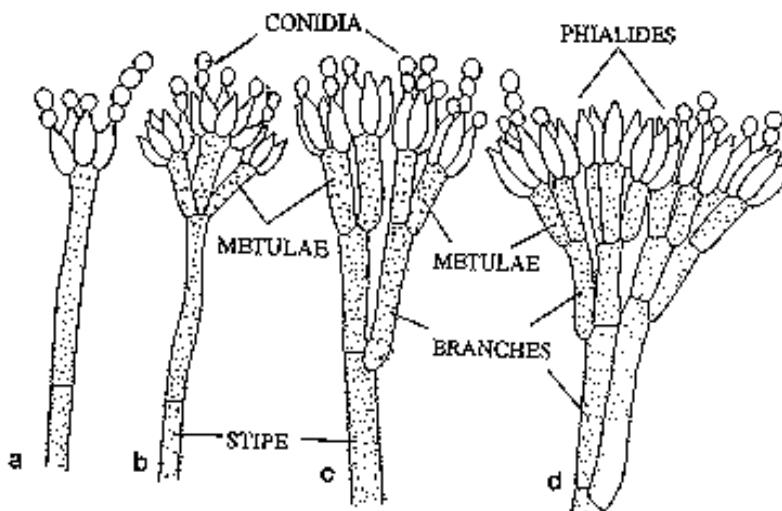


Kuvio 4 ja 5: *Cladosporium*-home mikroskooppikuva ja pesäkkeet.

(Envis centre on Environmental Biotechnology)

2.4.3 *Penicillium*

Penicillium on yleisin homesienisuku. Eri lajeja tunnetaan jopa yli 500 kappaletta, ja niitä on vaikea tunnistaa ja erottaa toisistaan. Itiöt ovat helposti leviäviä, ja niitä esiintyy sekä ulko- että sisäilmassa, huonepölyssä, kostuneissa rakenteissa, eristeissä ja tekstiileissä. Pesäkkeet kasvavat nopeasti, jopa alle 5 vuorokaudessa. Pesäke on pulverimainen, vaalea- tai tummanvihreä, harmaa tai keltainen, alapuolelta yleensä vaalea tai keltainen. Itiökannattimet ovat yleensä suoria, yksinkertaisia tai samansuuntaisia, värittömiä tai lievästi värillisiä. Itiökannattimien päässä on joko suoraan tai haaroittumisen jälkeen fialideja, jotka muodostavat pensselimäisen rakenteen. Fialideista kasvaa yleensä pitkiä itiöketjuja (kuvio 6). Kooltaan itiöt ovat 2,5–5 µm, ja ne ovat yksisoluisia, pyöreitä, ellipsoideja, sukkulamaisia, lieriömäisiä, sileitä tai karkeita. (Heikki Niemi.)

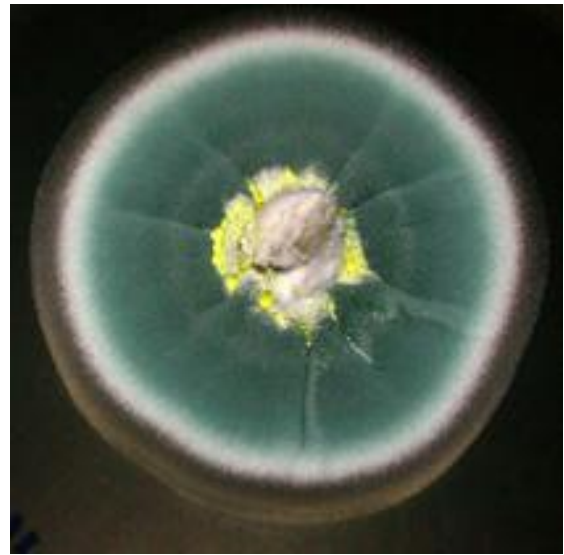
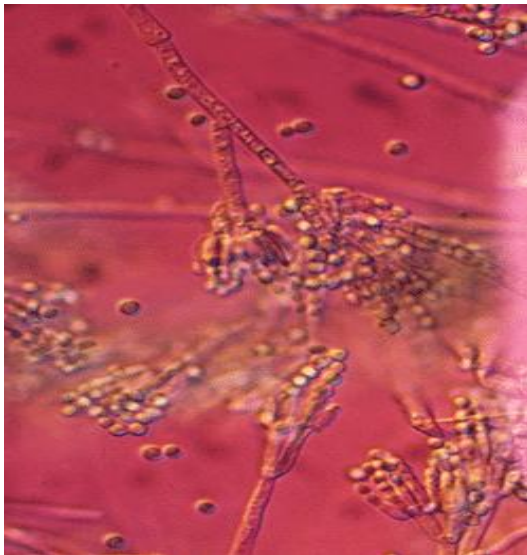


Kuvio 6: *Penicillium*- homeen itiökannattimet ja itiöitä (The University of Adelaide)

Penicillium kasvaa mallasuuteagarilla lämpötila-alueella 0–37 °C, optimikasvulämpötila- alue on kuitenkin melko suppea, ainoastaan 20–25°C. Myös *Penicillium* kasvaa sekä pimeässä että päivänvalossa. *Penicillium* kasvaa yleisesti elintarvikkeissa, maaperässä ja kompostijätteessä. *Penicilliumia* voidaan hyötykäyttää antibioottien, orgaanisten happojen, entsyymien ja aromiaineiden valmistuksessa (esim. juustot ja makkarat). (Heikki Niemi.)

Penicillium on yleisin sisätiloissa todettava home. Sitä todetaan pieninä pitoisuuksina lähes kaikissa rakennuksissa (80 %:ssa pölynäytteistä ja 47 %:ssa ilmanäytteistä). Kosteusvaurion yhteydessä se voi alkaa kasvaa rakenteissa. Tuolloin se voi myös aiheuttaa merkittäviä terveyshaittoja. *Penicilliumia* pidetään ensilinjan homeena eli tuoreeseen kosteusvaurioon viittaavana mikrobina, joka hajottaa pienimolekyylisiä hiilihydraatteja ja tärkkelystä. *Penicillum-* homesienet muodostavat sienimäistä ja homemaista hajua. *Penicillium-* home on allergisoiva ja sillä on myös toksineja tuottavia kantoja, jotka eivät ole erityisen sellulolyyttisiä. (Home ja terveys).

Kuviossa 7 ja 8 vasemmalla on *Penicillium-* homeen mikroskooppikuva ja oikealla pesäkkeet kasvualustalla.



Kuvio 7 ja 8: *Penicillium-*home mikroskooppi kuva ja pesäke (Desinfinator Oy Ltd; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos)

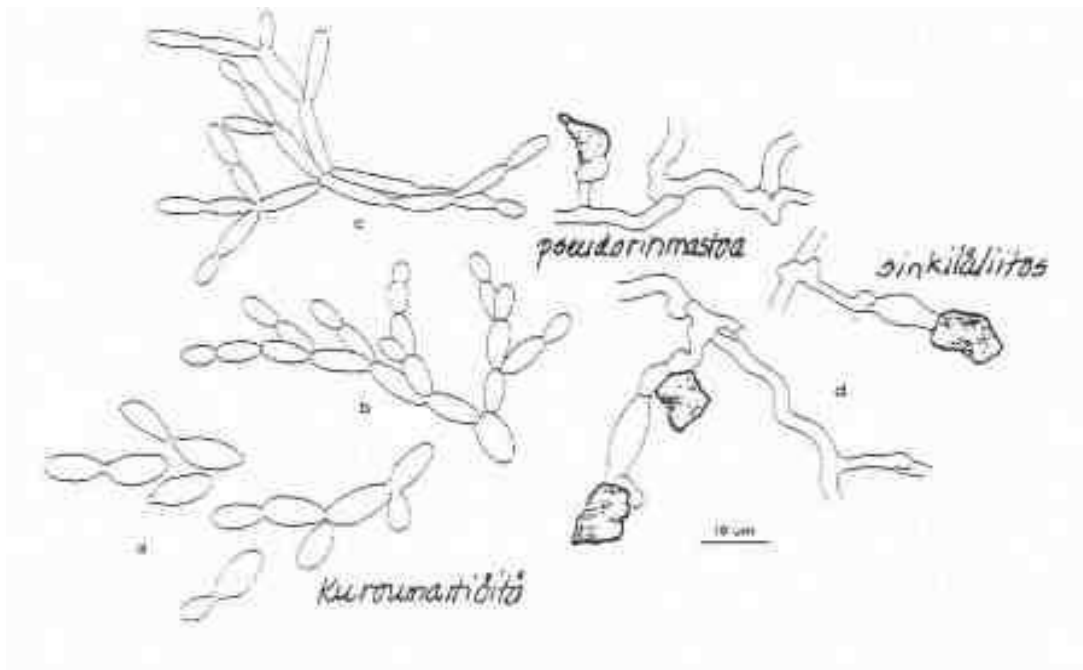
2.4.4 *Chrysolinia*

Chrysolinian pesäkkeet kasvavat nopeasti. Muodoltaan pesäkkeet ovat epäsäännöllisiä tupsuja, aluksi värittömiä, myöhemmin vaaleanpunertavia, jopa oransseja. *Chrysolinian* rihmasto on enemmän tai vähemmän kohoavaa ja sileäseinäistä. Rihmastossa saattaa

esiintyä myös väliseiniä sekä sivuhaaroja, joihin itiöketjut yleensä muodostuvat. Itiöt ovat yksisoluisia, yleensä ketjuissa kiinnittyen toisiinsa läpinäkyvällä säikeellä. Itiöt irtoavat helposti ja vapautuvat puuterimaisena massana kuivissa olosuhteissa. Muodoltaan itiöt ovat ellipsoideja, lieriömäisiä tai pyöreitä. *Chrysolinia* kontaminoi erittäin herkästi ja siitä käytetään myös nimitystä *Monilia*. (Heikki Niemi.)

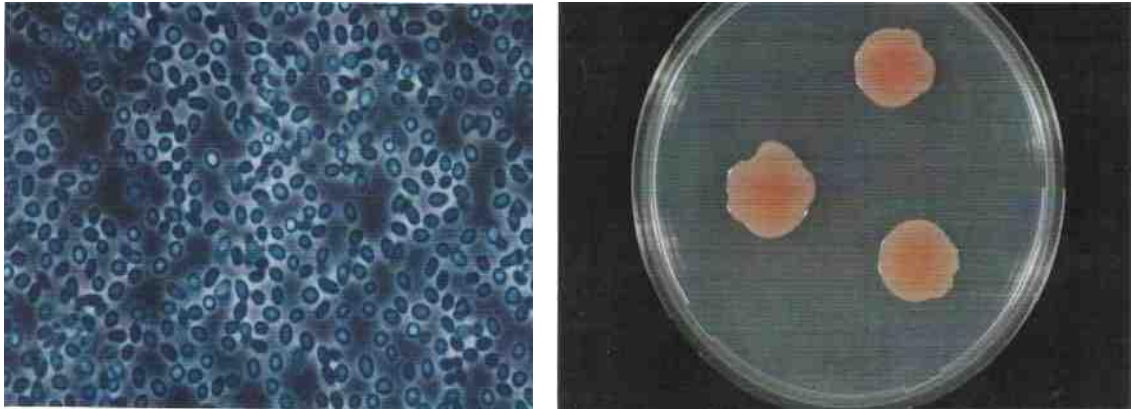
2.4.5 *Rhodotorula*

Rhodotorula on yleisesti esiintyvä hiivasieni, joka kasvaa hyvin kosteassa ja märässä ympäristössä, kuten kylpyhuoneiden lattiasaumoissa ja muovimatossa sekä lattiakaivoissa. Pesäkkeet pinta ovat kiiltäviä ja limaisia, pinnan ollessa sileä tai ruttuinen. Pesäkkeen alapuolella esiintyy usein hienoja juovia. Väriltään pesäkkeet ovat yleensä punaisia tai oransseja. Kuroumaitiöt ovat yleensä ellipsin muotoisia ja ne ovat usein liittyneenä pseudorihmastoon (kuvio 9). Kosteusvauriomikrobina *Rhodotorula* on allergisoiva ja sen aiheuttamia yksittäisiä alveoliittitapauksia on tavattu mm. Tanskasta. (Heikki Niemi; Home ja terveys).



Kuvio 9: *Rhodotorula*- hiivan kuroumaitiöt ja pseudorihmasto (Heikki Niemi).

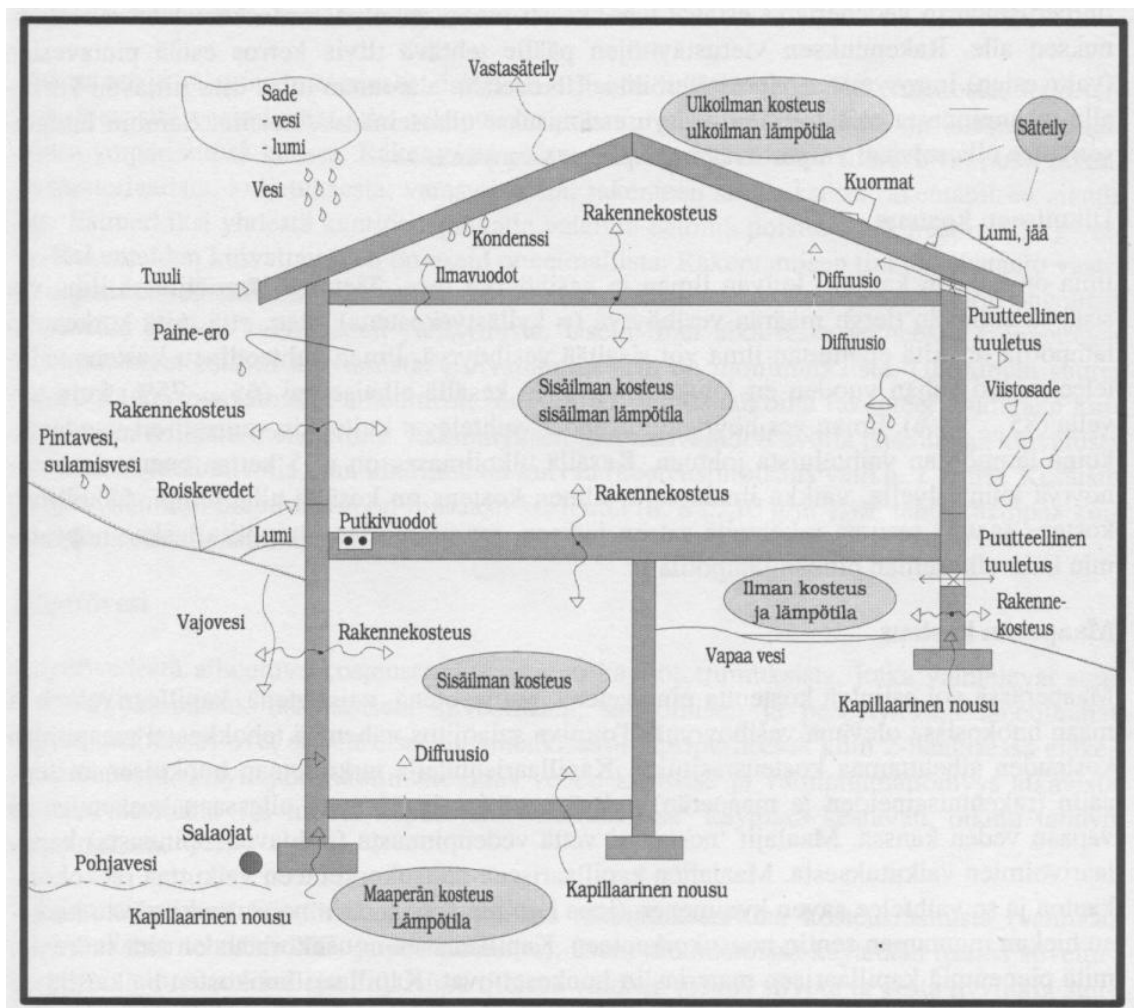
Kuviossa 10 ja 11 vasemmalla on *Rhodotorula*- hiivan mikroskooppikuva ja oikealla pesäkkeet kasvualustalla.



Kuvio 10 ja 11; *Rhodotorula*- hiiva (Heikki Niemi)

3 Home- ja kosteusvauriot

Hometta alkaa kasvaa rakennuksiin yleensä kosteusvaurion seurauksena, sillä kasvaakseen home- ja sädesienet tarvitsevat kosteutta. Homekasvusto voi olla joko piilossa rakenteiden sisällä tai pinnalla näkyvissä. Kuten kuviosta 12 huomataan, kosteus voi päästä rakenteisiin usealla eri tavalla, sekä ulkoa että sisältä. Ulkoa kosteus voi tulla katon, seinien tai ikkunarakenteiden kautta sekä maaperästä. Rakennuksen sisältä kosteutta voi tulla esimerkiksi putkivuotojen tai kosteiden tilojen puutteellisen vedeneristyksen takia. Rakenteisiin saattaa tiivistyä kosteutta myös puutteellisen lämmöneristyksen takia. Mikrobikasvun ja sitä myötä mikrobien vapautumisen huoneilmaan voi aiheuttaa myös rakennusvaiheen aikana tapahtunut materiaalien tai rakenteiden kastuminen. (Asumisterveysopas 2009, 149; Puhakka & Kärkkäinen 1996, 21.)



Kuvio 12: Rakennuksen kosteuslähteet (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 21)

3.1 Toteaminen

Kosteus ja mikrobikasvu aiheuttavat yleensä silmännähtäviä muutoksia materiaaleissa ja erilaisilla pinnoilla. Tällaisia muutoksia ovat muun muassa pintamateriaalien värinmuutokset, maalin- tai muovimaton irtoaminen pinnoilta sekä vesivaurio- ja vuotojäljet. Muutoksen ja mahdollisen vaurion tunnistaminen on tärkeää, jotta tarvittaviin selvityksiin ja korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. (Asumisterveysopas 2009, 150.)

Ennen kosteusvaurion korjaamista on tärkeää arvioida vesivaurion levinneisyys ja haitta-aste sekä se miten kosteus on päässyt rakenteisiin. Nämä saadaan selville tutkimalla rakenteet kosteusmittausten ja sisäilma mikrobipitoisuustutkimusten ja rakennenäytteiden avulla. Veden levinneisyys rakenteissa selvitetään rakenteiden kosteusmittauksilla, kun taas ilman mikrobien, sieni- ja sädesieni-itiöiden pitoisuusmittauksilla saadaan selville, mahdollinen veden aiheuttama mikrobikasvu. Avaamalla vaurioalueen rakenteet voidaan tutkia tarkemmin homehtuneet alueet ja mahdolliset rakenteiden lahovauriot. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 62.)

3.1.1 Kosteusmittaukset

Rakenteiden kosteusmittauksilla saadaan selville, miten laajalle alueelle kosteus on levinnyt. Rakenteellinen kosteus määritetään mitta- anturilla rakenteeseen porattujen ja vuorokauden ajan tulpattuina olleiden reikien kautta. Kosteus ilmoitetaan rakenteen ilmatilan suhteellisena kosteutena. Suhteellinen kosteus saisi olla enintään 60- 70 %. (Puhakka & Kärkkäinen 1996, 86.)

Pintojen ja rakenteiden kosteusmittaukset tulee tehdä huolella. Tämän vuoksi arvion tekijällä tulee olla tarvittava asiantuntemus kosteudenilmaisimien sekä kosteusmittareiden toiminnasta ja mittaustulosten tulkinnasta. Kosteusmittausten lisäksi tulisi selvittää rakennuksen ilmanvaihtuvuus, huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. (Asumisterveysopas 2009, 150.)

3.1.2 Mikrobimittaukset

Mikrobiologisilla näytteenottomenetelmillä pyritään toteamaan ja mahdollisesti myös paikallistamaan epätavallinen mikrobikasvusto. Mikrobimittauksia tarvitaan erityisesti silloin, kun kosteus- tai homevaurio ei ole silmin havaittava. Mikrobiologisia näytteitä on mahdollista ottaa pinnoilta, rakennusmateriaaleista sekä ilmasta. (Kosteus ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 26).

Mikrobivaurioituneessa rakennuksessa tulisi näytteenoton yhteydessä silmämääräisesti tarkastuksen lisäksi tutkia mahdollisimman perusteellisesti fysikaaliset tekijät. Ainakin sisäilman lämpötila ja kosteus pitäisi mitata sekä mahdollisuuksien mukaan myös rakennuksen ilmanvaihto. (Asumisterveysohje 2003:1, 77.)

3.1.2.1 Pinta- ja materiaalinäytteet

Pintänäytteellä pyritään ottamaan näyte rakenteen pinnasta, siihen kiinnittyneestä tai laskeutuneesta pölystä tai kasvustosta. Näyte voidaan ottaa pyyhkimällä tietyn kokoinen alue esimerkiksi kostutetulla vanupuikolla, josta laboratoriossa viljellään homeet, tai kiinnittämällä näyte teippiin. Pintanäyte on mahdollista ottaa myös suoraan elatusalustalle. Teippinäyte voidaan mikroskopoida heti ilman kasvatusta, jolloin etsitään rihmastoja homekasvun merkkinä. Tosin tällöin lajitunnistusta ei voida tehdä ja kasvuston määrän arviointikin on vaikeaa. (Seuri & Reiman 1996, 27.)

Harvoin home-, hiiva- ja bakteerikasvustot ulottuvat kasvualustan pintaa syvemmälle, joten mikrobikasvusto voidaan selvittää pinnoilta otetuista näytteistä. Pintänäytteenotto soveltuu erityisesti hyvin koville materiaaleille, kuten betoni-, kaakeli-, muovi-, tai puupinnoille sekä tapetti- ja maalipinnoille. Jotta otetut näytteet edustaisivat tutkittavaa tilaa mahdollisimman hyvin, olisi näytteitä suotavaa ottaa useampi kuin yksi, esimerkiksi 2–5 näytettä vaurion laajuudesta riippuen. Näytteenottokohdat olisi hyvä valita mahdollisuuksien mukaan vaurioalueen eri puolilta. Mikäli epäillään kasvustoa esiintyvän useiden eri materiaalien pinnoilla, tällöin jokaisesta materiaalista otetaan ainakin yksi pintanäyte. (Asumisterveysopas 2009, 154–155.)

Rakennusmateriaalinäyte on rakennusmateriaalin pinnalta tai vaurioituneesta rakenteesta otettu näytepala viljelyä varten. Näytteen suora mikroskopointia on suositeltavaa käyttää materiaalinäytteen tutkimisessa varsinkin silloin, kun kostunut materiaali on kuivunut, mutta siinä olevat mikrobit aiheuttavat edelleen emissioita sisäilmaan. (Asumisterveysohje 2003:1).

3.1.2.2 Ilmanäytteet

Sisäilmamittauksilla pyritään selvittämään sisäilman mikrobipitoisuudet, suvusto ja ovatko ne tavanomaiset rakennuksen ikään, sijaintiin ja vuodenaikaan nähden. Sisäilman mikrobimittauksia käytetään erityisesti silloin, kun vauriokohtaa tai mikrobikasvustoa ei ole voida havaita paljain silmin tai jos halutaan osoittaa, että mikrobit ovat levinneet sisätilaan rakennuksessa muualla sijaitsevasta mikrobikasvustosta. (Asumisterveysopas 2009, 156–157.)

Mikrobien näytteenottoon suositellaan Andersenin keräintä eli impaktoria (6- tai 2-vaiheimpaktori). Mittaukset tulisi tehdä talvella, koska tällöin ulkoilman sieni-itiö- ja sädesienipitoisuudet ovat pienimmillään. Jos sisäilman mikrobipitoisuuksia mitataan sulan maan aikana, on samanaikaisesti otettava näyte myös ulkoilmasta, jolloin saadaan selvitettyä ulkoilman mikrobisuvusto ja sienipitoisuus. Ulkoilmanäyte tulisi ottaa noin 5 m etäisyydeltä rakennuksen lähimmästä seinästä ja noin 1,5 m korkeudelta. Näytettä ei myöskään tulisi ottaa katoksen alta. (Asumisterveysohje 2003:1, 78–79; Asumisterveysopas 2009, 157.)

3.2 Mikrobin kasvuedellytykset rakennuksessa

Ravinteet

Mikrobien haitallisuus, kasvunopeus sekä myrkyllisyys riippuvat kasvuoloista ja rakennusmateriaaleista. Kasvaakseen mikrobit tarvitsevat hiiltä, typpeä, rikkiä, fosforia ja vettä sekä pieniä määriä muita ravinteita ja sopivan lämpötilan. Näitä ravinteita

löytyy sekä useammista rakennuksista sekä rakennus- ja sisustusmateriaaleista. Entsyymiensä avulla mikrobit pystyvät muuttamaan materiaalien monimutkaiset yhdisteet yksinkertaiseen muotoon. Mikrobit pystyvät hajottamaan esimerkiksi puuta, selluloosaa, hemiselluloosaa ja seinäpaperia, orgaanisia eristeitä, hiilihydraatteja ja valkuaisaineita sisältäviä liimoja, maaleja, laasteja ja tekstiileistä erityisesti luonnonkuituja. Mikrobit eivät pysty hajottamaan kivi- ja rakennusmateriaaleja, kuten mineraalivillaa, metallia, betonia, muovia ja muita synteettisiä polymeereja, tiiliä, laattoja ja muita vastaavia kivituuotteita. Tästä huolimatta esimerkiksi homesieniä kasvaa näiden materiaalien kosteilla pinnoilla, jolloin ne ottavat tarvitsemansa ravinteet materiaalien pinnalla tai ilmassa olevasta pölystä ja vedestä. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 58.)

Muuttamalla kasvualusta pH-arvoa mikrobit pystyvät säätelemään muiden organismien kasvua. Mikrobit voivat myös tuottaa muille organismeille myrkyllisiä yhdisteitä, toksiineja. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 58.)

Lämpötila

Rakennuksissa lämpötila on harvoin mikrobikasvua rajoittava tekijä. Useimmat homeet ja bakteerit kasvavat rakennuksessa yleisesti vallitsevissa lämpötiloissa eli +10– + 50 °C lämpötilassa. Poikkeus on lattiasieni, joka kasvaa vielä -2 °C lämpötilassakin.

Psykofiileiksi kutsutaan alle +10 °C lämpötilassa kasvavia mikrobeja, mesofiiliseksi +10–+ 40 °C kasvavia mikrobeja ja termofiileiksi tai termotoleranteiksi + 20–+ 50 °C, jopa yli + 50 °C kasvavia mikrobeja. Rakennuksissa kasvavista mikrobeista suurin osa on mesofiilisiä. (Puhakka & Kärkkäinen 1994, 58.)

Kosteus

Erityisesti kosteusolosuhteet rajoittavat mikrobien kasvua. Asumisterveysoppaan mukaan mikrobikasvu alkaa rakenteen tasapainokosteuden ylittäessä 80 %. Yleensä bakteerit, esimerkiksi aktinomykeetit, sekä sinistäjä- ja lahottajasienet tarvitsevat enemmän kosteutta kuin homesienet ja hiivat. Lämpötila- ja ravinneolosuhteet vaikuttavat myös mikrobien edellyttämiin kosteusvaatimukseen. Optimaalisissa lämpötila- ja ravinneolosuhteissa mikrobien kasvu voi käynnistyä alhaisemmillä kosteustasoilla kuin niukassa ravinneympäristössä. Mikäli kasvualustan suhteellinen kosteus nousee liian korkeaksi, noin 100 %:iin, homesienien itiöiden tuotanto vähenee

ja sienet kasvavat pääasiassa rihmastoja. Puurakenteissa voi ilmetä myös sinistymä- ja lahovikoja pitkäaikaisen kosteusvaurion seurauksena. Toisin kuin home- ja hiivasienet lahottajasienet voivat siirtää rihmastollaan vettä käyttöönsä kosteasta rakenteesta kuivaan puuhun. Siihen, millainen mikrobikasvusto paikkaan muodostuu, vaikuttavat mm. kosteusolot, lämpötila ja materiaalien koostumus. On hyvä muistaa, että kostuneen rakenteen väliaikainen kuivuminen ei tuhoa mikrobikasvustoa kokonaan, sillä mikrobien itiöt sietävät hyvin kuivuutta. Osa mikrobeista voi jopa jatkaa kasvuaan, jos rakenteen kosteus kohoaa uudelleen. (Asumisterveysopas 2009, 146–147; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 65; Puhakka & Kärkkäinen 1994, 60.)

Rakenteiden mikrobikasvulle sisäilman kosteudella ei ole suurtakaan merkitystä. Huoneilmasta voi tiivistyä kosteutta huoneilman lämpötilaa kylmemmille pinnoille, joka taas voi johtaa mikrobikasvun kehittymiseen pinnoille tai edistää jo olemassa olevan kasvuston leviämistä rakenteessa. Huoneilman liialliseen kosteuteen löytyy usein selitys perustilojen riittämättömästä ilmanvaihdosta. Rakenteissa voi olla märkiä alueita esimerkiksi kattovuodon tai maaperästä nousevan kosteuden seurauksena, vaikka huoneilma olisikin kuivaa. (Asumisterveysopas 2009, 147.)

3.3 Mikrobisto

3.3.1 Indikaattorimikrobit

Indikaattorimikrobiksi kutsutaan mikrobia, jota ei yleensä tavata terveessä, vaurioitumattomassa rakennuksessa. Mikäli rakennuksesta otetussa näytteessä esiintyy indikaattorimikrobeja, on se viittaus rakenteessa olevaan kosteusvaurioon.

Indikaattorimikrobeina pidetään myös ns. tavanomaisia mikrobeja, jos niitä esiintyy suurina pitoisuuksina näytteissä. (Sisäilmayhdistys). Taulukossa 1 on esitetty Kuopion aluetyöterveyslaitoksen tekemä lista kosteusvauriomikrobeista.

Taulukko 1: Kosteusvauriokohteissa esiintyviä mikrobisukuja (Sisäilmayhdistys).

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| • <i>Absidia</i> | • <i>Chrysonilia</i> | • <i>Rhinocladiella</i> |
| • <i>Acremonium</i> | • <i>Chrysosporium</i> | • <i>Rhizopus</i> |
| • <i>Aspergillus flavus</i> | • <i>Engyodontium</i> | • <i>Rhodotorula</i> |
| • <i>Aspergillus fumigatus</i> | • <i>Eurotium</i> | • <i>Scopulariopsis</i> |
| • <i>Aspergillus ochraceus</i> | • <i>Fusarium</i> | • <i>Sporobolomyces</i> |
| • <i>Aspergillus penicillioides</i> | • <i>Exophiala</i> | • Sphaeropsidales |
| • <i>Aspergillus sydowii</i> | • <i>Geomyces</i> | • <i>Stachybotrys</i> |
| • <i>Aspergillus terreus</i> | • <i>Memmoniella</i> | • <i>Streptomyces</i> |
| • <i>Aspergillus versicolor</i> | • <i>Mucor</i> | • <i>Trichoderma</i> |
| • <i>Aureobasidium</i> | • <i>Oidiodendron</i> | • <i>Tritirachium</i> |
| • basidiomykeetit | • <i>Paecilomyces</i> | • <i>Ulocladium</i> |
| • <i>Botrytis</i> | • <i>Phialophora</i> | • <i>Wallemia</i> |
| • <i>Chaetomium</i> | • <i>Phoma</i> | |

3.3.2 Mykotoksiinit

Mykotoksiinit ovat sienten myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita, joita vain osa sienilajeista pystyy kasvun aikana tuottamaan. Jopa saman sienilajin eri sienikantojen välillä on eroja näiden myrkyllisten yhdisteiden tuotossa. Kosteusvaurioiden yhteydessä on yleisimmin puhuttu *Stachybotrys atrasta*, vaikka muutkin yleisesti esiintyvät homeet voivat niitä muodostaa (esimerkiksi *Fusarium*-lajit, *Aspergillus versicolor* ja *Trichoderma viride*). *Stachybotrys atran* toksineihin saattavat liittyä yleisiä ärsytys- ja yleisoireita, kuten yskä, nuha, nenäverenvuodot, kurkun ärsytys, kuume, päänsärky, yleinen heikkous ja iho-oireet erityisesti kasvojen alueella. (Sisäilmayhdistys; Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 52.)

Toksiineja voi syntyä, kun lämpötila ja kosteus ovat lähellä kunkin lajin optimaalisia kasvuolosuhteita. Toksiinin tuotantoon vaikuttavat myös kasvualusta, happi ja hiilidioksidi. Kosteusvauriorakennuksen mahdolliset toksiinintuottajasienet esiintyvät yleisemmin materiaali- kuin ilmanäytteissä. Juuri itiölle altistuminen on erityinen terveystarve, sillä mykotoksiini on itiöissä. Kosteusvaurioiden yleisyys huomioon ottaen mykotoksiinintuottajasienten itiöille ja siis mahdollisille mykotoksiineille altistuminen on

pikemminkin harvinainen kuin yleinen ilmiö. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 52–53; Tiede- lehti)

3.3.3 Mikrobin tuottamat haihtuvat orgaaniset yhdisteet (MVOC)

Kosteusoppaassa kerrotaan mikrobin tuottavan erilaisia aineenvaihduntatuotteita, joista osa on haihtuvia. Usein niiden hajujen yhdistelmää luonnehditaan homeen hajuksi.

Mikrobit tuottavat samoja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (MVOC) kuin kemikaaliperäiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), kuten alkoholeja ja ketoneja. Muun muassa mikrobilaji, mikrobin kasvuvaihe ja kasvualusta vaikuttavat mikrobin VOC-tuotantoon. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 53.)

MVOC:n epäillään aiheuttavan kosteusvauriorakennuksessa oleville ihmisille silmien ja hengitysteiden ärsytysoireita, sillä VOC:t ärsyttävät limakalvoja. Oireiden ja VOC-altistumisen välinen yhteys on kuitenkin varsin epävarmaa, sillä tutkimuksissa on osoitettu, että kosteusvauriorakennuksissa esiintyvät mikrobeista peräisin olevat VOC:t edustavat kovin pientä osaa kokonais-VOC:stä. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 53.)

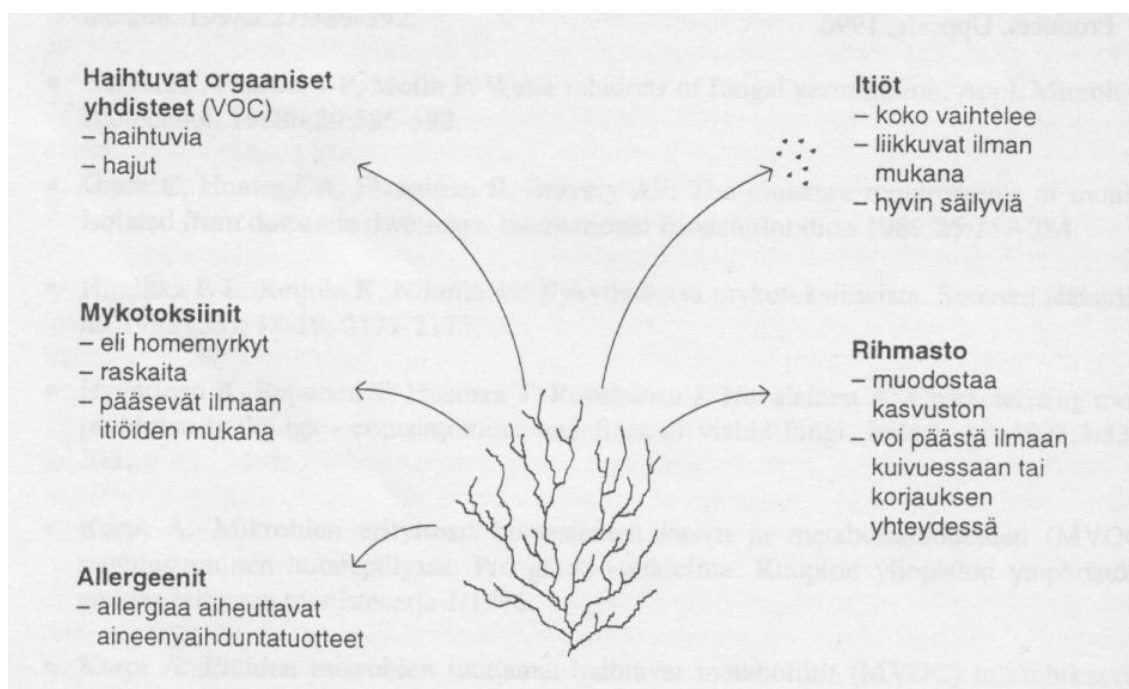
Toistaiseksi ei ole tietoa, vaikuttavatko MVOC:t yksin vai lisäävätkö ne muiden sisäilman epäpuhtauksien haitallisia terveysvaikutuksia. (Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998, 53.)

3.4 Terveyshaitat

Home- ja kosteusvaurioita on tutkittu kymmeniä vuosia. Siitä huolimatta tieto niiden aiheuttamista terveyshaitoista on vielä hajanaista ja osittain epävarmaa. Vieläkään ei siis ole täyttä varmuutta siitä, miksi ihmiset sairastuvat. Oireet ovat kuitenkin selvillä.

Pääasiassa kosteusvauriomikrobit vaikuttavat elimistöön hengitysteitse, jonka seurauksena esimerkiksi nenä vuotaa ja silmät ärtyvät. Toisilla voi esiintyä myös kuumetta, päänsärkyä ja astmaa. (Tiede- lehti 7/2003; Tiede- lehti 6/2009).

Terveydelle haitallisten vaikutusten suhteen tärkeimmät mikrobiryhmät kosteusvauriorakennuksessa ovat bakteerit, homeet ja sädesienet. Altistuminen on mahdollista myös, jos rakennuksen rakenteissa on mikrobeja, niiden itiöitä, haitallisia aineenvaihduntatuotteita ja toksiineja, kuten endotoksiineja ja mykotoksiineja sekä mikrobeista ja kostuneista materiaaleista erittyviä orgaanisia yhdisteitä, josta ne kulkeutuvat ihmisten oleskelutiloihin (kuvio 13). (Asunmisterveysopas 2009, 146; Puhakka & Kärkkäinen 1994, 60.)



Kuvio 13: Homekasvuston tuottamia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja (Seuri & Reiman 1996, 32)

Home- ja kosteusvauriokohteessa esiintyvät oireet johtuvat monen tekijän yhteisvaikutuksesta, jossa toksiineilla uskotaan olevan keskeinen asema. Erityisesti bakteerien kanssa toksiinit voivat aiheuttaa laajan tulehdusreaktion. ”Toksiinit avaavat elimistössä yhden lukon. Kun kosteusvauriosta irtoavat muut yhdisteet tai elimistössä jo aiemmin tapahtuneet muutokset avaavat toisen lukon, reaktio laukeaa.” (Tiede- lehti, 7/2009).

Kosteusvauriossa tavattavien mikrobin terveyshaitat jaetaan yleensä neljään ryhmään:

1. Ärsytysoireet
2. Yleisoireet
3. Toistuvat infektiot
4. Allergiat ja muut pitkäaikaiset haitat

Tämä jako perustuu lukuisiin vauriokohteissa tehtyihin tutkimuksiin ja tapauskuvauksiin, joten siihen on syytä suhtautua varauksin. On myös muistettava, että minkään oireen osalta ei tunneta tarkoin terveyshaitan aiheuttajaa ja sen mekanismi, jolla haitta syntyy, on myös suurelta osin tuntematon. (Seuri & Puhakka 2000, 73–74.)

3.4.1 Ärsytysoireet

Kosteusvauriokohteissa tavattavista oireista silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet ovat yleisimpiä. Henkilöt, jotka ovat altistuneet kosteusvaurio mikrobeille, ovat kuvanneet muita enemmän ylä- ja alahengitystieoireita sekä silmän sidekalvon ärsytysoireita. Ylähengitystieoireiksi luetaan muun muassa nuhaisuus, nenän tukkoisuus, nenän kutina, kirkas vuoto nenästä, aivastelu, kurkun karheus tai kipeys ja äänen käheytyminen. Alahengitystieoireiksi taas luetaan muun muassa yskä, hengenahdistus ja hengityksen vinkuminen. Ärsytysoireiksi luetaan myös silmien kutina, punoitus sekä karheuden tunne silmissä. Mainitut oireet ovat varsin yleisiä ja niitä saattaa esiintyä ihmisillä monistakin eri syistä. Ärsytysoireiden esiintymistä ei siten voi suoraan yhdistää kosteusvauriorakennukseen. Ärsytysoireita voivat aiheuttaa myös mm. alkavan flunssan oireet tai lievä siitepölyallergia. Ärsytysoireet eivät jätä pysyvää terveyshaittaa ja oireiden tulisi hävitä viimeistään parin viikon kuluttua altistumisen loputtua. (Seuri & Palomäki 2000, 74; Seuri & Reiman 1996, 38–39; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos).

3.4.2 Yleisoireet

Tavallisimmat yleisoireet ovat erilaisia hermostollisia oireita, kuten väsymystä, masentuneisuutta, päänsärkyä ja keskittymisvaikeuksia. Lisäksi on todettu kuumeilua ja

vilunväristyksiä sekä pahoinvointia, oksentelua ja ripulointia. Kosteusvauriokohteeseen liittyvistä oireista ainoastaan kuumeilu ja vilunväristykset viittaavat vahvasti mikrobialtistukseen. On kuitenkin hyvä muistaa, että yleisoireet ovat hyvin epäspesifisiä ja voivat johtua monesta muustakin syystä. Esimerkiksi päänsärky ja väsymys voivat viitata myös puutteelliseen ilmanvaihtoon. (Seuri & Palomäki 2000, 74–75)

Kosteusvauriorakennuksessa oleskelevien kuumeilu ja vilunväristykset voivat olla syy myös joko alkavaan aveoliittiin tai niin sanottuun ODTS-oireryhmään. ODTS-oireryhmällä tarkoitetaan orgaanisen pölyaltistumisen aiheuttamaa toksista reaktiota, johon liittyy hengenahdistusta, yskää ja yleisoireina kuumetta ja vilunväristyksiä. Oireryhmän aiheuttajaa ei varmuudella tiedetä, mutta sen epäillään liittyvän endotoksiinialtistumiseen tai muuhun mikrobien seinämäproteiinien altistumiseen. (Seuri & Palomäki 2000, 74–75)

ODTS:n ja aveoliitin erottaminen toisistaan on hankalaa, samankaltaisten oireiden vuoksi. ODTS-oireryhmä epäillään kuitenkin koostuvan useammista sairausryhmistä. ODTS-oireryhmässä reaktiot saattavat kuitenkin olla lievempiä kuin aveoliitissa ja keuhkojen toiminnan muutokset ovat palautuvia. (Seuri & Palomäki 2000, 74–75; Seuri & Reiman 1996, 40; Terve ja puhdat koti, 7)

Yleisoireita esiintyy ärsytysoireita harvemmin. Yleisoireiden syntytavasta ei ole varmaa tietoa, mutta mikrobien erittämällä toksiineilla arvellaan olevan merkitystä niiden synnyssä. Jos yleisoireiden taustalla ei ole allergiaa, niiden pitäisi loppua altistumisen loputtua ilman, että altistuneelle jäisi mitään pysyvää terveyshaittaa. (Seuri & Palomäki 2000, 75.)

3.4.3 Toistuvat infektiot

Ihmisillä, jotka ovat altistuneet kosteusvauriomikrobeille, on todettu tavallista enemmän hengitystietulehduksia. Toistuvilla infektioilla tarkoitetaan hengitystieinfektioita, kuten flunssaa, keuhkoputkentulehdusta tai poskiontelontulehdusta. Harhaluuloista poiketen toistuvilla infektioilla ei siis tarkoiteta kosteusvauriokohteessa kasvavien mikrobien

aiheuttamia harvinaisia tulehdussairauksia. Hengitystieinfektiot alkavat sitä herkemmin mitä enemmän ärsytysoireet tai allergiat ovat vaurioittaneet limakalvoja.

.(Seuri & Palomäki 2000, 75; Seuri & Reiman 1996, 40–41).

Toistuvien infektioiden tulisi myös loppua kosteusvaurion korjaamisen tai sieltä muuton jälkeen. Hankalassa tapauksessa infektion rauhoittumiseen voi tosin vierähtää jopa kuukausia. Kosteus- ja homevauriorakennuksiin liittyvissä toistuvissa infektioissakaan ei ole mitään sellaisia piirteitä, joiden avulla voitaisiin päätellä kyseisten infektioiden johtuvan ympäristöstä, vaan sairauden puhkeaminen on todennäköisesti monen tekijän summa. (Seuri & Palomäki 2000, 75; Seuri & Reiman 1996, 40–41).

3.4.4 Astma, allergia ja muut pitkäaikaiset haitat

Astma on varsin yleinen kosteusvauriorakennuksissa esiintyvä oire. Homerakennuksiin liittyvien astmojen tutkimukseen liittyy kuitenkin suuria ongelmia. Ensinnäkin ainoastaan pieni osa kosteus- ja homevauriorakennuksissa liittyvistä astmoista on niin sanotusti atooppisia eli IgE-välitteisellä mekanismilla syntyviä. Yleiset ympäristössä olevat allergiaa aiheuttavat tekijät toimivat kyseisen mekanismin välityksellä. (Seuri & Palomäki 2000, 75–76.)

Taulukossa 2 on esimerkkejä yleisimmistä allergiaa aiheuttavista mikrobisuvuista.

Taulukko 2: Välitöntä yliherkkyyttä eli I- tyyppin allergiaa aiheuttavia kosteusvauriomikrobisukuja (Husman ym. 2002, 18)

<i>Alternaria</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>Phoma</i>
<i>Aureobasidium</i>	<i>Rhodotorula</i>
<i>Fusarium</i>	<i>Serpula</i>
<i>Geotrichum</i>	<i>Trichoderma</i>
<i>Mucor</i>	<i>Streptomyces</i>

3.5 Korjaaminen

Kosteusvaurion korjauksen tavoitteena on selvittää ja poistaa siihen johtaneet syyt. Jotta vauriot voidaan korjata, jokaisessa kohteessa tulee selvittää niiden laajuus ja laatia suunnitelma niiden korjaamiseksi. Rakenteet joudutaan usein avaamaan, jotta vaurioiden laajuus saadaan selvitettyä. Kosteat rakenteet tulee kuivata niin, että suhteellinen kosteus on alle 60 %. (Puhakka & Kärkkäinen 1996, 93.)

Home on mahdollista hävittää rakenteista joko poistamalla home rakenteen pinnalta mekaanisesti tai vaihtamalla homehtuneet materiaalit kokonaan. Home- ja lahovauriotapauksissa korjaukset tulee ulottaa selvästi vaurioituneen alueen ulkopuolelle. (Puhakka & Kärkkäinen 1996, 93.)

Rakenteissa esiintyvien mikrobikasvustojen poistamiseen voidaan käyttää desinfiointiaineita. On kuitenkin muistettava että tämä ei sovellu kosteusvaurion pääasialliseksi korjauskeinoksi, sillä desinfiointiaine vain heikentää mikrobikantaa ja sen vaikutus on lyhytaikainen. Desinfiointiaineet, jotka sisältävät hypokloriittia, klooria ja glukolia estävät homekasvua tehokkaimmin. (Puhakka & Kärkkäinen 1996, 93.)

3.6 Ohjearvot

Sisäilman mikrobeille ei ole olemassa selkeitä terveysterveysteisiä enimmäispitoisuuksia tai ohjearvoja. Arvojen asettaminen on vaikeaa, sillä sisäilman mikrobipitoisuudet saattavat vaihdella hyvinkin paljon eri rakennusten välillä. Pitoisuuksia arvioitaessa on lisäksi otettava huomioon vuodenajan vaikutus. Ja vaikka sisäilman mikrobipitoisuus olisi matala, se ei pois sulje kiinteistössä mahdollisesti muhivaa mikrobiongelmaa. (Asumisterveysopas 2009, 170–171; Husman ym. 2002, 27).

Asumisterveysoppaan ja asumisterveysohjeen mukaan seuraavia tulkintaohjeita voidaan kuitenkin käyttää sisäilman mikrobipitoisuuksia arvioitaessa:

- Sisäilman $<100 \text{ cfu/m}^3$ sieni-itiöpitoisuus on tavanomainen

- 100- 500 cfu/m³ sieni-itiöpitoisuudet ovat kohonneita, erityisesti talviaikaan. Lisäksi jos mikrobisuvusto on tavallisesta poikkeava mikrobikasvuston esiintyminen on todennäköistä.
- Jos talviaikana otetun näytteen sisäilman sieni-itiöpitoisuus on yli 100 cfu/m³ ja se on samanaikaisesti kaksi kertaa niin suuri kuin vertailurakennuksen pitoisuus, arvo on kohonnut.
- Talviaikaan sisäilman sieni-itiöpitoisuus on korkea ja viittaa mikrobikasvustoon, mikäli pitoisuus on >500 cfu/m³.
- Sädesienien 10 cfu/m³ ylittäviä pitoisuuksia pidetään kohonneina, ja se viittaa rakennuksessa esiintyvään mikrobikasvustoon ja sisäilman aiheuttamaan terveyshaittaan.
- Bakteerien normaali pitoisuus kaikkina vuodenaikoina on <4500 cfu/m³. Arvon ylitys viittaa puutteelliseen ilmanvaihtoon.
- Tulos, jossa ei esiinny indikaattorimikrobeja ja sisäilman mikrobipitoisuus on muutenkin pieni, ei pois sulje mahdollista mikrobikasvustoa rakennuksessa. (Asumisterveysopas 2009, 170–171; Asumisterveysohje 2003, 80–81)

4 Mittaukset

Mittaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun tiloissa syksyn ja talven 2009 aikana. Ilmanäytemittaukset suositellaan tekemään talvella lumi- ja jääpeitteen aikaan, jolloin sisäilmassa on mahdollisimman vähän ulkoilman mikrobeita. Osasta tiloista kuitenkin tehtiin mittaukset myös syyskuussa, jotta pystyttäisiin vertailemaan syksyllä ja talvella saatuja tuloksia. Syksyllä otettiin myös ulkoilmanäyte. Mittauksista tiedotettiin etukäteen kiinnittämällä tilojen oviin mittauksista ja mittausajankohdasta kertova tiedote.

4.1 Mittauskohteet

Mittauskohteiksi pyrittiin valitsemaan tila, jossa on jo aiemminkin tehty vastaavanlaisia mittauksia, tila jossa uskotaan olevan mahdollista kosteus- tai homevauriota sekä remontoitu tila, joka antaa vertailukohtaa alkuperäisen ja remontoitun tilan eroille. Tiloista kaksi on opettajien käytössä, yksi oppilaiden käytössä sekä yksi tila toimii varastona.

C 100

Tila toimii rakentajanäyttelytilana ja sen käytöstä vastaavat rakennuspuolen opiskelijat. Tilaa käyttää noin 1–20 henkilöä päivittäin (maanantai–perjantai). Tilan ilmanvaihdosta huolehditaan koneellisella tulo- ja poistoilmalla. Tosin tilan ilmanvaihdossa on ollut jonkin verran ongelmia. Erityisesti tuloilma toimii huonosti. Ongelmia aiheuttavat viereisen I-siiven korjaustyöt sekä kemianlaboratorioissa olevat lukuisat vetokaapit. Vetokaappien ollessa päällä, tuloilmaa ei riitä tarpeeksi muihin tiloihin. (Petri Ojala).

Tilassa on aiemminkin tehty sisäilman mikrobimittaus (21.2.2006), mutta silloin ei löydetty viitteitä kosteusvauriosta. Tutkimustulokset löytyvät liitteestä 1. Tila sijaitsee H-siiven ensimmäisessä kerroksessa, ennen kemian laboratorioita. H-siipi on rakennettu 1976, joten rakennus alkaa olla melko vanha. H-siipeen suunnitellaan peruskorjausta 2011–2012. (Petri Ojala).

H-siipi, sosiaalitila

Tila on sosiaalitila, jota käytetään töihin tultaessa ja sieltä lähdettäessä. Käyttäjiä tilalla on alle kymmenen henkilöä. Kuten jo tilan C100 kohdalla mainittiin, H-siipi on rakennettu 1976 ja siihen kaavaillaan peruskorjausta vuosille 2011- 2012. Myös sosiaalitilan ilmanvaihto hoituu koneellisella tulo- ja poistoilmalla. Kuviot 14 ja 15 on otettu kyseisestä tilasta. (Petri Ojala).



Kuvio 14 ja 15: H-siiven sosiaalitila

F00-06

Tila on sosiaalitila, jota käytetään lähinnä töihin tultaessa ja sieltä lähtiessä. Tilaa käyttää muutama henkilö ja käyttöaika on noin 1–20 minuuttia/henkilö.

F-siipi on rakennettu 1967, mutta siihen on tehty peruskorjaus ja rakennettu laajennusosa vuonna 2001. Peruskorjauksen ansiosta rakennuksessa on hyvin toimiva koneellinen tulo- ja poistoilma sekä lämmöntalteenotto. Tilaa siivotaan 5 kertaa viikossa. (Petri Ojala). Kuten kuvioista 16 ja 17 nähdään, tila siisti ja hyvässä kunnossa.



Kuvio 16 ja 17: F00-06, sosiaalitila

G-siipi, väestönsuoja

Tila toimii varastona, joten tilalla ei ole varsinaisia käyttäjiä (kuviot 18 ja 19). Tilassa on koneellinen poistoilma, tuloilmasta ei ole varmaa tietoa. Tilan ilmanvaihto ei ole kovin hyvä. Tilaa ei myöskään siivota usein. G-siipi on rakennettu vuonna 1967. Koko G-siipi on suunniteltu purettavaksi ja tilalle uusi rakennus vuosien 2010–2011 aikana. (Petri Ojala.)



Kuvio 18 ja 19: G-siiven väestönsuoja

4.2 Näytteenotto

Sisäilmanäytteet otettiin huoneen keskeltä, noin 1–1,5 m korkeudelta. Näytteenoton aikana pyrittiin välttämään oleskelua keräimen välittömässä läheisyydessä. Jokaisesta tutkimuskohteesta otettiin näytteet sekä sienten (2 % mallasuuteagar) että bakteerien (tryptoni-hiivauute-glukoosiagar) kasvualustoille.

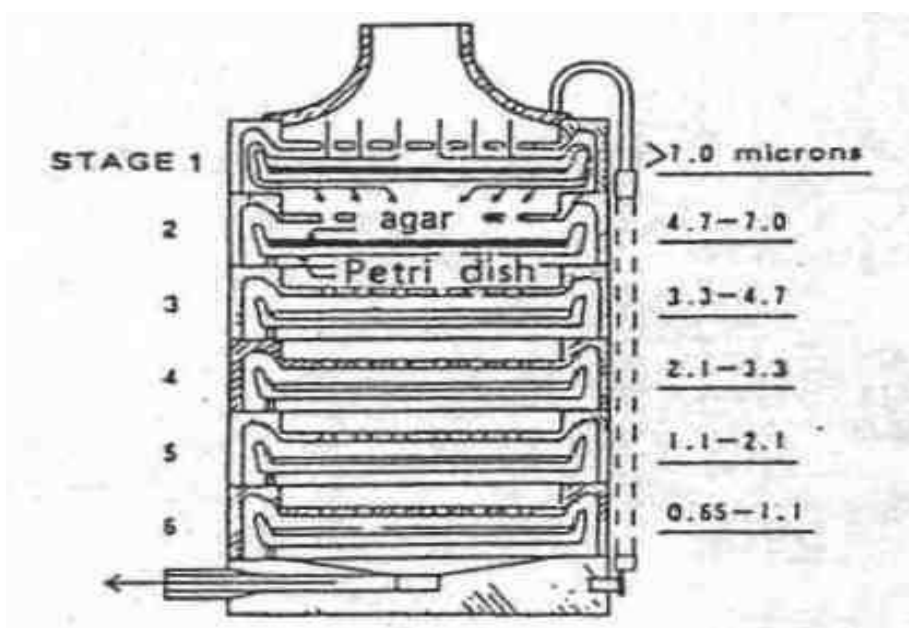
4.2.1 Andersenin keräin

Andersenin keräin eli 6- vaiheimpaktori on yleisesti käytetty aktiivikeräyslaite, joka alipainepumpun avulla imee sisäilmaa suoraan kammioon (kuvio 20). Elatusalustat asetetaan kammiossa olevien siivilälevyjen väliin, siten että kiertävä ilma pääsee jakamaan sisäilman epäpuhtaudet hiukkaskoon (0,65–7 µm) mukaan, samaan tapaan kuin ihmisen hengitysteissä (kuvio 21). Siihen, mihin vaiheeseen itiöt joutuvat,

vaikuttavat itiön pintarakenteet, muodostumistapa (yksittäin, ketjussa) sekä kehitysaste (vastasyntynyt vai kypsä itiö). Laboratoriossa maljoille saadun mikrobit kasvatetaan sellaisenaan ja niillä kasvavat pesäkkeet lasketaan. Tulokset ilmoitetaan pesäkelukuna kuutiometrissä ilmaa (cfu/m³). Yksikkö ilmoittaa ilmassa olevien, elävien, lisääntymiskykyisten mikrobien ja itiöiden määrää ilmakuutiometrissä. (Käyttöohje; Seuri & Reiman 1996, 28)



Kuvio 20: Andersenin keräin eli 6- vaiheimpaktori



Kuvio 21: Poikkileikkaus Andersenin keräimestä (Käyttöohje)

4.2.2 Toiminta näytteenoton aikana

Sisäilman mikrobinäytteet tulisi ottaa ajankohtana, joka edustaa mahdollisimman hyvin tilan normaalia käyttötilannetta. Monet toiminnot voivat tilapäisesti kohottaa sisäilman sieni-itiöpitoisuutta, jopa 10–100 kertaiseksi taustatasoon verrattuna tai muuttaa sienilajistoa. Tästä syystä huoneessa ei tulisi käsitellä tekstiilejä, elintarvikkeita ja puuta tai siivota 1–2 tuntia ennen mittauksia. Myös ikkunat ja ovet tulisi pitää suljettuina. (Asumisterveysopas 2009, 157.)

Ennen ensimmäistä näytteenottoa alipainepumppua lämmitetään noin 1 minuutin ajan ja laite asetetaan steriilin leikkausliinan päälle. Ennen jokaista näytteenottoa kaikki impaktorin osat, tiivisteet mukaan lukien, puhdistetaan huolellisesti 70 % etanolilla. Puhdistuksen aikana tulee huolehtia myös käsien puhtaudesta (käsineet, puhdistetaan etanolilla). Agarmaljat asetetaan impaktoriin ja maljojen kannet asetetaan alaspäin puhtaan alustan päälle. Näytteenoton alettua virtausnopeus säädetään mahdollisimman tarkasti 28,3 l/min. Virtausnopeus tarkistetaan eli kalibroidaan kerran vuodessa. Näytteenottoaika on 10 minuuttia. Näytteenotonaikana maljojen kansiin kirjoitetaan päivämäärä, kohteen nimi sekä impaktorin vaihe. Näytteenoton jälkeen keräin puretaan, maljojen kannet asetetaan paikoilleen ja maljat teipataan yhteen. Tavallisesti maljat vielä suojataan kelmulla tai minigrip- pussilla. Näytteenoton jälkeen maljat toimitettiin analysoitavaksi Eurofins Scientific Finland Oy:n laboratorioon.

Näytteenotonaikana mitattiin myös kosteus ja lämpötila kohteessa sekä kirjattiin ylös näytteenottoaika, henkilöiden lukumäärä ja mahdolliset mikrobihaittaa koskevat havainnot. Esimerkki näytteenottolomakkeesta on liitteestä 2.

4.2.3 Kosteus ja lämpötila

Kosteus ja lämpötila mitattiin Testo minisarjaan kuuluvalla pienellä paristoilla toimivalla kosteus ja lämpötilamittarilla. Mittaus suoritettiin jokaisessa kohteessa kerran, yleensä ensimmäisen ilmanäytteenoton aikana. Laite oli erittäin helppokäyttöinen.

Sisäilmastoluokitus ja suositusarvot

Sisäilmastoluokitus antaa suositusarvot muun muassa sisäilman kosteudelle ja lämpötilalle. Sisäilmastoluokitus jaetaan kolmeen tasoon, S1, S2 ja S3. Luokitus on tehty useiden tutkimusten ja aistinvaraisten kokemusten perusteella. (Husman ym. 2002, 28). Sisäilmastoluokituksessa 2000 tavoitearvot ovat määriteltä seuraavasti:

S1 – Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä ja lämpöolot ovat viihtyisät kesällä ja talvella. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja ja tarvittaessa parantamaan sisäilman laatua tehostamalla ilmanvaihtoa. Lämpöolot ja ilman laatu täyttävät pääsääntöisesti myös käyttäjien erityisvaatimukset (esim. vanhusväestö, allergikot, hengityselinsairaat).

S2 – Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä ja lämpöolot vedottomat. Kesän kuumimpina päivinä lämpötila nousee viihtyisän tason yläpuolelle.

S3 – Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot täyttävät säännösten tarkoittamat vähimmäisvaatimukset. Ilma saattaa ajoittain tuntua tunkkaiselta ja vedon tunnetta saattaa esiintyä. Ylilämpeneminen on yleistä kuumina kesäpäivinä. (Husman ym. 2002, 28).

Taulukossa 3 on esitetty sisäilmaston kosteutta ja lämpötilaa koskevat suositusarvot Sisäilmastoluokitus 2000 mukaan.

Taulukko 3: Kosteuden ja lämpötilan suositusarvot (Sisäilmastoluokitus 2000)

	S1	S2	S3
Kosteus %	25...45	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Lämpötila oC			
Kesällä	23...24	23...26	22...27
Talvella	21...22	20...22	20...23

Vertaan tiloista mitattuja lämpötiloja sisäilmastoluokitus 2000:n antamiin arvoihin, sillä vuoden 2008 sisäilmastoluokituksen antaman suositusarvot ovat operatiivisella lämpömittarilla mitatuille lämpötiloille.

Lisää lämpötilan ja kosteuden vaikutuksesta sisäilman laatuun voi lukea Anna Haaralan opinnäytetyöstä; Sisäilmatutkimus Tampereen ammattikorkeakoulussa, Tutkimus ilmanvaihdon vaikutuksesta sisäilman laatuun. Työssään Anna esittelee myös uusimmat suositusarvot sisäilman lämpötilalle Sisäilmastoluokitus 2008 mukaan. (Anna Haarala 2009).

4.3 Syksyn mittaukset

Syksyn mittaukset tehtiin 11.9.2009. Mittauskohteina oli C100 eli rakentajanäyttelytila sekä F00-06 eli F-siiven sosiaalitila. Lisäksi otettiin ulkoilmanäyte.

C 100

Näytteet otettiin 11.05–11.35 välisenä aikana. Tila oli mittauksen aikana tyhjillään. Ennen mittausten aloittamista huomasimme tilassa olevan kahvinkeitin jossa kasvoi runsaasti hometta. Homeen peitossa oli sekä keittimen suodatinpussiosa sekä itse kahvipannu. Kesken mittausten ovi avattiin, jolla saattaa olla myös vaikutusta löytyneisiin mikrobeihin. Tila sijaitsee I-siiven vieressä, jossa oli alkamassa remontti. Muuten mittaukset sujuivat melko joutuisasti. Ilmamittausten yhteydessä mitattiin myös kosteus (44,2 % RH) ja lämpötila (25,1 °C).

F00-06

Näytteet otettiin 12.05–12.35 välisenä aikana. Tila oli mittauksen aikana tyhjillään. Tila vaikutti hyväkuntoiselta ja siistiltä. Mittaushetkellä kosteus oli 50,4 % RH ja lämpötila 21,9 °C.

Ulkoilmanäyte

Ulkoilmanäytteet otettiin iltapäivällä aikavälillä 13.10–13.40. Näyte otettiin B- ja E-rakennusten välisestä kulmasta, ovien B32 ja B33 välistä. Alueella oli asfalttia ja nurmikkoa. Alue toimii parkkipaikkana. Mittaushetkellä paistoi aurinko ja tuuli oli

heikkoa. Ulkoilman suhteellinen kosteus oli 51,6 % RH ja lämpötila oli 19,3 °C.

Ulkonäyte otettiin Asumisterveysoppaan antamien ohjeiden mukaan, eli näytettä ei otettu katoksen alta ja näytteenottopiste sijoitettiin 5 m päähän seinästä.

Taulukkoon 4 on koottu syksyllä (11.9.2009) otettujen näytteiden tulokset liitteiden 3–5 pohjalta. Taulukossa 5 on esitetty syksyn mittauksen yhteydessä mitatut tilojen suhteellinen kosteus ja lämpötila.

Taulukko 4: Syksyn mittaustulokset

Näytteenottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Sieni-itiöt, pitoisuus, cfu/m ³	Bakteerit, pitoisuus, cfu/m ³	Sädesienet, pitoisuus, cfu/m ³
C 100	Rakentajanäyttely	11.9.2009	130	690	11
			Cladosporium sp. 40%		
			Chrysolinia sp. 30%		
			Penicillium sp. 23%		
			Steriilit 7%		
F00-06	Sosiaalitala	11.9.2009	32	78	ei todettu
			Cladosporium sp. 45%		
			Aspergillus sp. 11%		
			Steriilit 44%		
Ulko	Sisäpiha	11.9.2009	380	110	7
			Cladosporium sp. 86%		
			Penicillium sp. 2%		
			Muita homeita 5%		
			Steriilit 6%		
			Hiivoja 1%		

Taulukko 5: Mittausolosuhteet syksyllä

Tila	C100	F00-06	ULKO
Suhteellinen kosteus %	44,2	50,4	51,6
Lämpötila °C	25,1	21,9	19,3

4.4 Talven mittaukset

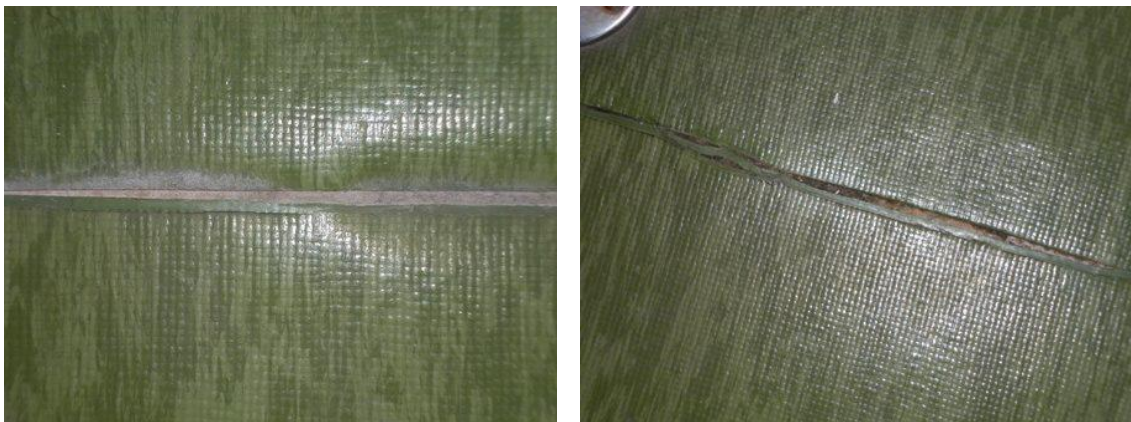
Talvella tehtyjen mittauksen ajankohta oli 16.12.2010. Tuolloin ulkona oli pakkasta noin -15 astetta ja luntakin oli maassa muutama sentti. Tällä kertaa mittaukset suoritettiin jokaisessa neljässä tilassa. Ulkoilmanäytettä ei otettu.

C 100

Näytteet otettiin aamulla kello 9.00–10.00. Mittausten aikana tilassa oli meidän lisäksi pari muutakin ihmistä. Tällä saattaa olla hieman vaikutusta mittaustuloksiin. Suhteellinen kosteus tilassa oli 23,3 % RH ja lämpötila oli 21,7 °C.

H- siiven sosiaalitila

Näytteet otettiin aamulla 10.10–10.40 välisenä aikana. Tilassa ei ollut ylimääräisiä henkilöitä. Silmämääräisesti ainakin suihkun läheisyydessä muovimatto oli hieman irronnut saumoistaan (kuvio 22 ja 23). Mittaushetkellä suhteellinen kosteus oli 22 % RH ja lämpötila 20 °C.



Kuvio 22 ja 23: Muovimattojen saumat

F00-06

Näytteet otettiin 11.10–11.40. Tilassa ei ollut muita ihmisiä. Suhteellinen kosteus oli 16,3 % RH ja lämpötila 21,6 °C.

G-siiven väestönsuoja

Näytteet otettiin kello 12.10–12.40. Tila toimii varastona ja mittaushetkellä siellä oli säilytyksessä metsäinsinöörien saappaita, työpukuja, kypäriä ym. (kuvio 24). Tilaan mentäessä pystyi haistamaan melko vahvan kellarin hajun. Suhteellinen kosteus oli 29,2 % RH ja lämpötila 20,5 °C.



Kuvio 24: Metsureiden tarvikkeita

Taulukkoon 6 on koottu talvella (16.12.2009) otettujen näytteiden tulokset liitteiden 6–9 pohjalta. Lisäksi taulukossa 7 on esitetty tiloista mitatut suhteellinen kosteus ja lämpötila.

Taulukko 6: Talven mittaustulokset

Näyteen- ottopiste	Näyteenotto- pisteen kuvaus	Pvm	Sieni-itiöt, pitoisuus, cfu/m ³	Bakteerit, pitoisuus, cfu/m ³	Sädesienet, pitoisuus, cfu/m ³
C 100	Rakentajanäyttely	16.12.2009	590	2400	8
			Penicillium sp. 92%		
			Cladosporium sp. 2%		
			Aspergillus sp. 1%		
			Rhodotorula sp. 2%		
			Muita hiivoja 2%		
H- siipi	Sosiaalitila	16.12.2009	140	1000	27
			Penicillium sp. 77%		
			Cladosporium sp. 6%		
			Steriilit 3%		
			Hiivoja 14%		
F00-06	Sosiaalitila	16.12.2009	8	200	ei todettu
			Penicillium sp. 50%		
			Steriilit 50%		
G- siipi	Väestönsuoja	16.12.2009	8	620	15
			Penicillium sp. 50%		
			Aspergillus sp. 50%		

Taulukko 7: Mittausolosuhteet talvella

Tila	C100	H-siipi, sosiaalitila	F00-06	G-siipi, väestönsuoja
Suhteellinen kosteus %	23,3	22,0	16,3	29,2
Lämpötila oC	21,7	20,0	21,6	20,5

4.5 Ilmanäytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet analysoitiin Eurofins laboratoriossa Tampereen Hatanpäällä. Ilmanäytteille ei tehty varsinaista näytteiden esikäsittelyä, sillä näytteet otettiin suoraan kasvualustoille. Homesienien kasvualustoja kasvatettiin 25 °C:n lämpötilassa 7 vuorokautta. Tämän jälkeen maljoilta laskettiin erikseen eri homeiden pesäkkeet sekä hiivat. Lopuksi laskettiin kaikkien sienipesäkkeiden yhteismäärä. Bakteeri näytteitä kasvatettiin ensin 7 vuorokautta, jonka jälkeen laskettiin bakteeripesäkkeiden kokonaislukumäärä. Tämän jälkeen kasvatusta jatkettiin vielä toiset 7 vuorokautta, jolloin maljoilta laskettiin aktinomykeetti- eli sädesienipesäkkeiden lukumäärä.

Alustoilta 3-6 lasketut bakteeri- ja sieni-itiönäytteiden pesäkemäärät korjataan liitteen 10 mukaisesti. Näin otetaan huomioon se todennäköisyys, että näytteen keräyksen aikana samasta keräimen siiviläosan reiästä on kasvualustalle osunut useampi kuin yksi mikrobi, mutta vain yksi mikrobi on muodostanut pesäkkeen. (Asumisterveysopas 2009; Kristiina Kallio.)

Asumisterveysopas tarjoaa ilman mikrobipitoisuuden laskemiseen seuraavan kaavan:

$$\text{Mikrobipitoisuus} = \frac{\text{vaiheiden pesäkemäärien summa}}{\text{ilmanäytteiden tilavuus}} \quad (1)$$

jossa

vaiheiden pesäkemäärien summa = 1 ja 2 vaiheiden pesäkemäärät + 3–6 vaiheiden korjatut pesäkemäärät (cfu/m³).

ilmanäytteen tilavuus = näytteenottoaika (min) * 28,3 (l/min)/1000 (m³)

(Asumisterveysopas 2009, 165.)

5 Mittaustulokset

Jokaisessa tilassa sisäilmanäytteet pyrittiin ottamaan huoneen keskeltä. Näytteitä otettiin jokaisesta mittauskohteesta kaksi kappaletta, bakteerien ja sienten kasvualustoille.

Koska syksyn ja talven mittauksia on hyvin vaikeata verrata keskenään, analysoitiin tuloksia erikseen.

5.1 Syksyn mittaukset

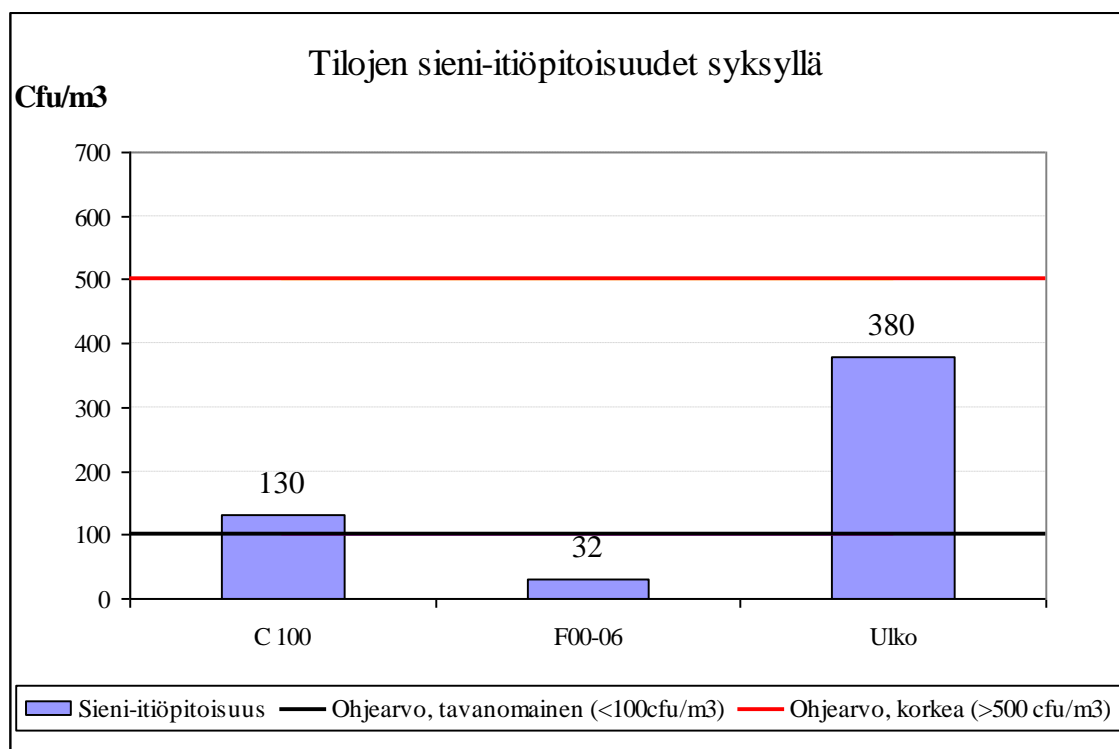
C 100

Tuloksia tarkasteltaessa (taulukko 4) huomio kiinnittyy tilasta C 100 löytyneeseen *Chrysolinia*- homesukuun, joka on taulukon 1 mukaan kosteusvaurioindikaattori.

Chrysolinia ei esiinny ulkoilmanäytteessä, joten homeen voidaan olettaa olevan peräisin sisäilmasta. Home voi olla peräisin myös jo aiemmin mainitusta

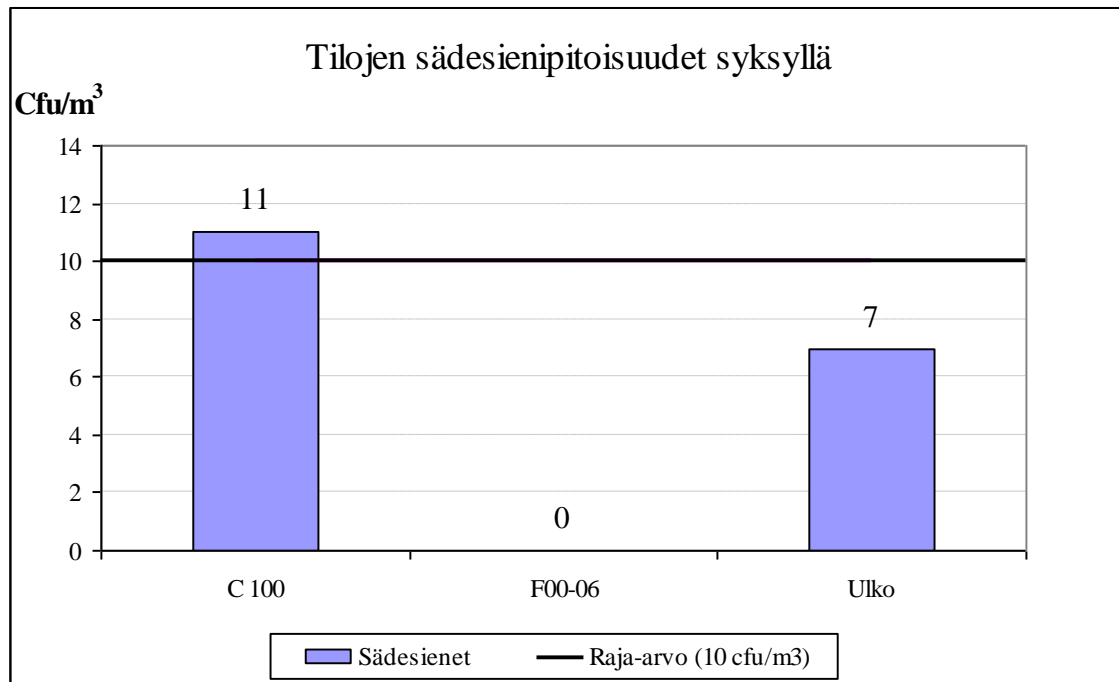
kahvinkeitimestä, josta löytyi huomattava homekasvusto. Kuviosta 25 nähdään, että

ohjearvoihin verrattuna tilan C 100 sieni-itiöpitoisuus on hieman kohonnut. Lisäksi, kun tilasta löytyi *Chrysolinia*-hometta, tulokset viittaavat kosteusvaurioon.



Kuvio 25: Syksyn sieni-itiöpitoisuudet ohjearvoihin verrattuna

Myös tilan sädesienipitoisuus on hieman kohonnut ohjearvoihin verrattuna (kuvio 26). Tässä tapauksessa on kuitenkin hyvin todennäköistä, että osa sädesienistä on peräisin ulkoilmasta. Jos näin ei kuitenkaan ole, myös tilan sädesienipitoisuus antaa viitteitä mahdolliseen kosteusvaurioon.



Kuvio 26: Syksyn sädesienipitoisuudet ohjearvoon verrattuna

F00-06

Esitettyjen tulosten perusteella (taulukko 4, kuvat 25 ja 26) tilan F00-06 sieni-itiö- ja sädesienipitoisuudet ovat ohjearvojen alapuolella. Mittausten perusteella tilasta ei myöskään löytynyt tyypillisiä kosteusvaurio mikrobeja, joten tilassa ei ole syytä epäillä kosteusvauriota.

Kosteus ja lämpötila

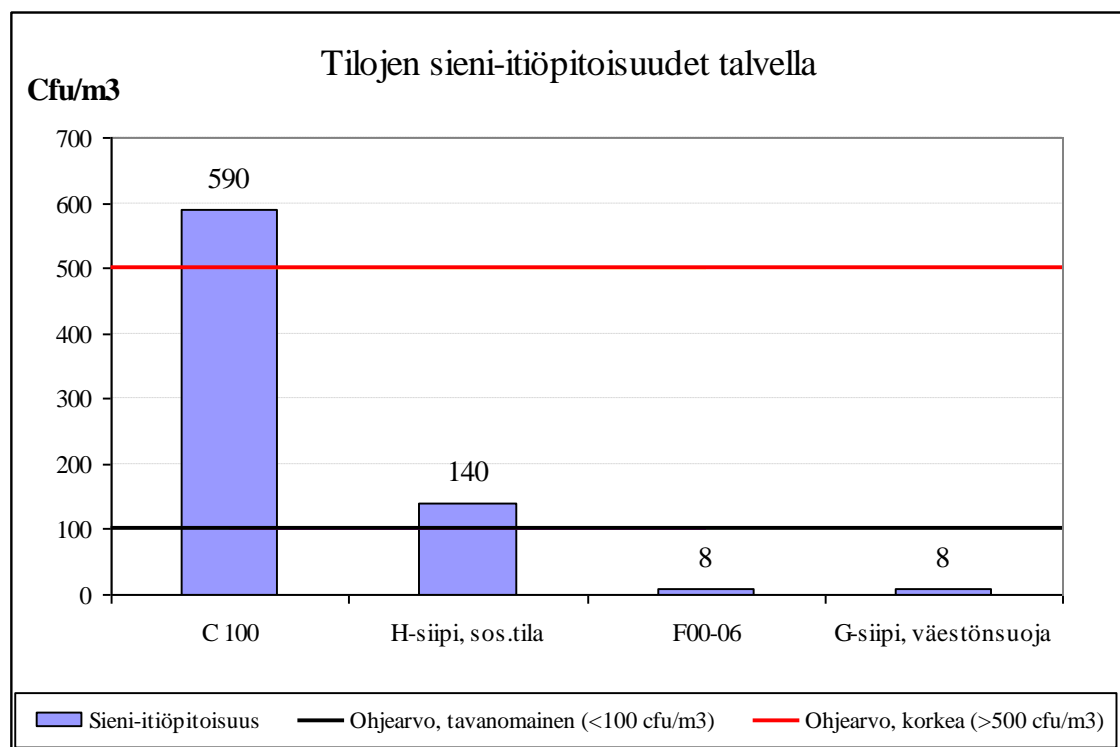
Sisäilmastolukituksen 2000 antamien suositusarvoihin verrattuna C 100- tilan lämpötila vastaa luokkaa S2 eli sisäilman laatu on hyvä. Anna Haaran opinnäytetyössä kerrotaan että kesällä huonetilan suhteellisen kosteuden tavoitearvot ovat 30–60 %. Syksyllä tehtyjen mittausten tuloksia voidaan verrata näihin arvoihin. Mittauksen perusteella tilan C 100 kosteus on normaali.

Tilan F00-06 lämpötila on hieman alhainen sisäilmastoluokituksen antamiin lämpötiloihin verrattuna. Tämä varmasti johtuu täysin koneellisesta ilmanvaihdesta. Tilan kosteus on normaali.

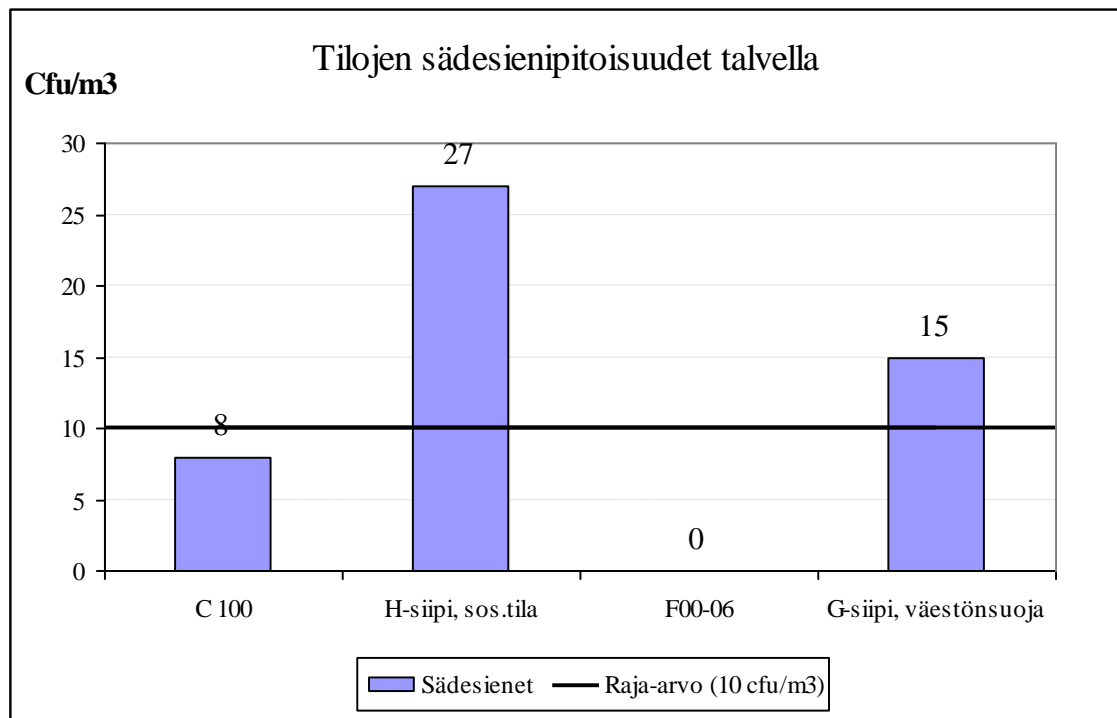
5.2 Talven mittaukset

C 100

Taulukossa 6 ja kuviossa 27 esitettyjen tulosten perustella nähdään, että tilan C 100 sieni-itiöpitoisuus on korkea. Lisäksi tilasta on löytynyt *Rhodotorula*-suvun hometta, joka taulukon 1 mukaan on kosteusvaurioindikaattori. Näiden tulosten perusteella tilassa on todennäköisesti kosteusvaurio. On myös pieni mahdollisuus, että osa sieni-itiöistä on peräisin viereisen I-siiven peruskorjaus työmaalta, josta varmasti pääsee hiukkasia sisäilmaan. Tämä on kuitenkin pelkkää arvailua. Kuvioista 28 nähdään, että sädesienipitoisuus C 100:ssa on 8 eli hieman ohjearvon alapuolella.



Kuvio 27: Talven sieni-itiöpitoisuudet ohjearvoihin verrattuna



Kuvio 28: Talven sädesienipitoisuudet ohjearvoon verrattuna

H- siipi, sosiaalitila

Tuloksista (taulukko 6, kuvio 27) havaitaan, että myös H-siiven sosiaalitilan sieni-
itiöpitoisuus on hieman kohonnut. Lisäksi tilan sädesienipitoisuus on korkea (kuvio 28),
joten kaikki tulokset viittaavat kosteusvaurioon. Tätä tukevat myös mittaushetkellä
tehdyt havainnot muovimaton saumojen irtoamisesta (kuviot 22 ja 23).

G-siipi, väestönsuoja

G- siiven väestönsuojassa sädesienipitoisuus on ohjearvoon verrattuna korkea (kuvio
28), joka viittaa kosteusvaurioon. Lisäksi tilassa on aiemmin ollut kosteusongelmaa
sekä viemäri on tulvinut, jotka tukevat kosteusvaurioepäilyjä. Toisaalta on hyvä
muistaa, että G- siiven väestönsuojassa säilytetään metsänsinöörien metsurivarusteita,
joten osa sisäilman mikrobeista saattaa olla peräisin esimerkiksi saappaisiin tarttuneesta
mullasta.

F00-06

Myös talven mittausten perusteella tila F00-06 on mikrobeista puhdas eikä
kosteusvauriota ole syytä epäillä.

Kosteus ja lämpötila

Tilojen C 100 ja F00-06 lämpötilat vastaavat luokkaa S1 eli lämpötilojen perusteella sisäilman laatu on erittäin hyvä. Molempien tilojen kosteuden ovat alhaisempia kuin mitä sisäilmastoluokitus 2000 suosittelee. Tilan F00-06 kohdalla syy löytyy jälleen täysin koneellisesta ilmanvaihdosta.

H- siiven sosiaalitalan ja G- siiven väestönsuojan lämpötilan ovat hieman suositusarvojen alapuolella. H- siiven sosiaalitalan kosteus on suositusarvojen alapuolella. G- siiven väestönsuojan kosteus on suositusarvojen sisällä.

6 Päätelmät

Saatujen tulosten perusteella etenkin H- siivessä voidaan epäillä mahdollisia kosteusvaurioita. Seuraava askel olisikin kartoittaa ilman mikrobipitoisuuksia siiven muissa tiloissa sekä tehdä lisää mittauksia jo tutkittuihin tiloihin, esimerkiksi kosteusmittaukset. Lisäksi olisi hyvä tarkistaa ilmanvaihto. Sosiaalitulosta voisi ottaa pinta- tai materiaalinäytteen saumoista irronneesta muovimatosta. Tiloissa voisi myös tutkia ilmamäärät sekä hiilidioksidipitoisuudet.

H- siipeen on kaavailtu peruskorjaus alkaa mahdollisesti 2010–2011. Ennen tätä olisi kuitenkin mahdollista vielä tehdä uusia mittauksia ja kartoittaa tilojen kuntoa remonttia varten. Remontin jälkeen olisi hyvä tehdä vertailumittaukset jo tutkituista tiloista. Mittaukset olisi hyvä ajoittaa siten, että remontti on täysin valmis ja että tilat ovat normaalissa käytössä ennen mittauksia.

Myös G- siiven muita tiloja voitaisiin tutkia, jotta saataisiin selville, tuleeko väestönsuojasta ilmanvaihdon mukana mikrobeja muihin tiloihin. Lisäksi olisi hyvä haastatella henkilökuntaa ja oppilaita, mahdollisista terveyshaitoista sekä ilmanlaadusta. G- siiven remontti alkaa kesällä 2010, jolloin koko rakennus puretaan ja rakennetaan uudestaan. Tämän vuoksi lisätutkimuksiin ei ehkä kannata ryhtyä.

Ainoastaan tilan F00-06 osalta voidaan suorittaa jonkinlaista vertailua syksyn ja talven mittausten välillä. Syksyllä tilan sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin talvella, joten osa itiöistä on peräisin ulkoilmasta ja siksi ulkoilmanäyte on hyvä ottaa, mikäli mittauksia tehdään muuna kuin talviaikana. Tuloksista myös nähdään, että ulkoilmasta ei ollut siirtynyt sädesieniä ollenkaan sisäilmaan. Tämä taas antaa lisää miettimisen aiheita syksyllä otettujen näytteiden tulosten tulkintaa.

Jotta mittauksista saataisiin luotettava kuva, olisi näytteitä hyvä ottaa enemmän, ainakin 2–3 näytettä/ tila. Näin saataisiin parempi käsitys sisäilmassa olevista mikrobeista ja mahdollisesta kosteusvauriosta. Myös ulkoilmasta otettavien näytteiden määrää kannattaisi lisätä, sillä ulkoilmassa mikrobien pitoisuudet voivat vaihdella runsaasti. Esimerkiksi 4 näytettä kuukauden aikana antaisi hyvän kuvan ulkoilman mikrobeista.

Tulevissa opinnäytetoissa voisi mahdollisuuksien mukaan hyödyntää tilan käyttäjille tehtävää sisäilmastokyselyä. Kyselyn avulla saataisiin tietää, mitä mieltä tilojen käyttäjät ovat sisäilman laadusta ja epäilevätkö he sisäilman aiheuttavan heille oireita.

7 Lähteet

Asumisterveysliitto, Terve ja puhdas koti – Asumisterveys ja sisäilmasto

Desinfinator Oy Ltd. [www-sivu]. [viitattu 16.1.2010] Saatavissa:
www.desinfinator.com/fi/research.php?hl=4

Envis centre on Environmental Biotechnology. [www-sivu]. [viitattu 16.1.2010]
 Saatavissa: envis.kuenvbiotech.org/fungi.htm

Haarala, Anna 2009. Sisäilmatutkimus Tampereen ammattikorkeakoulussa, Tutkimus ilmanvaihdon vaikutuksesta sisäilman laatuun. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Heikkilä, Mari 2009, Homeista viis, ongelmatalossa sairastuttaa toksiini. Tiede 6/2009, 40–43.

Helsingin yliopisto. Pinkka opiskelijalle, Lajintuntemuksen oppimisympäristö. [www-sivu]. [viitattu 20.1.2010] Saatavissa:
www.helsinki.fi/.../mikroskooppinenRakenne.htm

Home ja terveys. [www-sivu]. [viitattu 8.9.2009] Saatavissa:
http://www.homejaterveys.net/index.php?option=com_content&view=article&id=58:homeetjamuut&catid=37:artikkeli&Itemid=57
http://www.homejaterveys.net/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=69

Husman, Tuula, Roto, Pekka ja Seuri, Markku 2002. Sisäilman ja terveys – tietoa rakentajille. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B14/2002. [online] [viitattu 22.1.2009] Saatavissa:
www.ktl.fi/portal/.../sisailma_ja_terveys_-_rakentajan_opas/

Kallio, Kristiina. Vierailut laboratoriossa 11.9.2009, 22.12.2009
 Eurofins Scientific Finland Oy.

Kangas, Hanna 1995. Kosteus- ja homevauriot rakennuksissa. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja, KTL B12/1995
 Kuopio.

Käyttöohje. 6-vaiheinen mikrobikeräin AV-100. [viitattu 21.1.2010] Saatavissa:
 Tampereen ammattikorkeakoulu

Niemi, Heikki. Koottu materiaali, homeet. Tampereen ammattikorkeakoulu.


Ojala, Petri, käyttöinsinööri. Haastattelu 14.1.2010 & S-posti petri.ojala@tamk.fi.
 Tampereen ammattikorkeakoulu

Puhakka, Eija ja Kärkkäinen Jukka 1996. Terveellinen sisäilma. Jyväskylä: Suomen sisäilmaston mittauspalvelu Oy.

- Puhakka, Eija ja Kärkkäinen, Jukka 1994. Rakentamisen tavoitteena puhdas sisäilmasto. Jyväskylä: Suomen sisäilmaston mittauspalvelu Oy.
- Ruukki, Jukka 2003, Hometalossa riehuvat mikrobijengit. [online] [viitattu 2.9.2009] Saatavissa: <http://www.tiede.fi/arkisto/artikkeli.php?id=397&vl=2003>
- Sanger Institute. [www-sivu]. [viitattu 16.1.2010] Saatavissa: www.sanger.ac.uk/about/press/2005/051221-2.html
- Seuri, Markku ja Palomäki, Eero 2000. Haasteellinen sisäilma. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Seuri, Markku ja Reiman, Marjut 1996. Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Sisäilmatietokeskus 1996. Terveellinen sisäilma. Jyväskylä: Suomen sisäilmaston mittauspalvelu Oy.
- Sisäilmayhdistys. [www-sivu]. [viitattu 8.8.2009] Saatavissa: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/ongelmien_tutkiminen/mikrobitutkimukset/indikaattorit/
- Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysiset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Sosiaali- ja terveysministeriö 2009. Asumisterveysopas. Kolmas painos. Ympäristö- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. Vaasa: Ykkös- Offset Oy.
- Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998. Opas kosteusongelmiin – rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Tampere.
- The University of Adelaide. Mycology online [www-sivu]. [viitattu 16.1.2010] Saatavissa: www.mycology.adelaide.edu.au/.../Penicillium
- Terveysden ja hyvinvoinnin laitos. [www-sivu]. [viitattu 8.9.2009] Saatavissa: http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/hometalo_ja_kosteusvaurio/terveyshaitat_ja_niiden_tutkiminen
www.ktl.fi/portal/12451
homewww.ktl.fi/.../haittamikrobien_jaljilla/
- Ympäristöministeriö 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas. Tampere: Tammer- Paino Oy.

Liitteet

Liite 1: Tutkimustodistus C 100, 21.2.2006



Tutkimustodistus
Tampere

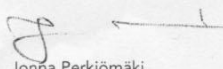
Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio
PL 21
Teiskontie 33
33521 Tampere

Näyttenumero	FIM000324-06			1 (1)
Tilaajanumero	8435213-874928			
Näytesarjan kuvaus	Hannu Aarikka			
Näytteenottaja	Hannu Aarikka	Näytteenottopvm.	2006-02-21	
Näytteenottoaika	TAMK, tila C 100	Saapumispvm.	2006-02-21	
		Tutk. aloittamispvm.	2006-02-21	
		Valmistumispvm.	2006-03-08	

Näyte Ilmanäyte

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Sieni-itiöpitoisuus	11	cfu/m3		STM/97	T
- Penicillium sp.	34	%			T
- Cladosporium sp.	33	%			T
- Acremonium sp.	33	%			T
Bakteeripitoisuus	1100	cfu/m3		STM/97	T
-Sädesieniä	ei todettu			STM/97	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 kpl/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 kpl/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 kpl/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvuston rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysohje 2003).


Jonna Perkiömäki
Mikrobiologi, 03 - 230 6502

Liite 2: Sisäilman mikrobien näytteenottolomake

OLOSUHTEET SISÄILMAMITTAUSTEN AIKANA

Kohteen nimi + osoite:
Mittauspäivä + henkilöt:

Näytteenotto- menetelmä				
Huone				
Näytetunnus				
Kasvualusta				
Näytteenotto- aika (min)				
Näyte otettu klo	___-	___-	___-	___-
Näytteenotto- korkeus				
Lämpötila °C				
Suhteellinen kosteus %				
Ilmanvaihto/ toiminnassa/sulj				
Ikkuna auki/kiinni				
Mittaajat (lkm)				
Muut läsnäolevat henkilöt (lkm)				
Kotieläimet (lkm)				
Toiminta mittauksen aikana				
Näkyvän homekasvun määrä ja paikka				
Muuta				

ULKOILMANÄYTE:

Näytteenottoaikan kuvaus: _____

Näyte otettu klo _____ - _____

Onko tuulista? 1. kyllä 2. ei Onko maassa lunta? 1. kyllä 2. ei

Onko pilvistä? 1. kyllä 2. ei Onko maa jäässä? 1. kyllä 2. ei

Sataako vettä? 1. kyllä 2. ei Sataako lunta? 1. kyllä 2. ei

Lämpötila _____ °C Suhteellinen kosteus _____ %

Liite 3: Tutkimustodistus C 100, 11.9.2009

Tutkimustodistus

Tampere



Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Orvasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM001817-09			1 (1)
Tilaajanumero	8435213-1550413			
Näytesarjan kuvaus	136101 / Luoto			
Näytteenottaja	Nenonen Maija	Näytteenottopvm.	2009-09-11	
Näytteenottoaikka	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-09-11	
		Tutk. aloittamispvm.	2009-09-11	
		Valmistumispvm.	2009-09-25	
Näyte	1. C100 11.9.09			

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	130	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määrittäminen	-			STM/2003	T
* - Cladosporium sp.	40	%			T
* - Chrysonilia sp.	30	%			T
* - Penicillium sp.	23	%			T
* -Steriilit	7	%			T
* Bakteeripitoisuus	690	cfu/m3		STM/2003	T
* -Sädesieniä	11	cfu/m3		STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio

Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 4: Tutkimustodistus F00-06, 11.9.2009**Tutkimustodistus**

Tampere



Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Orvasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM001818-09					1 (1)
Tilajanumero	8435213-1550413					
Näytesarjan kuvaus	136101 / Luoto					
Näytteenottaja	Nenonen Maija	Näytteenottopvm.	2009-09-11			
Näytteenottoaikka	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-09-11			
		Tutk. aloittamispvm.	2009-09-11			
		Valmistumispvm.	2009-09-25			
Näyte	2. F00-06 11.9.09					

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	32	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määrittäminen	-			STM/2003	T
* - Cladosporium sp.	45	%			T
* - Aspergillus sp.	11	%			T
* -Steriilit	44	%			T
* Bakteeripitoisuus	78	cfu/m3		STM/2003	T
* -Sädesieniä	ei todettu			STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio
Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 5: Tutkimustodistus Ulko, 11.9.2009**Tutkimustodistus**

Tampere



Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Oravasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM001819-09				1 (1)
Tilaa numero	8435213-1550413				
Näytesarjan kuvaus	136101 / Luoto				
Näytteenottaja	Nenonen Maija	Näytteenottopvm.	2009-09-11		
Näytteenottoaika	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-09-11		
		Tutk. aloittamispvm.	2009-09-11		
		Valmistumispvm.	2009-09-25		
Näyte	3. ULKO 11.9.09				

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	380	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määräitys	-			STM/2003	T
* - Cladosporium sp.	.86	%			T
* - Penicillium sp.	2	%			T
* -Muita homeita	5	%			T
* -Steriilit	6	%			T
* - Hiivoja	1	%			T
* Bakteeripitoisuus	110	cfu/m3		STM/2003	T
* -Sädesieniä	7	cfu/m3		STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 6: Tutkimustodistus C 100, 16.12.2009**Tutkimustodistus**

Tampere

Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Orvasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM002604-09				1 (1)
Tilajanumero	8435213-1610565				
Näytesarjan kuvaus	Sisäilmatutkimus / Kiinteistöpalvelut Petri Ojala				
Näytteenottaja	Nenonen Majja	Näytteenottopvm.	2009-12-16		
Näytteenottoaikka	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-12-16		
		Tutk. aloittamispvm.	2009-12-16		
		Valmistumispvm.	2009-12-30		
Näyte	Kohde 1, C100				

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	590	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määrittäminen	-			STM/2003	T
* - Penicillium sp.	92	%			T
* - Cladosporium sp.	2	%			T
* - Aspergillus sp.	1	%			T
* - Muita homeita	1	%			T
* - Rhodotorula sp.	2	%			T
* - Muita hiivoja	2	%			T
* Bakteeripitoisuus	2400	cfu/m3		STM/2003	T
* - Sädesieniä	8	cfu/m3		STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikaan viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 7: Tutkimustodistus H-siipi, sos.tila, 16.12.2009**Tutkimustodistus**

Tampere

Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Oravasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM002605-09					1 (1)
Tilaa-numero	8435213-1610565					
Näytesarjan kuvaus	Sisäilmatutkimus / Kiinteistöpalvelut Petri Ojala					
Näytteenottaja	Nenonen Maija	Näytteenottopvm.	2009-12-16			
Näytteenotto- paikka	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-12-16			
		Tutk. aloittamispvm.	2009-12-16			
		Valmistumispvm.	2009-12-30			
Näyte	Kohde 2, 4-siipi, sos.tila					

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	140	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määrittäminen	-			STM/2003	T
* - Penicillium sp.	77	%			T
* - Cladosporium sp.	6	%			T
* -Steriilit	3	%			T
* - Hiivoja	14	%			T
* Bakteripitoisuus	1000	cfu/m3		STM/2003	T
* -Sädesieniä	27	cfu/m3		STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio

Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 8: Tutkimustodistus F00-06, 16.12.2009**Tutkimustodistus**

Tampere

Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Oravasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM002606-09						
Tilaa numero	8435213-1610565						1 (1)
Näytesarjan kuvaus	Sisäilmatutkimus / Kiinteistöpalvelut Petri Ojala						
Näytteenottaja	Nenonen Maija	Näytteenottopvm.	2009-12-16				
Näytteenottoaika	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-12-16				
		Tutk. aloittamispvm.	2009-12-16				
		Valmistumispvm.	2009-12-30				
Näyte	Kohde 3, F00-06						

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	8	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määrittäminen	-			STM/2003	T
* - Penicillium sp.	50	%			T
* -Steriilit	50	%			T
* Bakteeripitoisuus	200	cfu/m3		STM/2003	T
* -Sädesieniä	ei todettu			STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 9: Tutkimustodistus G-siipi, väestönsuoja (B045)16.12.2009**Tutkimustodistus**

Tampere

Tampereen kaupunki
Tampereen Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio, Mittauspalvelu
Jarno Oravasaari
Teiskontie 33
33520 Tampere

Näyttenumero	FIM002607-09				1 (1)
Tilajanumero	8435213-1610565				
Näytesarjan kuvaus	Sisäilmatutkimus / Kiinteistöpalvelut Petri Ojala				
Näytteenottaja	Nenonen Maija	Näytteenottopvm.	2009-12-16		
Näytteenottoaikka	TAMK, Teiskontie 33, 33520 Tampere	Saapumispvm.	2009-12-16		
		Tutk. aloittamispvm.	2009-12-16		
		Valmistumispvm.	2009-12-30		
Näyte	Kohde 4, B054 (G-siipi)				

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
* Sieni-itiöpitoisuus	8	cfu/m3		STM/2003	T
* Suvun määrittäminen	-			STM/2003	T
* - Penicillium sp.	50	%			T
* - Aspergillus sp.	50	%			T
* Bakteeripitoisuus	620	cfu/m3		STM/2003	T
* -Sädesieniä	15	cfu/m3		STM/2003	T

Taajamassa sijaitsevien rakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500 cfu/m3 voivat olla osoituksena kohonneesta sieni-itiöpitoisuudesta talviaikaan. Jos samalla mikrobilajisto on tavanomaisesta poikkeava, voidaan tehdä johtopäätös mikrobikasvuston olemassaolosta rakennuksessa ja sen mahdollisesti aiheuttamasta terveyshaitasta. Jos sieni-itiöpitoisuudet ovat yli 500 cfu/m3, ne voidaan tulkita kohonneiksi. Sädesieni-itiöiden esiintyminen yli 10 cfu/m3 pitoisuuksina talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja terveyshaitan olemassaoloon. (STM asumisterveysopas 2008).

Kristiina Kallio
Tutkimuksesta vastaava, 03-230 6505

Liite 10: 6-vaiheimpaktorin pesäkemäärien korjaustaulukko

HUOMI

vain vaiheiden 3 - 6 pesäkemäärät korjataan

LP = laskettu pesäkemäärä

KP = korjattu pesäkemäärä

	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP	LP	KP
1	1	41	43	81	91	121	144	161	206	201	279	241	369	281	485	321	649	361	931	
2	2	42	44	82	92	122	146	162	208	202	281	242	372	282	488	322	654	362	942	
3	3	43	45	83	93	123	147	163	209	203	283	243	374	283	492	323	659	363	952	
4	4	44	47	84	94	124	148	164	211	204	285	244	377	284	495	324	664	364	963	
5	5	45	48	85	96	125	150	165	213	205	287	245	379	285	499	325	670	365	974	
6	6	46	49	86	97	126	151	166	214	206	289	246	382	286	502	326	675	366	986	
7	7	47	50	87	98	127	153	167	216	207	292	247	384	287	506	327	680	367	998	
8	8	48	51	88	99	128	154	168	218	208	294	248	387	288	508	328	686	368	1010	
9	9	49	52	89	101	129	156	169	220	209	296	249	390	289	513	329	692	369	1023	
10	10	50	53	90	102	130	157	170	221	210	298	250	392	290	516	330	697	370	1036	
11	11	51	55	91	103	131	159	171	223	211	300	251	395	291	520	331	703	371	1050	
12	12	52	56	92	105	132	160	172	225	212	302	252	398	292	524	332	709	372	1064	
13	13	53	57	93	106	133	162	173	227	213	304	253	400	293	527	333	715	373	1078	
14	14	54	58	94	107	134	163	174	228	214	306	254	403	294	531	334	721	374	1093	
15	15	55	59	95	108	135	165	175	230	215	308	255	406	295	535	335	727	375	1109	
16	16	56	60	96	110	136	166	176	232	216	311	256	409	296	539	336	733	376	1125	
17	17	57	61	97	111	137	168	177	234	217	313	257	411	297	543	337	739	377	1142	
18	18	58	63	98	112	138	169	178	236	218	315	258	414	298	547	338	746	378	1160	
19	19	59	64	99	114	139	171	179	237	219	317	259	417	299	551	339	752	379	1179	
20	21	60	65	100	115	140	172	180	239	220	319	260	420	300	555	340	759	380	1198	
21	22	61	66	101	116	141	174	181	241	221	322	261	423	301	559	341	766	381	1219	
22	23	62	67	102	118	142	175	182	243	222	324	262	426	302	563	342	772	382	1241	
23	24	63	69	103	119	143	177	183	245	223	326	263	429	303	567	343	779	383	1263	
24	25	64	70	104	120	144	179	184	246	224	328	264	432	304	571	344	786	384	1288	
25	26	65	71	105	122	145	180	185	248	225	331	265	434	305	575	345	793	385	1314	
26	27	66	72	106	123	146	182	186	250	226	333	266	437	306	579	346	801	386	1341	
27	28	67	73	107	125	147	183	187	252	227	335	267	440	307	584	347	808	387	1371	
28	29	68	75	108	126	148	185	188	254	228	338	268	443	308	588	348	816	388	1403	
29	30	69	76	109	127	149	186	189	256	229	340	269	447	309	592	349	824	389	1438	
30	31	70	77	110	129	150	188	190	258	230	342	270	450	310	597	350	832	390	1476	
31	32	71	78	111	130	151	190	191	260	231	345	271	453	311	601	351	840	391	1518	
32	33	72	79	112	131	152	191	192	262	232	347	272	456	312	606	352	848	392	1565	
33	34	73	81	113	133	153	193	193	263	233	349	273	459	313	610	353	857	393	1619	
34	36	74	82	114	134	154	194	194	265	234	352	274	462	314	615	354	865	394	1681	
35	37	75	83	115	136	155	196	195	267	235	354	275	465	315	620	355	874	395	1754	
36	38	76	84	116	137	156	198	196	269	236	357	276	468	316	624	356	883	396	1844	
37	39	77	86	117	138	157	199	197	271	237	359	277	472	317	629	357	892	397	1961	
38	40	78	87	118	140	158	201	198	273	238	362	278	475	318	634	358	902	398	2127	
39	41	79	88	119	141	159	203	199	275	239	364	279	478	319	639	359	911	399	2427	
40	42	80	89	120	143	160	204	200	277	240	367	280	482	320	644	360	921	400	*)	

*) kvantitatiivinen raja (noin 2628 hiukkasta) ylitetty