

Elina Väänänen

Sisäilman mikrobit toimistoissa ja asunnoissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (YAMK)
Rakentaminen
Insinöörityö (YAMK)
14.5.2012

Tekijä Otsikko	Elina Väänänen Sisäilman mikrobit toimistoissa ja asunnoissa
Sivumäärä Aika	56 sivua + 7 liitettä (42 s.) 20.5.2012
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	Rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	Korjausrakentamisen ylempi AMK
Ohjaaja(t)	yliopettaja Hannu Hakkarainen diplomi-insinööri Jari Marttinen
<p>Opinnäytetyö laadittiin Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy:lle sisäilman mikrobimitausten tulosten tulkinnan avuksi. Työn tavoitteena oli selvittää asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobipitoisuuksien ja -lajistojen yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia.</p> <p>Sisäilman mikrobimittauksia käytetään asunnoissa ja toimistoissa poikkeavien hajujen tai henkilöiden oireilun vuoksi syntyneen kosteus- ja mikrobivaurioepäilyn selvittämiseksi. Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut ohjeita Asumisterveysohjeessa sisäilman mikrobimitausten näytteenottoon, analysointiin ja tulosten tulkintaan.</p> <p>Tässä tutkimuksessa keskityttiin pääasiassa sisäilman mikrobimitausten tulosten tulkintaan ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Näytteiden kokonaispitoisuuksien lisäksi työssä selvitettiin sekä asuntojen että toimistotilojen sisäilman tavanomaisia mikrobisukuja ja -lajistoja sekä ns. kosteusvaurioon viittaavien indikaattorimikrobien esiintyvyyttä asunnoissa ja toimistotiloissa.</p> <p>Tutkimusaineisto koottiin Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy:n sisäilmatutkijoiden kohteista. Aineistoon otettiin mukaan 15 pääkaupunkiseudulla sijaitsevaa asuntoa ja toimistotilaa, joissa sisäilman mikrobimittaukset oli tehty talviaikaan ja mittauspisteiden määrä oli vähintään 2 per kohde.</p> <p>Työn tuloksena saatiin koottua asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobimittauksissa todettujen pitoisuuksien ja lajistojen erot ja yhtäläisyydet.</p>	
Avainsanat	sisäilmamittaus, mikrobit, kosteusvauriomikrobit

Author(s) Title	Elina Väänänen Indoor Airborne Fungi in Apartments and Office Buildings.
Number of Pages Date	56 pages + 7 appendices (42 p.) 20 May 2012
Degree	Civil Engineering
Degree Programme	Master´s Degree Programme in Civil Engineering
Specialisation option	Renovation
Instructor(s)	Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer Jari Marttinen, M.Sc
<p>This study was conducted for the engineering agency Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Ltd. in order to help to analyze the results of indoor air samples of airborne fungi. This study focused on differences between airborne fungi of apartments and office buildings.</p> <p>Indoor air samples of airborne fungi are taken in apartments and office buildings because of abnormal odours or humans health effects that breed a suspicion of moisture damage in the building. Ministry of Social Affairs and Health has published instructions for taking indoor air samples and for analyzing results.</p> <p>This study focused on analyzing results of indoor air samples of airborne fungi. Besides total concentrations of airborne fungi, this study researched also common fungus concentrations and mould-damaged indicator fungus concentrations in apartments and in office buildings.</p> <p>Samples of indoor air were collected from archives of Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Ltd. Material was collected of 15 apartments and 15 office buildings that are located in Southern Finland. Indoor air samples were selected that had been collected during subarctic winter and the samples consisted of minimum 2 samples of each building.</p> <p>The result of this study was found similarities and differences between indoor air samples of airborne fungi taken in apartments and office buildings, which can be used to indicate the need for further investigation.</p>	
Keywords	indoor air samples of airborne fungi, microbes, mould-damaged indicator fungus

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakenteiden kosteus- ja mikrobivauriot	3
2.1	Rakentamisen haasteet	3
2.2	Rakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioituminen	5
2.3	Kosteus- ja mikrobivaurion korjaaminen	6
3	Mikrobien terveyshaitat	8
3.1	Oireiden synty	8
3.2	Mikrobien terveyshaitat	9
3.3	Terveyshaitat lajistokohtaisesti	10
4	Mikrobien mittaussmenetelmät ja tavanomaiset pitoisuudet	13
4.1	Sisäilman mikrobimittaus	13
4.2	Sisäilmanäytteenotto 6-vaihekeräimellä	14
4.3	Ilmanäytteiden analysointi	15
4.3.1	Sisäilman mikrobimittauksen virhelähteet	16
4.4	Sisäilmanäytteen tulosten tulkinta	18
5	Materiaalien ja sisäilman mikrobisto asunnoissa ja toimistoissa	19
5.1	Sisäilman mikrobipitoisuudet	19
5.1.1	Asuinrakennukset	19
5.1.2	Toimistorakennukset	19
5.2	Sisäilman mikrobilajisto	20
5.2.1	Kosteusvaurioon viittaavat mikrobit	20
5.2.2	Sisäilman tavanomaiset mikrobit	24
6	Tutkimusaineisto	25
6.1	Kohteet	25
6.1.1	Asunnot	25
6.2	Toimistotilat	26

7	Tutkimustulokset	28
7.1	Asunnot	28
7.1.1	Asuntojen sieni-itiöpitoisuudet	28
7.1.2	Asuntojen sisäilman tavanomainen mikrobilajisto	30
7.1.3	Asuntojen sisäilman kosteusvaurioon viittaava mikrobisto	34
7.2	Toimistotilat	39
7.2.1	Toimistojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet	39
7.2.2	Toimistojen sisäilman tavanomainen mikrobilajisto	41
7.2.3	Toimistotilojen sisäilman kosteusvaurioon viittaava mikrobisto	44
8	Tutkimustulosten analysointi ja johtopäätökset	49
8.1	Asuntojen sisäilman mikrobimittausten tulokset	49
8.2	Toimistotilojen sisäilman mikrobimittausten tulokset	50
8.3	Asuinrakennusten ja toimistotilojen sisäilman mikrobiston erot	51
9	Yhteenveto	53
	Lähteet	55
	Liitteet	
	Liite 1. Asuntojen ja toimistojen sisäilman mikrobimittausten kokonaispitoisuudet	
	Liite 2. Asuntojen sisäilman tavanomaiset sieni-itiöt	
	Liite 3. Asuntojen sisäilman kosteusvauriomikrobit	
	Liite 4. Asuntojen sisäilman indikaattorimerkitykseltään avoimet mikrobit	
	Liite 5. Toimistotilojen sisäilman tavanomaiset sieni-itiöt	
	Liite 6. Toimistotilojen sisäilman kosteusvauriomikrobit	
	Liite 7. Toimistotilojen sisäilman indikaattorimerkitykseltään avoimet mikrobit	

Lyhenteet

aktinobakteeri

Gram-positiivinen bakteeri, jolla on kyky muodostaa rihmastoja ja itiöitä. Aktinobakteereja kutsutaan myös sädesieniksi tai aktinomykeeteiksi ja ne tuottavat maakellarimaisen hajun.

bakteeri Bakteerit ovat yksisoluisia ja alkeistumallisia pieneliöitä, jotka lisääntyvät jakaantumalla. Useimmat bakteerit ovat halkaisijaltaan 0,5 – 1 µm ja 1-2 µm pitkiä.

cfu *colony forming unit*, pesäkkeen muodostava yksikkö, pmy. Tarkoittaa mikrobin itiötä, solua, soluryhmää tai rihmaston osasta, joka muodostaa kasvualustalle pesäkkeen. Asumisterveysohjeessa käytetään yksikkö kpl, joka on yleensä käytössä vain suoraan mikrobilaskentaan perustuvien menetelmien yhteydessä.

hiivasieni Hiivasienet muodostuvat hiivasoluista, mutta eivät tuota rihmastoja tai itiöitä.

homesieni Homesienet ovat mikroskooppisen pientä rihmastoja ja itiöitä tuottavia sieniä.

impaktori Impaktorilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ilmanäytteenotossa käytettävää hiukkaskeräintä.

kasvualusta Bakteerien tai sienten kasvatukseen käytettävä, petrialjoille valettu ravintoagar, joka on yleisalusta kyseisille mikrobiryhmille. Sienten kasvu bakteerialustoilla ja bakteerien kasvu sienialustoilla estetään lisäämällä kasvualustaan antibiootteja.

kasvatusmenetelmä

Mikrobien määrittäminen, joka perustuu mikrobien kasvatukseen kasvatusalustoilla. Kasvatusmenetelmillä määritetyt mikrobipitoisuudet kuvaavat elinkykyisten, tietyissä olosuhteissa kasvavien mikrobien pitoisuutta.

mikrobi Mikrobeilla tarkoitetaan home- ja hiivasieniä sekä bakteereita.

mikrobikasvusto

Rakennuksen sisäpinnoilla, pintojen alla tai rakenteiden sisällä kasvava home-, hiiva- ja bakteerikasvusto, joka on silminnähtävää tai varmennettu mikrobiologisten analyysien avulla.

sieni Sienillä tarkoitetaan tässä yhteydessä vain home- ja hiivasieniä.

sieni-itiöpitoisuus

Sieni-itiöpitoisuudella tarkoitetaan sekä home- että hiivasienten yhteenlaskettua pitoisuutta.

sädesieni ks. aktinobakteeri

vertailunäyte

Sellainen pinta-, materiaali- tai ilmanäyte, joka on otettu vastaavasta rakennuksen sisäpinnan alueesta, rakenteen osasta tai tilasta kuin vaurionäyte, mutta jossa ei ole näkyvää kasvustoa, kosteusjälkiä, poikkeavaa hajua tai jonka asukkaat eivät oireile.

1 Johdanto

Rakennusten kosteus- ja mikrobivauriokorjaukset ovat yksi yleisimmistä syistä rakennusten korjauksille niin kuntien rakennuskannassa kuin muissakin toimisto- ja asuinrakennuksissa. Kosteus- ja mikrobivauriokorjausten lisääntyminen johtuu osittain Suomen ikääntyvästä rakennuskannasta, osittain rakennusteknisen ja mikrobiologisen tiedon lisääntymisestä rakennustekniikan ammattilaisten keskuudessa. Teknisen osaamisen lisäksi tietous sisäilman epäpuhtauksien terveysvaikutuksista on kasvanut viime vuosikymmeninä merkittävästi. Tutkimustulosten perusteella on määritetty sisäilman epäpuhtauksille ohjearvoja ja annettu määräyksiä, jotta tilojen käyttäjät pystyvät oleskelemaan asuin- tms. tiloissa ilman Terveysturvallisuuslain 1 § mukaista terveyshaittaa. Yksi terveyshaittaa aiheuttavista olosuhteista on sisäilman epätavanomaiset mikrobiologiset olosuhteet, joita aiheuttavat rakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioista syntyvät epäpuhtaudet.

Sisäilman tavanomaisena pidetyt mikrobipitoisuudet ja -lajistot vaihtelevat tilan käyttötarkoituksen mukaan. Tietyt toiminnot, kuten kotitaloustyöt tai tuotantolaitoksen valmistusprosessit, voivat kasvattaa sisäilman mikrobipitoisuuksia ja vaikuttaa tilan tyypilliseen mikrobistoon. Tiloissa oleskelevien henkilöiden reagointi sisäilman mikrobeihin vaihtelee, eikä terveysperusteisia raja-arvoja ole voitu asettaa.

Suomessa mikrobimittauksissa mittausmenetelmänä käytetään nykyisin pääasiassa 6-vaiheimpaktoria, jolla otetuista näytteistä analysoidaan elinkykyisten mikrobien pitoisuudet ja lajistot. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa on annettu asuinrakennuksille tyypillinen, talviaikainen mikrobipitoisuus, jota pidetään ”ohjearvona” asuntojen tavanomaiselle mikrobipitoisuudelle. Myös mikrobilajiston osalta tiedetään, mitkä yleisimmin esiintyvistä lajeista esiintyy tyypillisesti kosteusvaurioituneissa materiaaleissa. Kosteusvaurioon viittaavien mikrobisukujen ja -lajien tutkimus kehittyy ja tietoja päivitetään tutkimustulosten perusteella. Asuinrakennuksille annettujen ohjearvojen lisäksi toimistorakennusten tyypilliselle sisäilman mikrobipitoisuudelle on annettu tutkimuslaitosten toimesta suosituksia, jotka perustuvat tutkimusaineistoista kerättyyn tietoon.

Tässä tutkimuksessa perehdytään asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobipitoisuuksiin ja -lajistoihin. Tutkimuksessa on käytetty kirjallisuuslähteiden lisäksi 15 asuin- ja toimistotilan talviaikaisten sisäilman mikrobimittausten tuloksia, joiden perusteella pyritään löytämään yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobistolle.

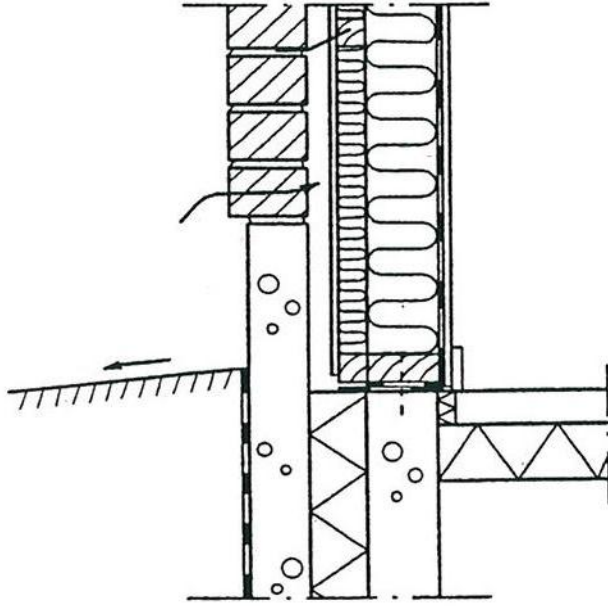
2 Rakenteiden kosteus- ja mikrobivauriot

2.1 Rakentamisen haasteet

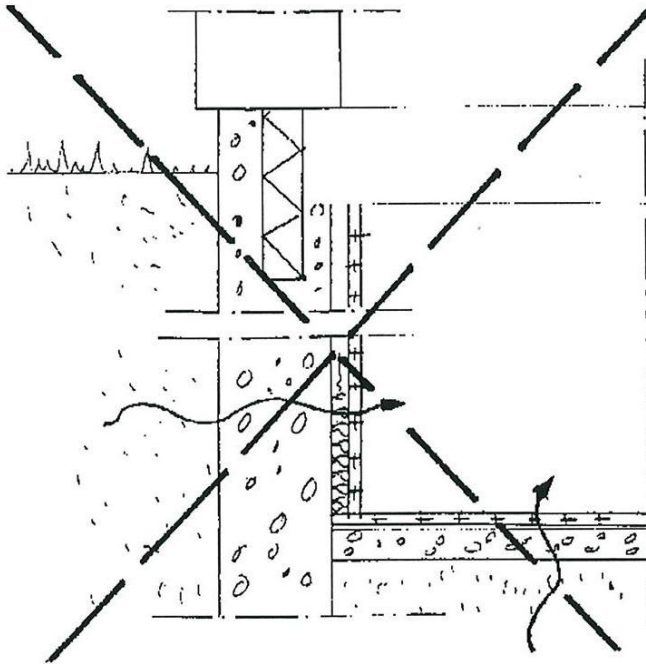
Rakentamisen yhtenä päätavoitteena on toteuttaa tarkoitukseen sopivia ja turvallisia tiloja. Rakennuksen turvallisuuteen liittyy sen käyttöturvallisuuden lisäksi rakennuksen terveellisyys. Tavoite rakennuksen terveellisyydestä tulee huomioida hankkeen alusta lähtien, heti suunnitteluvaiheesta alkaen. Rakennusprojektin lisäksi terveellinen rakennus vaatii rakennuksen hyvää käyttöä ja rakennuksen eri rakenneosien ja talotekniikan kunnossapitoa.

Nykytietämyksen valossa rakenteiden ja materiaalien kosteus- ja mikrobivaurioitumiseen osataan kiinnittää entistä enemmän huomiota niin suunnittelu- kuin rakennusvaiheessa. Rakentamista valvotaan viranomaisten toimesta ja ohjataan erilaisten ohjeiden ja määräysten muodossa, kuten Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ja RT-ohjekorteissa. Yksi tärkeimmistä ohjeista rakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioitumisen kannalta on Suomen rakennusmääräyskokoelman vuoden 1998 C2 määräykset ja ohjeet rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta. Tämän lisäksi eri rakennetyyppien välisiä eroja kosteus- ja mikrobivaurioiden herkkyyden suhteen on tutkittu eri tutkimuslaitosten toimesta ja niin sanottujen riskirakenteiden käyttämistä nykyrakentamisessa pyritään välttämään. Rakenteita, jotka nykyään luokitellaan riskirakenteiksi, on käytetty yleisesti Suomessa 1960–1980 -luvuilla. Tällaisia riskirakenteita ovat mm. valesokkeli-rakenne, jossa perusmuurin ulkokuori on puurungon alaosa ylempana (kuva 1) ja kellarikerrosten maanvastaiset puurakenteiset seinä- ja lattiarakenteet (kuva 2). Lisäksi kosteusvaurioitumiselle alttiita rakenneratkaisuja ovat betonilaatan päälle puukoolatut alapohjarakenteet, lattiapinnan alapuolelta alkavat väliseinärakenteet ja tuulettuvat puurakenteiset alapohjarakenteet. Kyseiset rakenteet ovat alttiita kosteusvaurioitumiselle mm. maaperäkosteuden kapillaarisen siirtymisen vuoksi.

VALESOKKELI



Kuva 1 Tyypillinen valesokkelirakenne (Torikka, K. & Lindberg, R. 1999).



Kuva 2 Kellarin puurakenteinen seinä (Kääriäinen ym. 1998).

2.2 Rakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioituminen

Rakenteiden ja rakennusmateriaalien mikrobivaurioituminen on yleistä jossain vaiheessa rakennuksen elinkaarta. Pientaloista yli kaksi kolmannesta ja kerrostaloista noin 60 % vaurioituu jossain vaiheessa rakennuksen elinkaarta ja puolet vauriokohteista olisi lisäselvitysten tai korjausten tarpeessa. (Majvik II s. 62.) Mikrobivaurioituminen on seuraus materiaalin liiallisesta kastumisesta, joka mahdollistaa mikrobikasvun. Mikrobikasvun lisäksi materiaalin kosteusvaurioituminen mahdollistaa materiaalin kemiallisen hajoamisreaktion, jossa sisäilmaan vapautuu tavanomaisia pitoisuuksia runsaammin kemiallisia yhdisteitä tai vaurioitumisen myötä materiaaleista vapautuu uusia yhdisteitä, joita ei tavanomaisissa käyttöolosuhteissa vapaudu.

Jotta rakennusmateriaalissa voi alkaa mikrobikasvu, materiaalissa täytyy olla mikrobeja, itiöitä tai pienikin määrä vanhaa mikrobikasvustoa. Mikrobin ravinnoksi kelpaa lähes kaikki eloperäinen materiaali, mm. betonin pinnalla mikrobikasvun ravinteeksi riittää tavallinen huonepöly. Tärkeimmät mikrobikasvua säätelevät olosuhteet ovat lämpötila ja kosteus. Useimmat homesienet kasvavat lämpötilan ollessa +5...35°C, ihanteellisen kasvilämpötilan ollessa +20...25°C. Rakenteiden sisäpuolisten osien lämpöolosuhteet ovat yleensä aina suotuisat mikrobikasvulle, minkä takia rakenteiden kosteus on kriittinen tekijä mikrobikasvuston syntymiselle. Kosteusrasitus, joka on kestoaltaan pitkäaikainen ja joka ylittää rakenteen / materiaalin kosteudensietokyvyn, johtaa materiaalin mikrobivaurioitumiseen.

Mikrobin tarvitsema kosteus vaihtelee lajistokohtaisesti. Tyypillisesti ilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 30 % mikrobit eivät kasva, yli 70 % suhteellisessa kosteudessa mikrobikasvu on todennäköistä. Ilman suhteellista kosteutta tärkeämpää on kuitenkin materiaalin kosteus, joka voi paikallisesti poiketa selvästi ilman suhteellisen kosteuden arvosta. Homesienten ja hiivojen alin kasvun mahdollistava rakenteen huokosilman suhteellinen kosteus on 85 %. Bakteereilla, kuten aktinobakteereilla kasvuun vaadittava huokosilman suhteellinen kosteus on 95 %.

Homesienten kasvuun vaikuttavat lämpö- ja kosteusolosuhteiden lisäksi kasvuympäristön happamuus eli pH. Homesienten että aktinobakteerien kasvu on mahdollista pH-alueen ollessa 1,4...10, kasvun kannalta suotuisin alue on 4...7. Betonin emäksisyys (pH 12...14) ei rajoita betonipinnan homekasvua, jos kasvulle on suotuisat lämpö- ja

kosteusolosuhteet sekä kasvuun vaadittavaa ravintoa, esim. betonipinnan pölyä tai muottilaudoituksen puuta.

Homeet tarvitsevat kasvaakseen lisäksi happea, vaikkakin myös vähähappinen ympäristö riittää homeille. Anaerobiset bakteerit voivat kasvaa ilman happea, mutta elävien homeiden esiintyminen esim. kosteusvaurioituneen muovimaton alapinnalla viittaa yleensä siihen, että matto on ollut kyseisellä alueella irti alustastaan ja tekemisissä ilman kanssa. Valon vaikutus mikrobikasvuun on lajistokohtaista, osa mikrobeista kasvaa ja tuottaa itiöitä paremmin pimeässä, kun taas toisten lajien itiötuotanto lisääntyy valon lisääntyessä. Ilmavirtaukset huonetiloissa ja rakenteissa rajoittavat mikrobikasvua, mutta lisäävät tiettyjen itiöiden siirtymistä kasvupaikaltaan sisäilmaan. Tällaisia itiöitä ovat ns. kuivat tai myöhemmin kuivuneet itiöt. Kuiviin itiöihin kuuluvat mm. *Aspergillus*, *Paecilomyces* ja *Penicillium*. Heikommin irtoavia ja liikkuvia ovat ns. märät itiöt, esim. *Fusarium*, *Stachybotrys* ja *Trichoderma*. (Viitanen ym. 2000). Reiman ym. 2002.)

2.3 Kosteus- ja mikrobivaurion korjaaminen

Kosteus- ja mikrobivaurion korjauksessa tulee aina selvittää vaurion aiheuttaja ja korjata vika niin, ettei vaurio pääse uusiutumaan. Tästä syystä kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakenteen korjaaminen tulee aloittaa huolellisella vaurion laajuuden ja syyn selvittämisellä. Mikrobien ja terveysoireiden syy-yhteyden tietouden ja korjausrakentamisen määrän lisääntymisen myötä on myös rakennustyöntekijöiden mikrobialtistumiseen ruvettu kiinnittämään huomiota. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaamisessa tulee huomioida erilliset ohjeet, joita on annettu erityisesti korjaustöiden purkuvaiheeseen liittyen. Työntekijöiden turvallisuuden lisäksi kosteus- ja mikrobivaurion korjaamisessa tulee huomioida tilojen riittävä osastointi / alipaineistus ja purkujätteen asianmukainen käsittely. Nämä toimet vaikuttavat korjattavan tilan lähialueiden turvallisuuteen ja loppusiivouksen onnistumiseen. Ohjeet purkutöihin on annettu *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku RATU-82-0239* -kortissa.

Mikrobivaurion korjaaminen tulee erottaa kosteusvaurion korjaamisesta. Mikrobivauriota ei voida korjata pelkästään rakennetta kuivaamalla, vaan riittävä korjaustapa on poistaa mikrobeja sisältävät materiaalit laajasti, reilusti yli

vauriorajojen. Poistettavan alueen laajuuden arvioimiseksi ja varmistamiseksi voidaan käyttää materiaalinäytteistä tehtävää mikrobianalyysia. Yksistään homeyrkkyjen tai desinfektioaineiden käyttöä ei pääsääntöisesti suositella. Myös vanha (kuivunut) mikrobivaurio on terveysriski, ja vaurioitunut materiaali on poistettava. Mekaanista puhdistamista, kemikaalikäsittelyä ja kuivausta suositellaan ainoastaan sellaisille kantaville rakenteille, joiden poistaminen on vaikeaa.

Koska korjaustöiden aikana mikrobeja ja niiden itiöitä vapautuu ilmaan, voivat mikrobipitoisuudet kohota mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku-, korjaus- ja siivoustyön aikana huomattavan korkeiksi. Homevaurioituneiden rakenteiden purkutöiden aikana sisäilman elinkykyisten sieni-itiöiden pitoisuudet voivat nousta 1 000 000 cfu/m³:een ja sädesienien pitoisuudet välillä 1000 cfu/m³:een (Seuri M, & Reiman M. 1996). Tutkimusten mukaan nämä mikrobipitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin maataloudessa ja sahoilla. Näillä aloilla työntekijöillä on todettu esiintyvän vakavia hengitystiesairauksia, esimerkiksi allergista alveoliittia eli homepölykeuhkoa. Mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutöiden aikaan ilmaan vapautuvien sieni-itiöiden hiukkaskoko on pääosin 2...3 µm, jolloin ne pääsevät kulkeutumaan pienimpiin keuhkorakkuloihin saakka.

Rakenteiden purkutöissä ja siivoamisen aikana tulee huomioida mahdollinen mikrobialtistus myös silloin, kun kyseessä ei ole suoraan kosteus- ja homevaurion korjaaminen. Altistumista voi tapahtua etenkin vanhoissa rakenteissa, joissa lämmöneristeenä on käytetty sammalta, olkia, purua, kutterinlastua tai muuta mikrobeille helposti ravinteeksi kelpavaa materiaalia.

3 Mikrobien terveyshaitat

3.1 Oireiden synty

Mikrobien vaikutus terveysoireiden tai tiettyjen sairauksien puhkeamiseen on ollut kiistely aihe viimeiset pari vuosikymmentä. Nykyään ns. homesairauksien olemassaolo tunnustetaan laajasti, ja niiden syntymekanismia pyritään selvittämään. Mikrobialtistuksesta johtuville terveyshaitoille on tyypillistä, että ne lieventyvät tai häviävät kokonaan muualla oltaessa. Terveyshaittojen esiintyminen on yksilöllistä, eikä sisäilman bakteri- tai sieni-itiöpitoisuudet aina korreloi oireilevan henkilön oireiden määrän kanssa. Myöskään sisäilman itiöpitoisuuden perusteella ei voida ennustaa tilojen käyttäjien oireita tai niiden yleisyyttä. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2008: verkkojulkaisu.)

Homeiden ja muiden sienten riskiarvioinnissa pätevät samat periaatteet kuin bakteriologiassa. Tiedetyt bakteerit ovat huomattavasti muita bakteereita vaarallisempia ja bakteerien virulenssi voi vaihdella olosuhteiden mukaan. Lisäksi ihmisen immunitetti, perussairaudet ja lääkitys vaikuttavat siihen, milloin taudinaiheuttajabakteeri voi aiheuttaa ihmisen sairastumisen ja milloin opportunistimikrobi voi muuttua taudinaiheuttajaksi. Homeiden aiheuttamien sairauksien sijaan pitäisi huomioida eri mikrobisukujen ja lajien erilaiset terveysriskit. (Putus 2010: 7.)

Taudin tai oireiden syntyyn vaikuttavat useat tekijät. Osa mikrobisuvuista on allergisoivia, osa on myrkyllisiä ja eräät mikrobisuvut aiheuttavat suoran infektion elimistössä. Lisäksi eri mikrobisuvuilla on yhteisvaikutuksia toisiinsa nähden ja mikrobeilla ja sisäilman kemiallisilla yhdisteillä on yhteisvaikutuksia. Toisaalta tiedetyt mikrobit voivat suojata toisen mikrobikannan haittavaikutuksilta. (Putus 2010: 7.)

Sisäilman mikrobiston aiheuttamien sairauksien ja oireiden syntyyn vaikuttavat sisäilman mikrobipitoisuuden ja -lajiston lisäksi ulkoilman homeet ja muut sienet, juomaveden mikrobit sekä ravinnon ja eräiden nautintoaineiden sisältämät mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet. Kokonaisriskiä arvioitaessa tulee huomioida myös henkilön

altistumishistoria, asuinympäristö, päiväkodit, koulut, opiskelu- ja harrastusympäristö sekä työympäristö työnkuvaan liittyvine altisteineen. (Putus 2010: 7.)

Rakennuksen kosteus- ja mikrobivaurioitumisen seurauksena vauriorakennuksen sisäilman mikrobisto muuttuu. Kosteusvauriomikrobit jaetaan primaari-, sekundaari- ja tertiaarivaiheen mikrobeihin. Rakenteen vaurioitumisen alkuvaiheen mikrobikanta korvautuu vaurion etenemisen myötä toisilla mikrobeilla kasvualustan ravinnetilanteen muutosten ja mikrobien keskinäisen kilpailutilanteen vaikutuksesta. Primaarimikrobien tilalle muodostuu ensin selluloosaa hajottavien sienten kanta, sitten sinistäjäsienet ja lopulta puutavaraa lahottavat sienet, punkit ja hyönteiset. Mikrobeilla on laji- ja sukutason eroja ja tiettyjen bakteerien ja homeiden tiedetään potentoivan eli voimistavan toistensa vaikutuksia. (Putus 2010: 7-8.)

3.2 Mikrobien terveyshaitat

Kosteus- ja homevaurioituneessa rakennuksessa oleskelevat henkilöt voivat kokea erilaisia oireita rakennuksessa oleskellessaan. Yleistä näille kaikille kokemuksille on, että ne lieventyvät tai häviävät kokonaan kun henkilö poistuu rakennuksesta. Henkilöiden kokemat oireet etenevät ja vaihtuvat kosteus- ja mikrobivaurion iän ja mikrobikannan mukaan. Alkuvaiheen tyypillisiä oireita ovat viihtyvyys- ja hajuhaitat, vähitellen voidaan todeta erilaisia epäspesifejä ärsytysoireita ja yleisoireita. Altistumisen alkuvaiheessa oireiden ja rakennuksessa oleskelun ajallinen yhteys on selvä, mutta altistuksen jatkuttua pitkään oireiden ajallinen yhteys vaurioituneeseen rakennukseen hämärtyy. Pitkällä aikavälillä myös ulkohomeet saattavat alkaa aiheuttamaan oireita. (Putus 2010: 8.)

Mikrobialtistuksen yleisiä oireita ovat silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet, yleisoireet, kuumeilu, iho-oireet ja infektiosairauksien lisääntyminen. Harvinaisia mikrobialtistuksesta aiheutuvia terveyshaittoja ovat mm. alveoliitti ja ODTS-oireyhtymä (*Organic Dust Toxic Syndrome*) eli homepölykeuhko. Vakavia terveyshaittoja edeltää usein vuosikausia, jopa 10 – 15 vuotta jatkunut altistuminen (Putus 2010: 9). Altistuvan väestön riskiryhmiin kuuluvat mm. atoopikot ja hengitystiesairaat, joilla usein esiintyy oireita pienemmällä altistumisella kuin terveillä henkilöillä (Terveiden ja hyvinvoinninlaitos. 2008. Verkkojulkaisu).

Sisäilman mikrobien toksisuuden perusteella ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä siitä että toksiineja olisi sisäilmassa, sillä mikrobien toksiinin tuottoon vaikuttavat useat olosuhdetekijät. Lisäksi useiden eri toksiinintuottajien samanaikaisen esiintymisen vaikutusta sisäilmassa ei tiedetä, joten tutkimuksia tulee jatkaa lisätiedon saamiseksi. (Sulyok ym. 2010: 102.)

3.3 Terveyshaitat lajistokohtaisesti

Sisäilman yleisin sienisuku *Penicillium* on tunnettu sieni kosteusvauriotutkimuksen lisäksi niin vaurioitumattomissa rakennuksissa, elintarvikkeissa kuin lääketeollisuudessa-kin. *Penicillium*-suvun alalajeja tunnetaan yli 500. *Penicillium* kuuluu primaarivaiheen homesukuihin ja on nopeakasvuinen ja pieni-itiöinen. Se voi muodostaa märille pinnoilla näkyviä kasvustoja jopa viikossa (Adan 1994) ja kestää hyvin kosteuden vaihtelua (Korpi ym. 1998). Tavanomaisena tunnetun *Penicillium*-suvun homeella on kuitenkin myös haitallisia terveysvaikutuksia. Se on allergisoiva, toksiineja tuottava ja se voi aiheuttaa infektion elimistössä (Putus 2010: 16–20).

Aspergillus-suvun homeet ovat yleisiä kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen homeita. *Aspergillus*-suvun homeet aiheuttavat allergiasairauksia, tuottavat mykotoksiineja ja ne voivat aiheuttaa suoran infektion herkillä potilasryhmillä. Väestöstä alle 5 %, mutta kosteusvauriorakennuksista altistuneista, tutkimuksiin lähetetyistä ammattitautipotilaista yli 20 % on herkistynyt *Aspergillus*-homeelle (Putus 2010: 22). *Aspergillus*-suvun homeet ovat *Penicilliumin* ohella nopeakasvuisia ja *Aspergillus*-suvun kasvu valtalajiksi viittaa kosteusvaurioon. Ns. kosteus- ja mikrobivaurioon viittaavien indikaattorimikrobeihin kuuluu useita *Aspergillus*-suvun homeita, kuten *A. fumigatus*, *A. versicolor*, *A. ochraceus*, *A. penicillioides*, *A. restrictus* ja *A. sydowii*.

Chaetomium-homeita tunnetaan yli 180 lajia. Kosteusvauriorakennuksissa *Chaetomium* kasvaa mielellään selluloosaa sisältävillä kasvualustoilla ja paperi- ja kartonkialustoilla, vaurioitumattomien rakenteiden pinnoilla *Chaetomiumia* ei havaittu (Hyvärinen 2002). *Chaetomium* ei ole yleinen kosteusvaurioituneen rakenteen mikrobi, vaan se on tertiaarivaiheen mikrobi ja sitä esiintyy vasta pitkäkestoissa ja vakavissa kosteusvaurioissa. *Chaetomium* on allergisoiva ja toksiineja tuottava ja sen puhdistaminen pinnoilta ja irtaimistosta on vaikeaa.

Fusarium-suvun homeet ovat harvinaisia kosteusvauriota indikoivia homeita asuinrakennuksissa ja muissa oleskelutiloissa. Yleisesti *Fusarium*-homeita esiintyy maatalousympäristössä. *Fusarium*-suvun homeiden tiedetään aiheuttaneen ammattiastmoja ja se voi aiheuttaa suoran infektion esimerkiksi poskionteloissa tai ihossa. Monet *Fusarium*-lajit tuottavat toksisia aineenvaihduntatuotteita ja lisäksi ne ovat allergisoivia. *Fusarium*-homeiden toksiinien tiedetään aiheuttavan syöpää, elinvaurioita ja sikiövaurioita. Se kuuluu sekundaari- ja tertiaarivaiheen mikrobeihin, pl. olki, turve tai kierrätysmateriaalit, joissa *Fusarium* saattaa ilmaantua kasvuston joukkoon jo aikaisessa vaiheessa. (Putus 2010: 39.)

Stachybotrys chartarum (atra) on toksiineja tuottavista homeista parhaiten tunnettu mikrobisuku. Se on tertiaarivaiheen mikrobi ja se kasvaa mielellään mm. kipsilevyn kartongilla ja paperialustoilla. *Stachybotrys chartarum* on hidaskasvuinen ja *Chaetomiumin* ja *Fusariumin* tavoin heikosti ilmassa leijuva itiö. Sitä tavataan yleensä vain vauriokohteissa. *Stachybotrys chartarum* on yhdistetty useisiin vakaviin terveyshaittoihin ja sen esiintyminen sisäilmassa pieninäkin pitoisuuksina tulee huomioida ja esiintymisen syy selvittää. (Putus 2010: 46–51.)

Puumateriaalissa tyypillisiä mikrobeja ovat *Trichoderma* eli katkolahottaja, *Acremonium* eli *Cephalosporium* ja *Aureobasidium*. Nämä kaikki suvut ovat allergisoivia, mutta tutkimusten perusteella puutavaran mikrobit ovat melko heikkoja allergeeneja (Taskinen 2001). Allergisoivan ominaisuuden lisäksi *Trichoderma* ja *Acremonium* ovat ns. kosteusvaurioindikaattoreita ja ne voivat tuottaa toksiineja.

Ulkoilmassa sulan maan aikaan esiintyvä lajisto poikkeaa kosteusvauriorakennuksen lajistosta selvästi. Suomessa tärkeimmät ulkoilman sienisuvut ovat *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Botrytis* eli harmaahome, hiivat ja basidiomykeetit (lakkisienet). Ulkoilman homeet eivät tietävästi tuota toksiineja, poikkeuksena *Alternaria* ja eräät *Aspergillus*-lajit. Kuitenkin kaikki ulkoilman homeet ovat allergisoivia, tosin niitä pidetään heikkoina allergeeneina. Ulkoilman homeet ovat yleensä ensimmäisiä, jotka alkavat kasvaa kosteusvaurioituneella pinnalla. Lisäksi homeille herkistyneet henkilöt kokevat usein oireita puutarhatöiden, kuten ruohonleikkuun ja lehtien haravoinnin yhteydessä.

Hiivat ovat tunnetuimpia elintarvikkeista, mutta ne kuuluvat myös kosteus- ja mikrobivaurioituneisiin rakennuksiin. Hiivoja pystytään harvoin tunnistamaan laji- tai sukutasolla. Hiivojen ei tiedetä tuottavan toksineja, joten niiden kiinnostavuus mikrobiutkimuksessa on jäänyt vähemmälle. Niillä on kuitenkin terveydellistä merkitystä kosteusvauriorakennuksissa. Hiivat ovat allergisoivia ja ne aiheuttavat infektioita limakalvoilla ja kudoksissa. Hiivojen kasvu edellyttää yleensä hyvin korkeaa kosteutta ja jonkin verran korkeampaa lämpötilaa kuin homeiden kasvu. Hiivat ovat rakennusmateriaaleista otetuissa näytteissä viite kosteusvauriosta, mutta ilmanäytteissä hiivapitoisuudet ovat olleet samaa suuruusluokkaa sekä vaurio- että vertailurakennuksissa. (Taskinen 2001.)

4 Mikrobien mittaussmenetelmät ja tavanomaiset pitoisuudet

4.1 Sisäilman mikrobimittaus

Suomessa sisäilman mikrobien mittaussmenetelmät ovat vakiintuneet ja niiden yleiskuvaukset on annettu Asumisterveysohjeessa. Mikrobianalyseja tekevän laboratorion tulee hyvän käytännön mukaisesti antaa näytteenottajalle tarkat näytteenotto- ja mittaussohjeet, joilla varmistetaan näytteenoton onnistuminen kyseisen laboratorion analyysimenetelmään nähden. Suomessa ei juuri ole laboratorikohtaisia eroja näytteenotomenetelmissä, vaan laboratorioden menetelmät ovat yhtenäiset Asumisterveysohjeen kanssa ja näin ollen vertailukelpoisia keskenään.

Sisäilman mikrobimittauksilla selvitetään, ovatko asunnon sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ja -suvusto tavanomaisia sen sijaintiin, ikään ja vuodenaikaan nähden. Lisäksi sisäilman mikrobimittauksilla voidaan todeta, leviääkö muualla rakennuksessa, esimerkiksi porraskäytävässä tai kellaritilassa, esiintyvistä mikrobikasvustosta itiöitä tai mikrobisoluja rakennuksen muihin sisätiloihin. (Asumisterveysohje 2003: 78.)

Sisäilman mikrobimittaus tehdään ns. Andersen-menetelmällä, tyypillisimmin 6-vaihekeräimellä. Käytössä on myös 2-vaihekeräin, jonka käytön Asumisterveysohje hyväksyy. Yhdysvalloissa on lisäksi yleisesti käytössä 1-vaihekeräin. 6- ja 1-vaihekeräinten tuloksia on vertailtu Yhdysvalloissa jo 1980-luvulta, ja laitteiden on todettu olevan vertailukelpoisia keskenään (Herva & Hokkanen 2011: 11). Suomen olosuhteissa 30 näytteen testauksessa 1-vaihekeräimen ja 6-vaihekeräimen korrelaatioksi on saatu 0,989. Tuloksen perusteella 1-vaihekeräimen voidaan todeta soveltuvan Asumisterveysohjeen mukaisiin näytteenottoihin. (Herva & Hokkanen 2012: 47.) Asumisterveysohjeen mukaan myös muita keräimiä, kuten RCS-keräimiä, voidaan käyttää, mutta näitä keräimiä käytettäessä Asumisterveysohjeen tulosten tulkintaa ei voida sellaisenaan soveltaa, vaan tulkintaa varten on oltava kyseessä olevaa menetelmää käyttäen analysoitujen näytteiden vertailuaineisto. (Asumisterveysohje 2003: 79.)

4.2 Sisäilmanäytteenotto 6-vaihekeräimellä

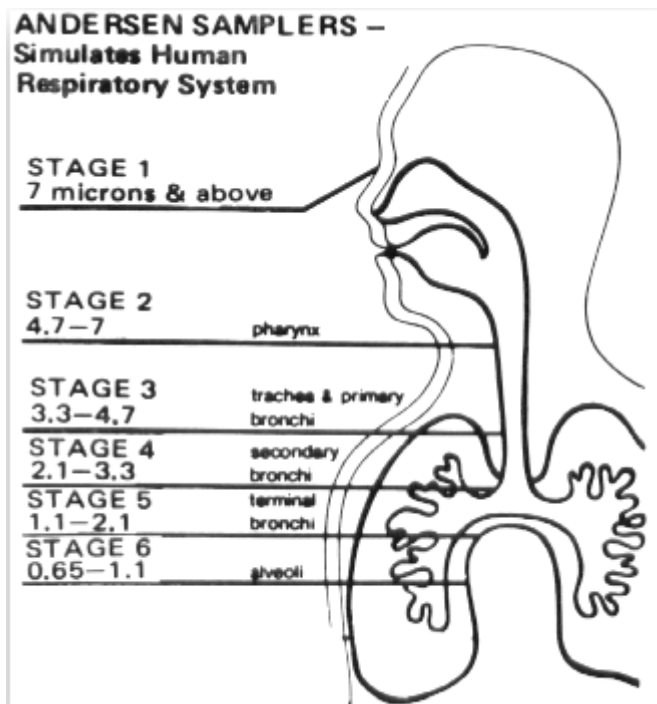
Sisäilman mikrobinäytteenotto tehdään impaktorilla, joka on liitetty pumppuun. 6-vaihekeräimessä ilman keräys tehdään kuudella tasolla, jotka kuvaavat ihmisen hengitysteihin kulkeutuvien partikkelien kokoa (kuva 3). Impaktorin sisään asennetaan petrimaljat (Ø 9 cm), joille on valettu 25 ml kasvualustaa. Kasvualustoina suositellaan käyttämään kolmea erilaista ravinnealustaa: sienille mallasuuteagarua (M2- tai Hagemagar) ja dikloraaniglyseroliagarua (DG-18-agar) ja bakteereille tryptoni-glukoosihiivauuteagarua (THG-agar). Mallasuuteagar on tarkoitettu kosteissa rakenteissa esiintyville sienilajeille ja DG18-agar kuivemmilla alustoilla viihtyville sienilajeille. Asumisterveysohje suosittelee kosteusvauriorakennusten mikrobinäytteiden analysointiin sienille mallasuuteagarua ja bakteereille THG-alustaa, mutta Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen tutkimuksen mukaan jopa 17 %:ssa ilmanäytteistä viite mahdollisesta mikrobikasvusta rakennuksessa on havaittavissa vain DG18-alustalla, ei THG- tai mallasuuteagarilla (Häkkilä 2011: 109).

Ennen mittausta on varmistettava, että agarmaljoilla täytetyn impaktorin läpi virtaa ilmaa 28,3 l/min. Ennen jokaista näytteenottoa keräimen osat puhdistetaan 70 % etanolilla ja kuivataan huolellisesti. Agarmaljat asetetaan impaktoriin niille tarkoitetuille paikoille ja maljojen kannet jätetään alaspäin puhtaan alustan päälle. Näytteenottoaika on 10 – 15 min / maljasarja ja näytteenottokorkeus n. 1 – 1,5 m lattiapinnan tasosta. Näytteenoton aikana vältetään oleskelua keräimen läheisyydessä. Jos sisäilman mikrobimittaus tehdään sulan maan aikaan, on otettava näytteitä myös ulkoilmasta, vähintään 5 m etäisyydeltä rakennuksesta. (Asumisterveysohje 2003: 84–85.)

Välittömästi näytteenoton jälkeen keräin puretaan, kannet asetetaan maljojen päälle ja maljojen kansiin merkitään näytteen tunnus ja maljan sijainnin mukainen impaktorin vaihe. Näytesarjaan liitetään mukaan tiedot näytteenottopäivästä. Samaan näytteeseen kuuluvat maljat teipataan yhteen ja maljat kuljetetaan laboratorioon ylösalaisin käännetyinä saman päivän aikana. (Asumisterveysohje 2003: 84–85.)

4.3 Ilmanäytteiden analysointi

Laboratoriossa impaktorinäytteiden agarmaljat kasvatetaan alaspäin käännettyinä 25 ± 3 °C:ssa 7 vuorokautta (sienet ja bakteerit) tai 14 vuorokautta (aktinobakteerit). Kasvatusajan päätyttyä bakteri- ja sienipesäkkeiden kokonaismäärät lasketaan agarmaljoilta. Maljalta laskettua pesäkemäärää voidaan pitää luotettavana, jos sienimaljoilla pesäkemäärä on alle 150 pesäkettä ja bakterimaljoilla alle 250 pesäkettä. Tuloksista tehtävässä lausunnossa tai raportissa on ilmoitettava käytetty menetelmä, koska kasvatusmenetelmillä määritetyt mikrobipitoisuudet kuvaavat elinkykyisten, tietyissä olosuhteissa kasvavien mikrobien pitoisuutta. 6-vaiheimpaktorilla otettujen bakteri- ja sieni-itönäytteiden pesäkemäärät impaktorin vaiheissa 3-6 olevilta kasvatusalustoilta korjataan Asumisterveysohjeessa olevan muunnostaulukon mukaisesti. Kun pesäkemäärät on korjattu, ilman mikrobipitoisuus lasketaan vaiheiden pesäkemäärän summan ja ilmanäytteen tilavuuden osamääränä ja tulos ilmoitetaan yksikössä kpl/m^3 . Yleisesti käytössä ovat myös yksiköt cfu/m^3 tai pmy/m^3 .



Kuva 3 Andersen-keräimen vaiheet on jaettu partikkelikoon mukaisesti (Pawcill Environment 2008).

4.3.1 Sisäilman mikrobimittauksen virhelähteet

Sisäilman mikrobimittauksen tuloksen luotettavuuteen vaikuttavat useat tekijät. Mittauksen ajallisen keston ja mittauspisteiden riittävän otannan lisäksi tulosten luotettavuuteen vaikuttaa mittauskohteen sisä- ja ulko-olosuhteet. Lisäksi itse mittauksen suorittaminen aiheuttaa epävarmuutta luotettavuuteen.

Sisäilman mikrobipitoisuus vaihtelee yleensä merkittävästi, minkä takia sisäilman hetkellisen mikrobimittauksen tuloksen perusteella ei voida antaa kokonaistilannetta kuvaavia arvioita. Sisäilman mikrobimittaus edustaa sen hetkistä näytteenottotilannetta niissä olosuhteissa, joissa mittaus on tehty. Jotta sisäilman mikrobiston kokonaistilannetta voidaan arvioida, näytteenotto tulisi toistaa 2- 3 kertaa, esimerkiksi viikon välein. Kosteus- ja mikrobivaurion poissulkemiseksi voidaan tarvita jopa 10 mittauskertaa. (Asumisterveysopas 2009: 158.)

Sisäilman mikrobimittaukset tulee tehdä riittävän kattavasti tilan koko ja oire-epäilyjen sijainti huomioiden. Sisäilman mikrobimittauksessa suuret tilat jaetaan korkeintaan 10 x 10 m alueisiin, mutta mittaus tehdään kuitenkin kaikista oire-epäilyjä aiheuttaneista huonetiloista. (Asumisterveysopas 2009: 41.)

Mittauskohteen sisä- ja ulko-olosuhteet vaikuttavat merkittävästi mittaustulosten luotettavuuteen. Sisäilman mikrobimittausten suositeltavin näytteenottoaika on talvi, jolloin ulkoilman mikrobiston pitoisuudet ovat pienimmillään ja sisäilmassa esiintyvien mikrobien voidaan olettaa olevan peräisin yksinomaan asunnon sisältä ja rakenteista. Jos mittaus tehdään sulan maan aikaan, sisäilman mikrobimittauksen tulosta verrataan samanaikaiseen ulkoilman mikrobistoon.

Häkkilän tutkimuksessa todetaan, että pienetkin pitoisuudet kosteusvaurioindikaattorilajeja toistuvasti esiintyessään voivat viitata mikrobiongelmaan, vaikka ne helposti tulkitaan virhelähteiden aiheuttamaksi. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että toimiva, tuuloilman suodattava ilmanvaihto vähentää ulkoilman vaikutusta näytteen virhelähteenä oleellisesti ja mahdollistaa sisäilmanäytteiden ottamisen myös kesäaikana, jopa ulkoilman runsaimman homeitiökauden aikana. (Häkkilä 2010: 121.)

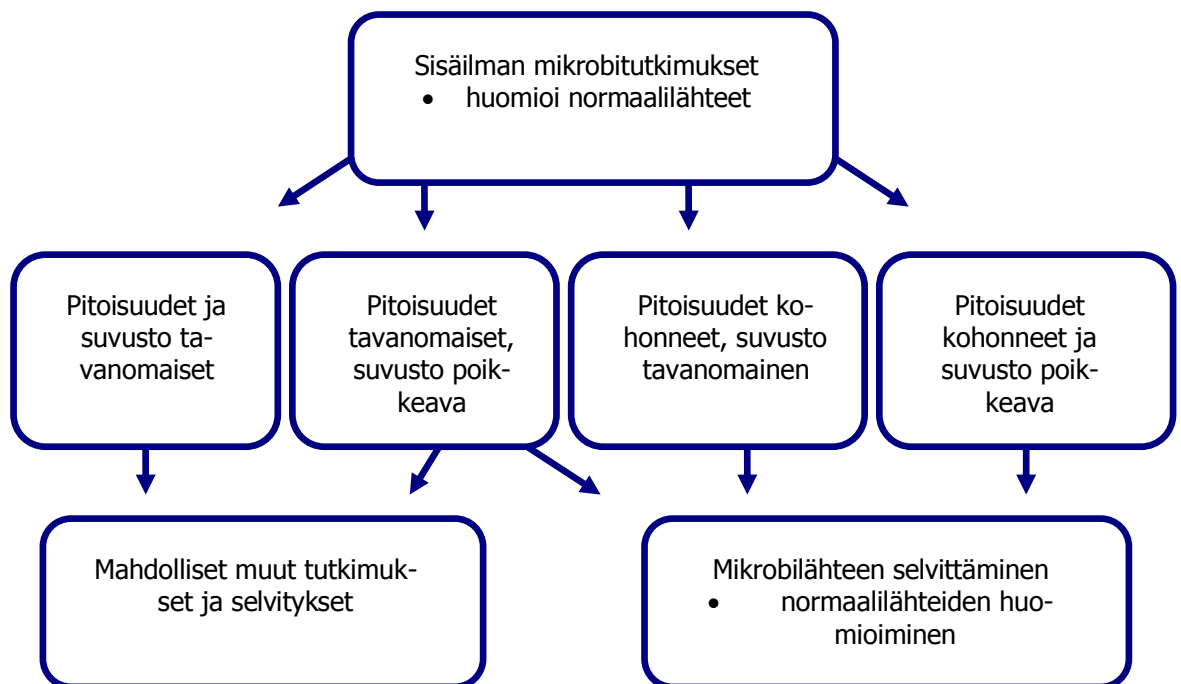
Pasasen ym. tekemän tutkimuksen mukaan sisäilman mikrobipitoisuuksiin ja siten myös mikrobiologisten mittausten tuloksiin voivat vaikuttaa myös ilmanvaihdon tehokkuus sekä ilman suhteellinen kosteus (Pasanen ym. 1991). Tutkimuksen mukaan ilmasta otetuista näytteistä ei välttämättä löydy merkittäviä sieni-itiöpitoisuuksia, vaikka tilan pinnoilla olisi silminnähtävää mikrobikasvustoa. Tutkimuksessa todettiin, että sisäilmas-
sa tavallisimmat homelajit, *Penicillium*, *Aspergillus* ja *Cladosporium*, reagoivat selvästi tehostettuun ilmanvaihtoon sekä ilman suhteellisen kosteuden lisäykseen. Ilmannopeu-
den ollessa 1 m/s ja suhteellisen kosteuden ylittäessä 12 % itiöitä vapautui merkittä-
västi enemmän kuin kuivemmassa ja seisovammassa ilmassa. Eniten itiöiden vapautu-
mista huomattiin ilmannopeuden ollessa 1... 1,5 m/s ja ilman suhteellisen kosteuden
12...42 %. (Pasanen ym. 1991.) Edellä mainitut ilmannopeudet eivät normaalitilanteis-
sa toteudu, sillä ilmannopeus ei tilasta riippuen saisi ylittää nopeutta 0,2...0,3 m/s
(RakMkD2. 2002).

Mikrobimittausten aikana ja mittausta ennen tapahtuvat toiminnot sisätiloissa vaikutta-
vat mikrobitulosten luotettavuuteen ikkunatuuletusta lukuun ottamatta yleensä pitoi-
suuksia kohottavasti. Useat tavanomaiset asumiseen liittyvät toimet, kuten siivoami-
nen, lemmikkieläimet sekä tekstiilien, polttopuiden ja elintarvikkeiden käsittely, voivat
kohottaa sisäilman sieni-itiöpitoisuutta jopa 10 – 100 kertaiseksi (Asumisterveysopas
2009). Jotta mikrobien tavanomaisten lähteiden käyttöön voidaan vaikuttaa, suositel-
laan tilojen käyttäjille jaettavan ennen mittausta valmistautumisohjeet, joissa pyyde-
tään välttämään kyseisiä toimia ennen mittausta. Mittauksen aikana tehdyt havainnot
mikrobien normaalilähteistä tulee kirjata ylös ja mittausten luotettavuutta arvioida ko-
konaistilanne huomioiden.

Osa rakenteiden mikrobikasvustoon viittaavista mikrobeista voivat olla peräisin myös
muista mikrobilähteistä. Esimerkiksi *Aspergillus fumigatus* ja *Fusarium* sekä aktinomy-
keetit voivat kulkeutua asuntoihin maatalousympäristöistä ja talleista, eikä niiden esiin-
tymistä tällöin voida pitää varmana osoituksena rakenteissa esiintyvistä mikrobikasvus-
tosta. Sisäilmaan voi vapautua aktinomykeettejä esimerkiksi multaisista juureksista ja
Trichoderma esimerkiksi polttopuista. Lisäksi läheltä maaperää otettujen materiaali-
näytteiden aktinomykeetit voivat olla peräisin maaperästä. (Asumisterveysohje 2003:
82.)

4.4 Sisäilmanäytteen tulosten tulkinta

Mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti sekä ajallisesti että kohteiden välillä, joten tarkkoja ohjearvoja ei ole voitu antaa. Rakennuksessa on mahdollista olla home- tai lahovaurio, vaikka sisäilman mikrobipitoisuudet olisivat normaaleja. Jos kosteusvaurioita epäillään, pitää aina tarkastella myös pitoisuuksien lisäksi näytteiden mikrobisuvustoa. Kuvassa 4 on esitetty Asumisterveysoppaan (2009) kaavio mikrobipitoisuuksien ja -suvustojen huomioimisesta näytteiden tulkinnassa.



Kuva 4 Mikrobipitoisuuksien ja -suvuston huomioiminen ilmanäytteiden tulkinnassa (Asumisterveysopas 2009: 170).

Näytteitä tulkittaessa tulee huomioida, että eri näytteenottokohteiden normaalipitoisuudet vaihtelevat runsaasti, joten pelkästään mikrobipitoisuuteen ja -lajistoon perustuvan tulkinnan perusteella ei voi tehdä johtopäätöksiä sisäilman laadusta. Kokonaisarviointiin tulee aina liittää tilan normaalilähteiden ja tavanomaisen mikrobiston arviointi. Tyypillisesti asunnoissa on suuremmat pitoisuudet kuin muissa rakennuksissa, johtuen asunnoissa tehtävistä tavanomaisista, tilan mikrobistoon vaikuttavista toiminnoista.

5 Materiaalien ja sisäilman mikrobisto asunnoissa ja toimistoissa

5.1 Sisäilman mikrobipitoisuudet

5.1.1 Asuinrakennukset

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut ohjeet asuinrakennusten ja niihin verrattavien rakennusten sisäilman tavanomaisista mikrobipitoisuuksista Asumisterveysohjeessa. Tulkintaohjeiden mukaan taajamassa sijaitsevien asuinrakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet $100\text{--}500\text{ cfu/m}^3$ saattavat viitata talviaikana kohonneeseen sieni-itiöpitoisuuteen. Jos pitoisuus on yli 500 cfu/m^3 , voidaan se tulkita kohonneeksi ja mahdollista terveyshaittaa aiheuttavaksi. Aktinobakteeripitoisuudet yli 10 cfu/m^3 talviaikana viittaavat mikrobilähteeseen sisätiloissa. Poikkeava mikrobilajisto viittaa mahdolliseen kosteusvaurioon, mutta yksittäisten kosteusvaurioon viittaavien mikrobien esiintyminen pieninä pitoisuuksina on kuitenkin normaalia. Suuri bakteeripitoisuus, yli $4\ 500\text{ cfu/m}^3$, viittaa yleensä puutteelliseen ilmanvaihtoon.

Korhosen opinnäytetyössä selvitettiin 5 kohteen sisäilman laatua ennen ja jälkeen korjaustöiden. Korjaustöiden jälkeen tehdyissä sisäilman mikrobimittauksissa sisäilman sieni-itiöpitoisuudet vaihtelivat alle 10 cfu/m^3 pitoisuudesta 71 cfu/m^3 pitoisuuteen. Aktinobakteerien pitoisuudet vaihtelivat alle laboratorion määrittämissä olevista pitoisuuksista 5 cfu/m^3 pitoisuuteen. Bakteeripitoisuudet vaihtelivat $370\text{--}3\ 004\text{ cfu/m}^3$ välillä. (Korhonen 2010.)

5.1.2 Toimistorakennukset

Asumisterveysohjeen antamat arvot eivät ole suoraan sovellettavissa toimistorakennuksiin, sillä asuin- ja toimistorakennusten normaalitoiminnat ja mikrobilähteet eroavat toisistaan. Toimistorakennusten mikrobipitoisuudet ovat asuinrakennuksia pienemmät ja Salosen tutkimuksessa on ehdotettu toimistorakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudelle 50 cfu/m^3 ja aktinobakteeripitoisuudelle yli 5 cfu/m^3 sisätilojen mikrobilähteeseen viittaavaksi pitoisuudeksi. Suuri bakteeripitoisuus, yli 600 cfu/m^3 , viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon toimistorakennuksessa. (Salonen 2009.)

5.2 Sisäilman mikrobilajisto

5.2.1 Kosteusvaurioon viittaavat mikrobit

Tieto rakennusten sisäilman ja materiaalien tavanomaisista ja epätavanomaisista mikrobilajeista on kasvanut runsaasti viime aikoina. Sekä asuntojen että toimistojen sisäilmassa ja materiaaleissa kosteusvaurioon viittaavat indikaattorimikrobit ovat samoja. Tutkimuslaboratorioiden tulosten tulkintaa helpottavat Työterveyslaitoksen ja sosiaali- ja terveysministeriön antamat tulkintaohjeet mikrobipitoisuuksille eri materiaali-, pinta- ja ilmanäytteissä.

Yksi tulkinnoissa käytetty apuväline on vuoden 1992 tiedon perusteella laadittu, niin sanottu Baarnin lista (taulukko 1), joka on luettelo kosteusvaurioon viittaavista indikaattorimikrobeista. Kosteusvaurioindikaattoriksi kutsutaan mikrobia, jota ei yleensä löydetä terveessä ja vaurioitumattomassa rakennuksessa. Jos kosteusvaurioindikaattorimikrobia löytyy rakennuksesta otetussa näytteessä, viittaa löydös siihen, että rakenteessa on tai on ollut kosteusvaurio. Kosteusvaurionindikaattorimikrobien esiintymisen lisäksi täytyy kuitenkin ottaa huomioon myös niiden määrä, muutama pesäke ei ole vielä merkitsevä. Indikaattorimikrobeina pidetään lisäksi joitain tavanomaisia mikrobeja, jos niitä esiintyy näytteissä suurina pitoisuuksina. (Indikaattorit 2008.)

Ns. Baarnin lista on luettelo kosteusvaurioon viittaavista indikaattorimikrobeista vuoden 1992 tiedon perusteella:

Taulukko 1 Baarnin lista.

Runsasta kosteutta vaativat (RH > 90 ...95%)	Kohtalaista kosteutta vaativat (RH 85...90%)	Suhteellisen kuivassa viihtyvät mikrobit (RH < 85%)
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aspergillus fumigatus</i> • <i>Exophiala</i> • <i>Fusarium</i> * • <i>Phialophora</i> • <i>Stachybotrys</i>* • <i>Trichoderma</i> • <i>Ulocladium</i> • Sädesienet (<i>Streptomyces</i>, aktinomykeetit, nykyisin aktinobakteerit) • Hiivat (<i>Rhodotorula</i>) • Useita gram-negatiivisia bakteereita (esim. <i>Pseudomonas</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aspergillus versicolor</i> * 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aspergillus versicolor</i> * • <i>Eurotium</i> • <i>Wallemia</i> • <i>Penicillium</i>-lajeja (esim. <i>Penicillium chrysogenum</i>, <i>Penicillium aurantogriseum</i> *)

* tuottaa toksiineja

Useat tutkimuslaboratoriot ovat täydentäneet ns. Baarnin listan kosteusvaurioindikaattoriluetteloa omien tutkimustensa perusteella. Taulukossa 2 on esitetty Työterveyslaitoksen ympäristömikrobiologian laboratorion laatima lista kosteusvaurioindikaattoreista, jota käytetään yleisesti apuna sisäilman mikrobitulkinnoissa. Lista on vuodelta 2008.

Taulukko 2 Työterveyslaitoksen ympäristömikrobiologian laboratorion lista kosteusvaurioindikaattoreista.

* kosteusvaurioindikaattorimikrobi	
** mahdollinen toksiinin tuottaja	
° indikaattorimerkitys vielä avoin	
<i>Acremonium</i> ^{*, **}	<i>Absidia</i> [°]
<i>Aspergillus fumigatus</i> ^{*, **}	<i>Aspergillus flavus</i> ^{°, **}
<i>Aspergillus ochraceus</i> ^{*, **}	<i>Aspergillus niger</i> ^{°, **}
<i>Aspergillus penicillioides</i> /	<i>Aspergillus ustus</i> ^{°, **}
<i>A. restrictus</i> [*]	<i>Aureobasidium</i> [°]
<i>Aspergillus sydowii</i> ^{*, **}	basidiomykeetit [°]
<i>Aspergillus terreus</i> ^{*, **}	<i>Botrytis</i> [°]
<i>Aspergillus versicolor</i> ^{*, **}	<i>Chrysonilia</i> [°]
<i>Chaetomium</i> ^{*, **}	<i>Chrysosporium</i> [°]
<i>Engyodontium</i> [*]	<i>Mucor</i> [°]
<i>Eurotium</i> [*]	punaiset hiivat
<i>Exophiala</i> [*]	<i>Rhinochrysiella</i> [°]
<i>Fusarium</i> ^{*, **}	<i>Rhizopus</i> [°]
<i>Geomyces</i> [*]	
<i>Memnoniella</i> ^{*, **}	
<i>Oidiodendron</i> [*]	
<i>Paecilomyces</i> ^{*, **}	
<i>Phialophora</i> [*]	
<i>Phoma</i> [*]	
<i>Scopulariopsis</i> [*]	
Sphaeropsidales [*]	
<i>Sporobolomyces</i> [*]	
<i>Stachybotrys</i> ^{*, **}	
<i>Streptomyces</i> ^{*, **}	
<i>Trichoderma</i> ^{*, **}	
<i>Tritirachium</i> [*]	
<i>Ulocladium</i> [*]	
<i>Wallemia</i> [*]	

Kosteusvauriorakennuksissa esiintyy useita mikrobisukuja, jotka leviävät materiaaleista sisäilmaan. Anne Hyvärisen yli 1100 materiaalinäytteen aineistossa tunnistettiin lähes 50 eri home- ja hiivasukua ja yli 30 mikrobisukua vertailunäytteistä (Hyvärinen ym. 2001, Hyvärinen 2002). Useimpia mikrobisukuja todettiin sekä vaurio- että vertailunäytteissä. Mikrobisuvuista oli erotettavissa vain vaurionäytteissä esiintyvät suvut. Näitä olivat seuraavat homesuvut:

- *Ascomycetes*
- *Aspergillus glaucus*
- *Aspergillus niger*
- *Chaetomium*
- *Exophiala*
- *Geomyces*
- *Gliocephalis*
- *Gonatobotrys*
- *Gonatorroidiella*
- *Oedocephalon*
- *Ovulariopsis*
- *Rhizopus*
- *Rhodotorula*
- *Stachybotrys*
- *Tritirachium*
- *Ulocladium.*

Sen sijaan pelkästään vertailunäytteissä eikä lainkaan vaurionäytteissä todettiin *Crysonilia*, *Graphiumia* ja *Humicola*.

5.2.2 Sisäilman tavanomaiset mikrobit

Asuinrakennusten sisäilman sienilajistoon vaurioituneissa ja ei-vaurioituneissa rakennuksissa on otettu kantaa sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa. Sisäilmassa yleisesti esiintyviä sienisukuja ja -ryhmiä ovat *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* ja hiivat. Yleisin ja runsaimmin esiintyvä sienisuku sisäilmassa on *Penicillium*. Muiden kuin *Penicillium*-sienten esiintyminen valtalajina sisäilmanäytteissä voidaan pitää epätavanomaisena.

Cladosporium-sienisuku on ulkoilman yleisin suku, minkä vuoksi *Cladosporium*-lajeja havaitaan yleisesti myös sisäilmassa, varsinkin kesäisin ja syksyisin. Toisaalta korkea *Cladosporiumin* määrä sisäilmassa talvella viittaa rakennuksessa esiintyvään mikrobikasvustoon. *Penicilliumin* ja *Cladosporiumin* lisäksi sisäilmanäytteissä esiintyy usein *Aspergillus*-lajeja ja hiivoja, mutta näiden osuus sisäilman sieni-itiöpitoisuudesta on tavallisesti pienempi kuin *Penicilliumin* osuus.

Ulkoilmassa yleisesti esiintyviä sienisukuja ja -ryhmiä ovat *Cladosporium*, basidiomykeetit, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, hiivat ja steriilit sienet.

Toimistorakennusten sisäilman laatua on tutkittu Heidi Salosen toimesta Työterveyslaitoksen tutkimusaineiston pohjalta. Aineiston mukaan sisäilman elinkykyisten mikrobien mikrobiinäytteissä *Penicillium*, hiivat, *Cladosporium* ja steriilit sienet olivat sisäilman yleisimmät sienilajit. Pelkästään homevaurioituneiden toimistorakennusten sisäilmassa havaittiin *Aspergillus ochraceusta*, *Aspergillus glaucusta* ja *Stachybotrys chartarumia*. Tutkimuksessa *Penicilliumin* ja *Aspergillus versicolorin* esiintyvyys viittasi voimakkaimmin homevaurioihin tutkituissa rakennuksissa. (Salonen 2009.)

6 Tutkimusaineisto

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobiston eroja ja yhtäläisyyksiä. Tutkimusaineisto koottiin Raksystems Anticimex Insinööri-toimisto Oy:n sisäilmatutkijoiden kohteista. Kaikissa tutkimuskohteissa on ollut poikkeavaa hajua tai koettu terveysoireita mutta ei ole ollut selvää rakenneauriota, minkä vuoksi sisäilman mikrobimittaukset on tehty. Mukaan valittiin pääkaupunkiseudulla sijaitsevia kohteita, joissa sisäilman mikrobimittaukset on tehty talviaikaan vuosien 2010 – 2012 aikana. Tutkimusaineisto valittiin niin, että kohteissa tehtyjen sisäilman mikrobimittausten mittauspisteiden määrä on vähintään 2. Mittaus on tehty kaikissa kohteissa 6-vaiheimpaktorilla, näytteenottoaika on ollut 15 minuuttia / kasvatusalustasarja. Kasvatusalustoina on kaikissa kohteissa käytetty Hagem /M2-, DG18- ja THG-agaria. Laboratorioanalyysit on tehty Työterveyslaitoksen laboratorioissa.

Tutkimuksessa vertailtiin kohteiden mikrobistoa niin pitoisuuksien kuin lajistojen osalta ja lisäksi tutkimusaineiston tuloksia verrattiin käytössä olleiden kirjallisuuslähteiden tuloksiin.

6.1 Kohteet

6.1.1 Asunnot

Tutkimukseen kerättiin sisäilman mikrobimittausten tulokset 15 asunnosta, joissa tehtiin yhteensä 31 sisäilman mikrobimittausta. Asuntoihin otettiin mukaan omakotitaloja, paritaloja ja rivitalo-ohuoneistoja. Kerrostalot rajattiin tutkimusaineiston ulkopuolelle.

Taulukossa 3 on esitetty asuntokohteiden tiedot. Tutkimuksessa on mukana 6 kpl omakotitaloja, 1 erillistalo, 1 paritalo-ohuoneisto ja 7 kpl rivitalo-ohuoneistoja.

Taulukko 3 Asuntokohteiden tiedot.

Kohde- numero	Mittaus- pisteiden määrä	Rakennus- tyyppi	Rakennus- vuosi	Kerrosluku- määrä	Ilmanvaihto
1	2	omakotitalo	1985	1	koneellinen poisto
2	3	omakotitalo	1971	1	koneellinen poisto
3	2	erillistalo	1977	1	koneellinen poisto
4	2	paritalo	1969, peruskorj. 2005–2007	1	koneellinen poisto
5	2	omakotitalo	1944	2	painovoimainen
6	2	omakotitalo	1950	2	painovoimainen
7	2	rivitalo	1984	1	koneellinen poisto
8	2	omakotitalo	1955	2	painovoimainen
9	2	omakotitalo	1956	1	painovoimainen
10	2	rivitalo	1978	2	koneellinen poisto
11	2	rivitalo	1986	2	koneellinen poisto
12	2	rivitalo	1979	2	koneellinen poisto
13	2	rivitalo	1979	2	koneellinen poisto
14	2	rivitalo	1982	1	koneellinen poisto
15	2	rivitalo	1982	1	koneellinen poisto

6.2 Toimistotilat

Tutkimukseen kerättiin sisäilman mikrobimittauksen tulokset 15 toimistotilasta, joissa tehtiin yhteensä 47 sisäilman mikrobimittausta. Kaikki tutkimuksessa mukana olevat toimistotilat sijaitsevat rakennuksissa, joissa on tutkittavien tilojen lisäksi toimisto- tai asuintiloja. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin sellaiset kohteet, joissa samassa rakennuksessa on tuotanto/teollisuustoimintaa.

Taulukossa 4 on esitetty tutkimukseen valittujen toimistokohteiden tiedot.

Taulukko 4 Toimistotilojen tiedot.

Kohdenumero	Mittauspisteiden määrä	Rakennusvuosi	Kerroslukumäärä	Ilmanvaihto
1	4	1939	5	koneellinen tulo ja poisto
2	2	1975	5	koneellinen tulo ja poisto
3	4	1974	2	koneellinen tulo ja poisto
4	3	1980	2	koneellinen tulo ja poisto
5	4	1975	2	koneellinen tulo ja poisto
6	3	1985	6	koneellinen tulo ja poisto
7	4	1975	7	ilmalämmitys
8	2	1974	2	koneellinen tulo ja poisto
9	4	1989	2	koneellinen tulo ja poisto
10	3	1952	2	koneellinen tulo ja poisto
11	2	1945	4	koneellinen tulo ja poisto
12	4	1990	3	koneellinen tulo ja poisto
13	3	1975	7	ilmalämmitys
14	4	1992	4	koneellinen tulo ja poisto
15	2	2002	2	koneellinen tulo ja poisto

7 Tutkimustulokset

7.1 Asunnot

7.1.1 Asuntojen sieni-itiöpitoisuudet

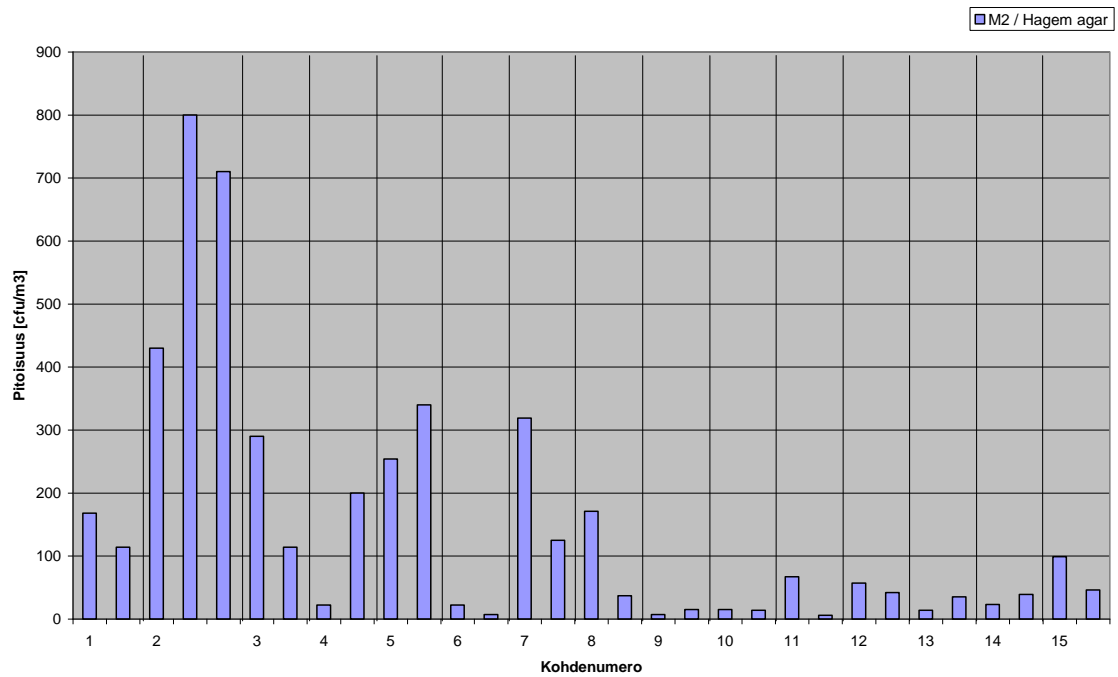
Asuinrakennusten sieni-itiöpitoisuudet vaihtelivat M2 / Hagem-agarilla 6...800 cfu/m³ välillä. DG18-agarilla pitoisuudet vaihtelivat välillä 12...1 100 cfu/m³. Kohteiden bakteeripitoisuuksien vaihteluväli oli 28...7 400 cfu/m³ ja aktinobakteereiden pitoisuudet vaihtelivat alle laboratorion määrittämissä olevista pitoisuuksista 65 cfu/m³:een. Laboratorion määrittämissä kyseisille näytteille oli 2 cfu/m³. Sieni-itiöiden ja bakteerien kokonaispitoisuudet on esitetty kuvissa 5, 6 ja 7 sekä liitteessä 1.

Sieni-itiöpitoisuudet olivat korkeimmat kohteessa 2, jossa pitoisuudet vaihtelivat M2/Hagem-agarilla välillä 430...800 cfu/m³ ja DG18-agarilla välillä 520...1 100 cfu/m³. Kohdetta 2 lukuun ottamatta, muissa kohteissa sieni-itiöpitoisuudet vaihtelivat M2/Hagem-agarilla välillä 6... 340 cfu/m³ ja DG18-agarilla 12...441 cfu/m³.

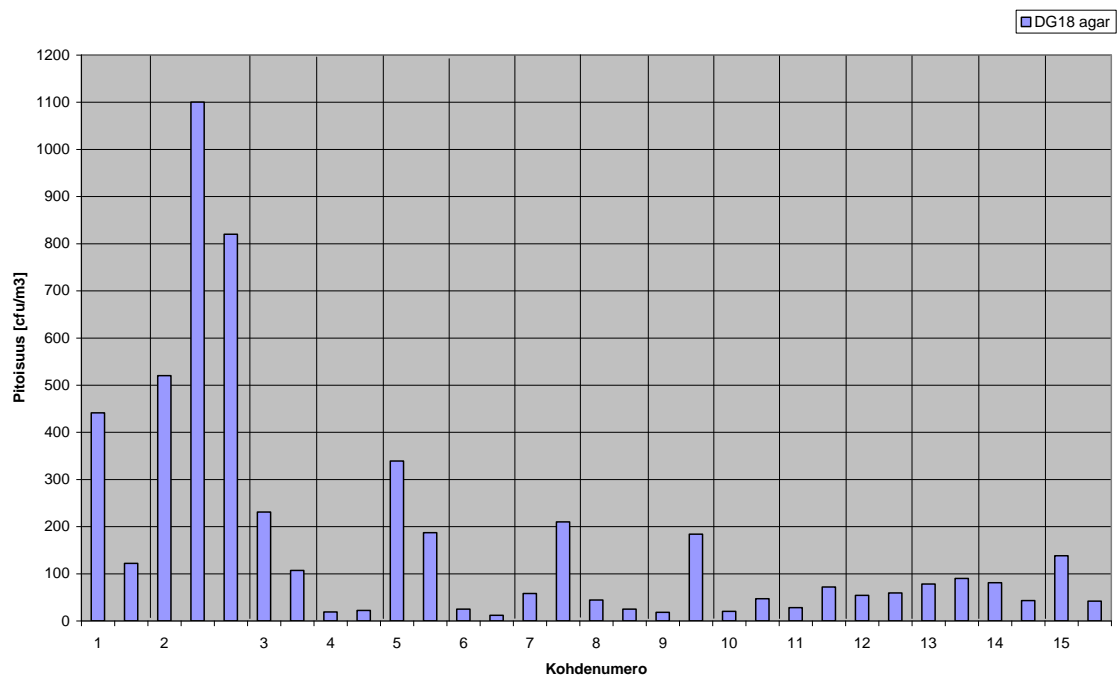
Kuvassa 5 on esitetty asuntojen sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet M2/Hagem-agarilla. Tutkimuksessa mukana olleesta 15 kohteesta M2/Hagem-agarilla sieni-itiöpitoisuus oli alle 100 cfu/m³ 53 %:lla kohteista. Asunnoista otettujen näytteiden yhteismäärä on 31, joista 58 %:lla näytteistä sieni-itiöiden kokonaispitoisuus on alle 100 cfu/m³.

DG18-agarilla todetut sieni-itiöpitoisuuksien kokonaispitoisuudet on esitetty kuvassa 6. DG18-agarilla sieni-itiöpitoisuus on alle 100 cfu/m³ 53 %:lla kohteista. Asuntojen kokonaisnäyttemäärästä (31 kpl) 61 %:lla näytteistä sieni-itiöpitoisuus on alle 100 cfu/m³.

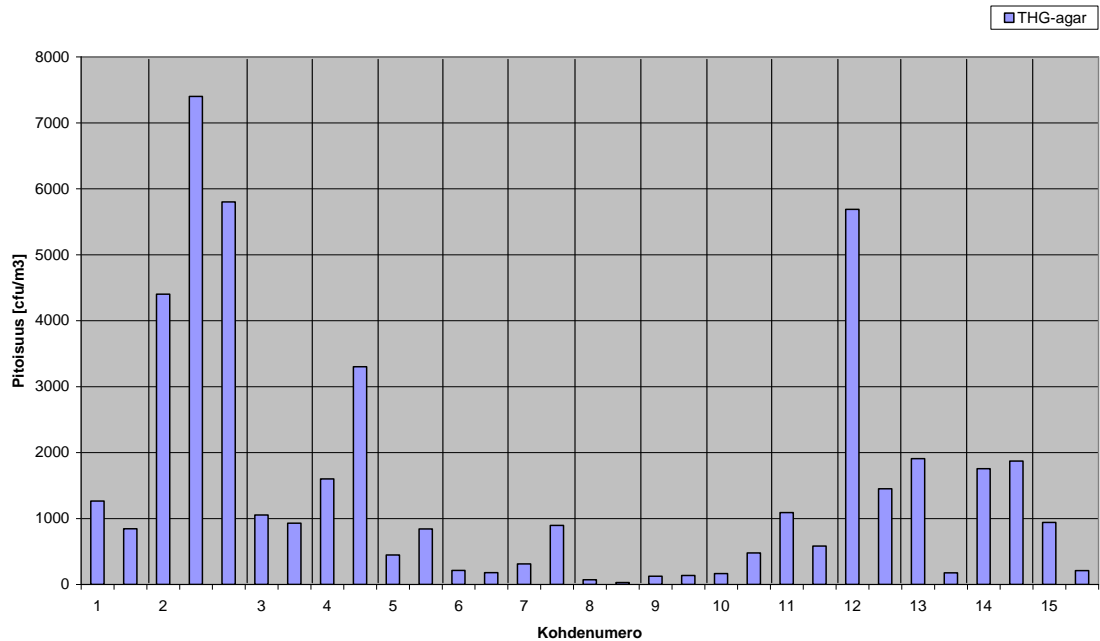
Kohteiden sisäilman bakteeripitoisuudet on esitetty kuvassa 7. Asuntojen bakteeripitoisuudet olivat korkeimmillaan kohteessa 2, jossa sisäilmanäytteiden bakteeripitoisuus vaihteli välillä 4 400...7 400 cfu/m³. Lisäksi kohteen 12 näytteessä 1 sisäilman bakteeripitoisuus oli korkea, 5 687 cfu/m³. Bakteeripitoisuus oli alle 1 000 cfu/m³ 47 %:lla näytteistä. Asumisterveysohjeen mukaan sisäilman bakteeripitoisuus yli 4 500 cfu/m³ on kohonnut. Tutkimuksen kokonaisnäyttemäärästä (31 kpl) 90 % näytteistä on alle tämän rajan.



Kuva 5 Asuntojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet M2/Hagem-agarilla.



Kuva 6 Asuntojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet DG18-agarilla.



Kuva 7 Asuntojen sisäilman bakteeripitoisuudet.

7.1.2 Asuntojen sisäilman tavanomainen mikrobilajisto

Asuntojen sisäilman mikrobilajistot vaihtelivat runsaasti. Yleisimmät näytteissä esiintyvät sienet olivat *Penicillium*, *Cladosporium* ja steriilit sienet, lisäksi vaaleiden hiivojen esiintyvyys oli yleistä.

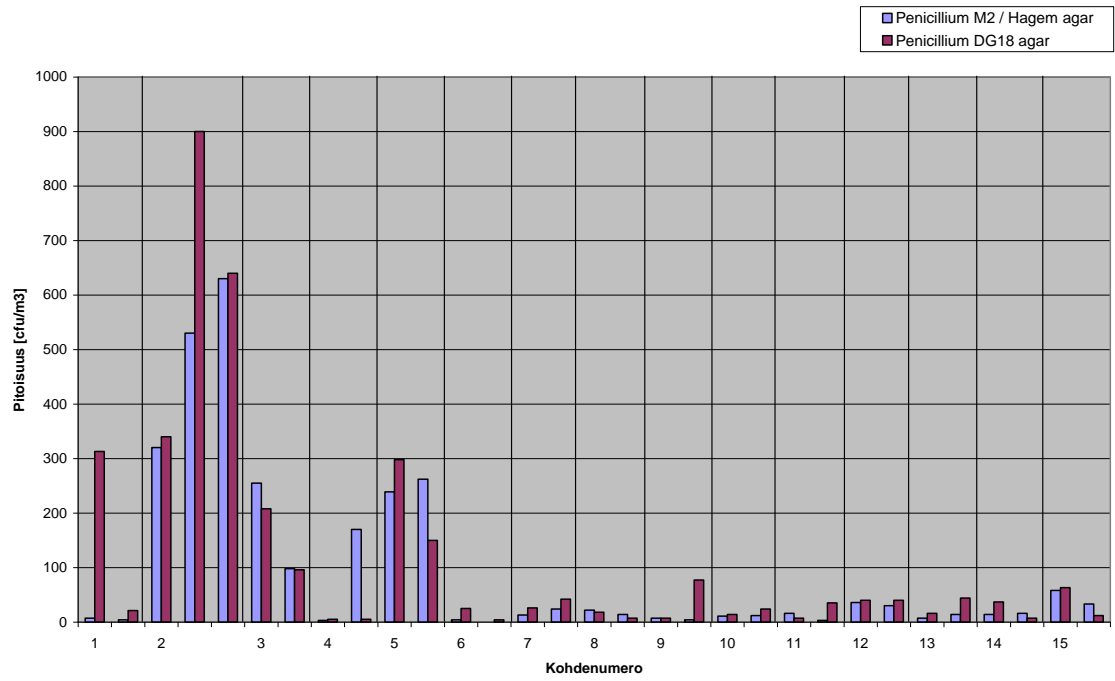
Penicilliumia esiintyi jokaisessa 31 näytteessä sekä M2/Hagem-agarilla ja DG18-agarilla, lukuun ottamatta kohteen 6 näytettä 2, jossa *Penicilliumia* havaittiin vain DG18-agarilla. Kuvassa 8 ja liitteessä 2 on esitetty *Penicilliumin* pitoisuudet kohdekohtaisesti. Pitoisuudet vaihtelivat M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määritysrajan olevasta pitoisuudesta 630 cfu/m³ pitoisuuteen. DG18-agarilla *Penicilliumin* pitoisuus vaihteli 4...900 cfu/m³:een.

Cladosporiumia esiintyi 13 kohteessa 15:stä (87 %). Kokonaisnäytemäärästä (31 kpl) *Cladosporiumia* esiintyi 77 %:ssa näytteistä. Sientä esiintyi sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla, esiintyvyys oli kummallakin kasvatusalustalla 65 %. *Cladosporiumin* pitoisuudet vaihtelivat asuntojen sisäilmassa M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määritysrajan olevasta pitoisuudesta 27 cfu/m³:een ja DG18-agarilla alle laboratorion mää-

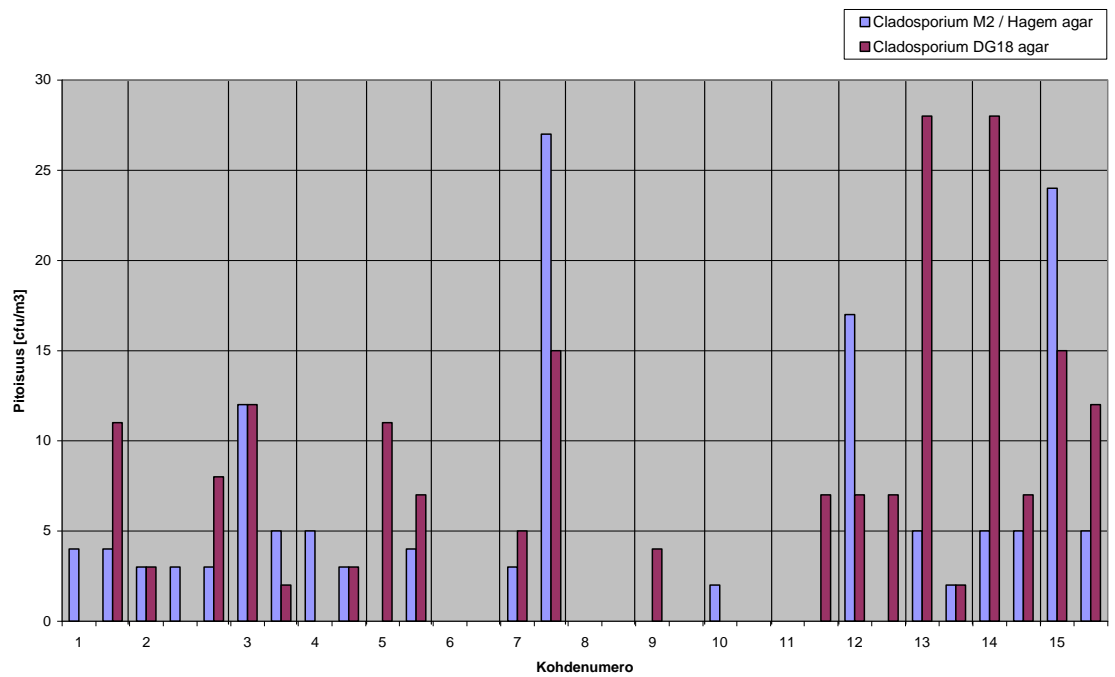
ritysrajan olevasta pitoisuudesta 28 cfu/m³:een. Näytekohtaiset tulokset on esitetty kuvassa 9 ja liitteessä 2.

Steriilejä sieniä esiintyi asuntojen sisäilman mikrobinäytteissä yleisesti. Steriilit sienet - termi tarkoittaa sellaisia sieniä, jotka eivät kasvualustalla muodosta itiöitä, vaan kasvavat yleensä vaaleana rihmastona (Opas kosteusongelmiin 1998: 46). Steriilejä sieniä esiintyi 14 kohteessa 15:stä (93 %), yhteensä 84 %:ssa 31 näytteestä. Steriilejä sieniä esiintyi sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla. M2/Hagem-agarilla esiintyvyys oli 52 %, DG18-agarilla 61 %. Steriilien sienten pitoisuudet vaihtelivat asuntojen sisäilmassa M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määrittämissä rajoista 74 cfu/m³:een ja DG18-agarilla alle laboratorion määrittämissä rajoista 64 cfu/m³:een. Sienten esiintyvyys ja pitoisuudet on esitetty kuvassa 10 ja liitteessä 2.

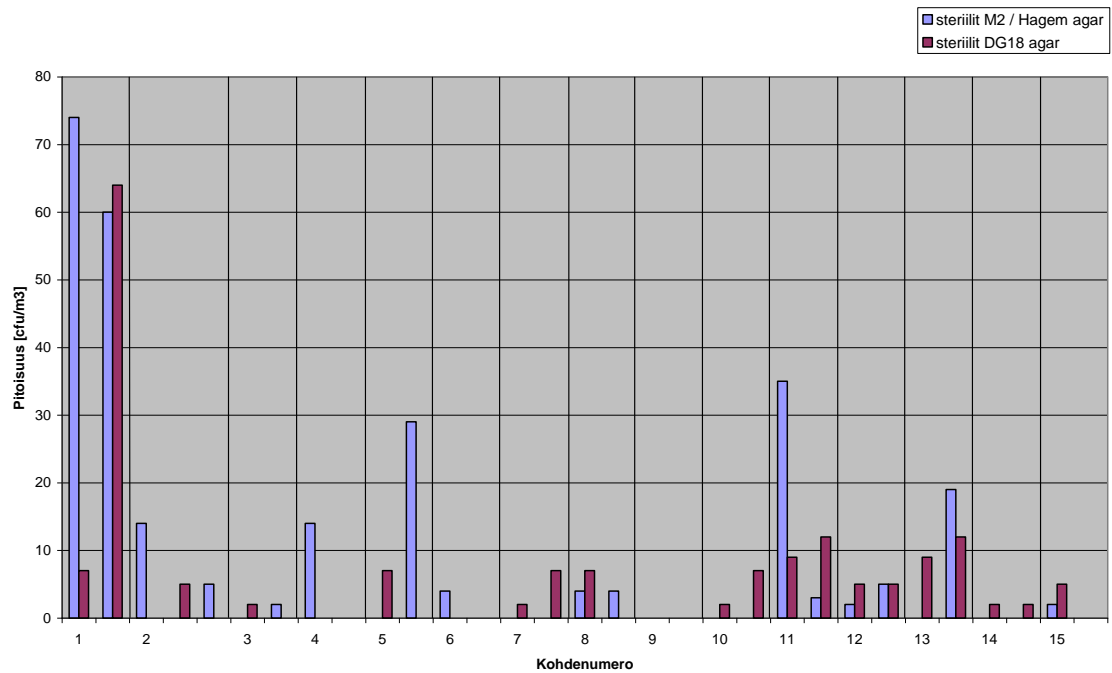
Vaaleat hiivat olivat 4. yleisin laji asuntojen sisäilman mikrobistossa. Vaaleita hiivoja esiintyi 10 kohteessa 15:stä (67 %) ja 16 näytteessä 31:stä (52 %). Vaaleiden hiivojen pitoisuudet vaihtelivat asuntojen sisäilmassa M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määrittämissä rajoista 41 cfu/m³:een ja DG18-agarilla alle laboratorion määrittämissä rajoista 22 cfu/m³:een. Pitoisuudet on esitetty kuvassa 11 ja liitteessä 2. Vaaleita hiivoja esiintyi sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla, kummallakin kasvatusalustalla 35 %:ssa näytteistä.



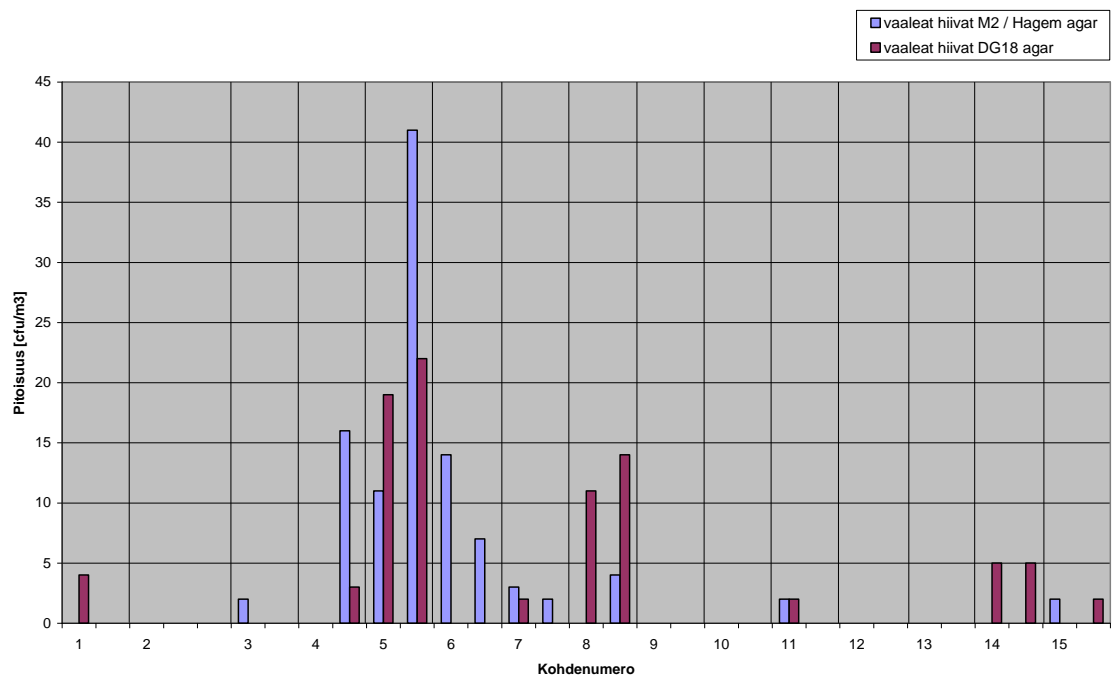
Kuva 8 Asuntojen sisäilman *Penicillium*-pitoisuudet.



Kuva 9 Asuntojen sisäilman *Cladosporium*-pitoisuudet.



Kuva 10 Asuntojen sisäilman steriilien sienten pitoisuudet.



Kuva 11 Asuntojen sisäilman vaaleiden hiivojen pitoisuudet.

Lisäksi näytteissä esiintyi muita tavanomaisia sienilajeja, joiden esiintyvyys oli vähäisempää. *Aspergillus*-suvun sienistä asuntojen sisäilmassa esiintyi *Aspergillus candidusta* (1 näyte), *Aspergillus nidulansia* (1 näyte) ja *Aspergillus glaucusta* (2 näytettä). Kaikkien *Aspergillus*-lajien kasvu todettiin DG18-agarilla.

Lisäksi näytteissä todettiin alle 10 cfu/m³ pitoisuuksia *Acrodontiumia* (2 näytettä), *Alternariaa* (2 näytettä), *Blastobotrysta* (1 näyte), *Curvulariaa* (1 näyte), *Monocilliumia* (4 näytettä), *Syncephalastrumia* (2 näytettä) ja *Verticladiumia* (1 näyte). 10...20 cfu/m³ pitoisuuksia todettiin *Sepedontiumia* (1 näyte) ja *Aphanocladiumia* (1 näyte). 4 näytteessä todettiin *Geotrichumia*, pitoisuus vaihteli 2...289 cfu/m³:een. Asuntojen sisäilman tavanomaisten sieni-itiöiden pitoisuudet kohdekohtaisesti on esitetty liitteessä 2.

7.1.3 Asuntojen sisäilman kosteusvaurioon viittaava mikrobisto

Aineiston sisäilman mikrobiinäytteissä esiintyi yhteensä 21 eri kosteusvaurioon viittaavaa sientä, lisäksi näytteissä todettiin aktinobakteereja. Sienistä valtaosa esiintyi yksittäisissä näytteissä pieninä pitoisuuksina. Näytteissä yleisimmin esiintyviä, kosteusvaurioon viittaavia sieniä olivat *Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus versicolor* ja *Eurotium*. Ns. kosteusvaurioindikaattoreita esiintyi kaikissa näytteissä, lukuun ottamatta kohteen 12 näytettä 1. Kosteusvaurioon viittaavien mikrobien pitoisuudet kohdekohtaisesti on esitetty liitteessä 3.

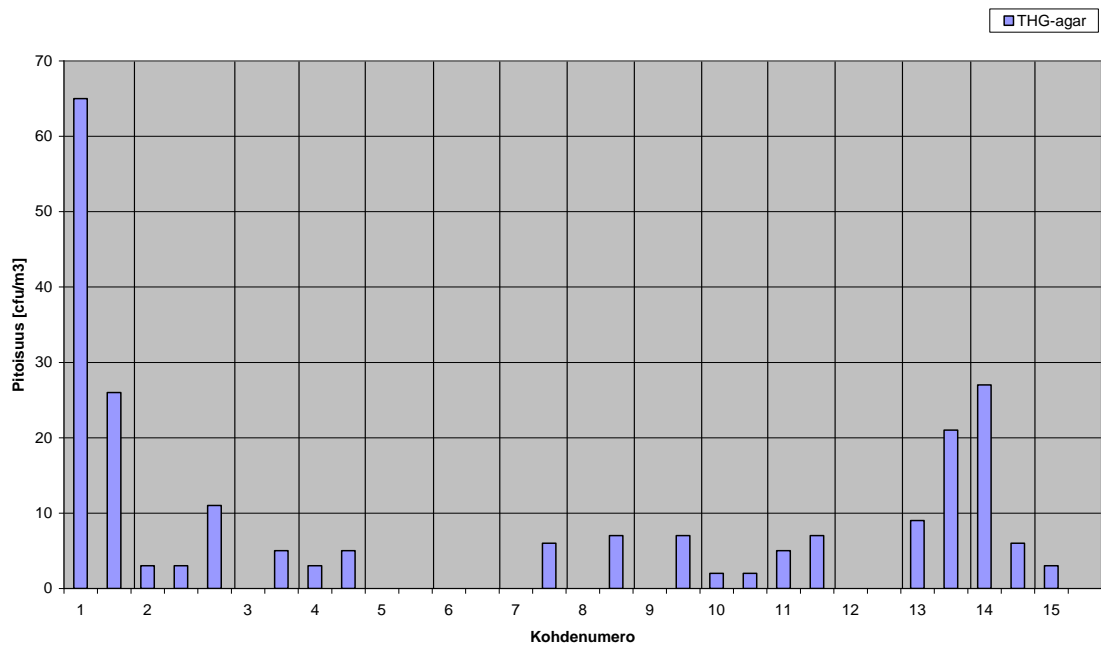
Aktinobakteeripitoisuudet (kuva 12 ja liite 3) vaihtelivat alle laboratorion määrittämissä olevista pitoisuuksista 65 cfu/m³:een. Aktinobakteereja todettiin 80 %:ssa 15 kohteesta. Tutkimuksessa mukana olleista 31 näytteestä aktinobakteereja todettiin 65 % näytteistä. Asumisterveysohjeen mukaan sisäilman aktinobakteeripitoisuus yli 10 cfu/m³ talviaikaan viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja sisäilman aiheuttamaan terveyshaittaan. Tutkimuksen 15 kohteesta 73 % on alle 10 cfu/m³ rajan, kokonaisnäyttemäärästä 84 % näytteistä alittaa Asumisterveysohjeen rajan.

Aspergillus penicillioidesia esiintyi 11 kohteessa 15:stä (73 %), yhteensä 19 näytteessä 31:stä (61 %). Sientä todettiin pelkästään DG18-agarilla. Näytteissä, joissa *Aspergillus penicillioidesia* esiintyi, pitoisuus vaihteli 2...47 cfu/m³ välillä. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 13 ja liitteessä 3.

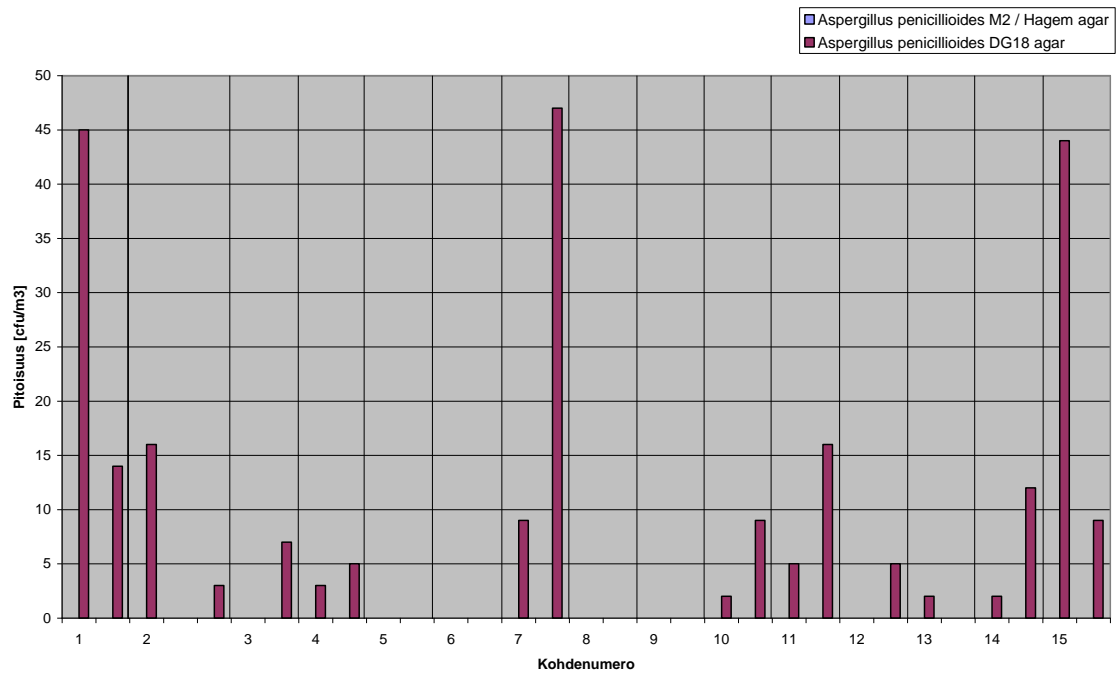
Aspergillus versicoloria esiintyi 12 kohteessa 15:stä (80 %), yhteensä 15 näytteessä 31:stä (48 %). Sientä todettiin sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla, esiintyvyys oli M2/Hagem-agarilla 32 % ja DG18-agarilla 42 %. Näytteissä, joissa *Aspergillus versicoloria* esiintyi, pitoisuus vaihteli M2/Hagem-agarilla 2...230 cfu/m³ välillä ja DG18-

agarilla 2...160 cfu/m³ välillä. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 14 ja liitteessä 3.

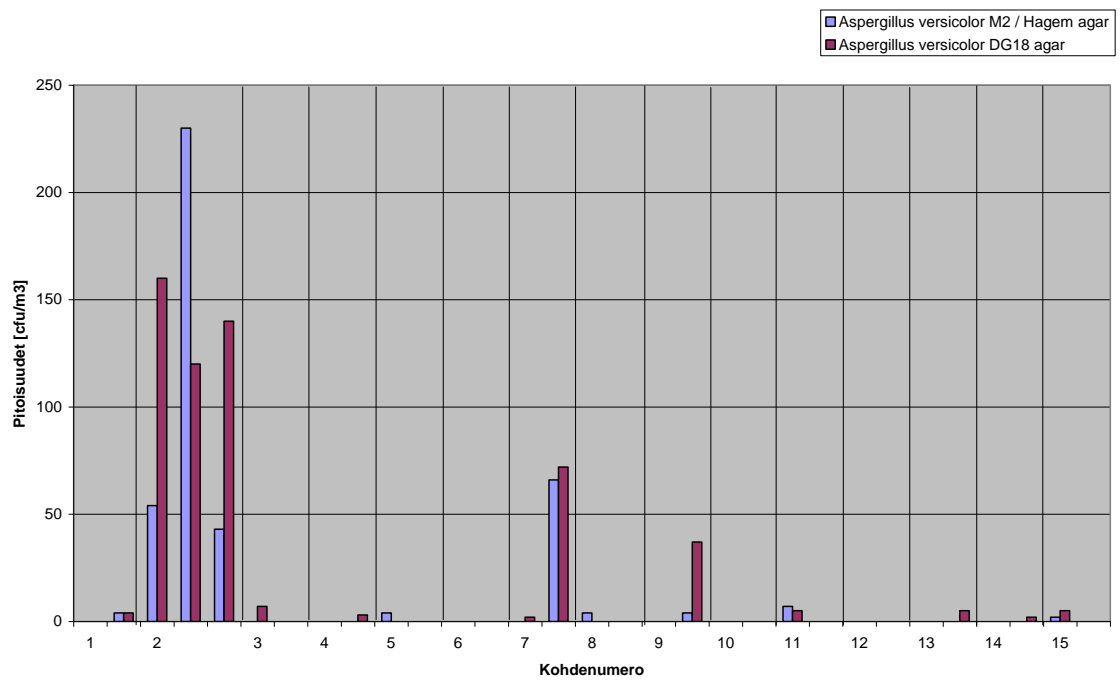
Eurotiumia esiintyi 8 kohteessa 15:stä (53 %), yhteensä 10 näytteessä 31:stä (32 %). Sientä todettiin sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla, esiintyvyys oli M2/Hagem-agarilla 6 % ja DG18-agarilla 29 %. Näytteissä, joissa *Eurotiumia* esiintyi, pitoisuus oli M2/Hagem-agarilla 2 cfu/m³ ja DG18-agarilla 2...5 cfu/m³. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 15 ja liitteessä 3.



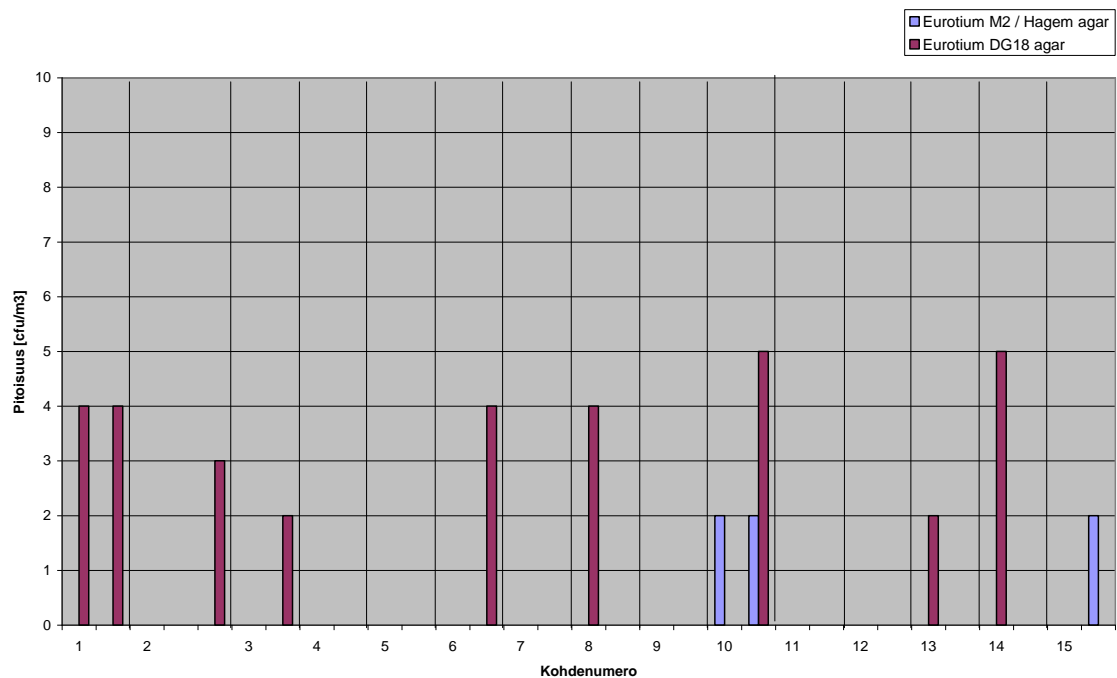
Kuva 12 Asuntojen sisäilman aktinobakteeripitoisuudet.



Kuva 13 Asuntojen sisäilman *Aspergillus penicillioides* -pitoisuudet.



Kuva 14 Asuntojen sisäilman *Aspergillus versicolor* -pitoisuudet.



Kuva 15 Asuntojen sisäilman *Eurotium*-pitoisuudet.

Runsaammin esiintyvien *Aspergillus*-sukuun kuuluvien *A. penicillioidesin* ja *A. versicolorin* lisäksi näytteissä esiintyi *Aspergillus*-sukuun kuuluvia *A. fumigatusta*, *A. ochraceusta*, *A. restrictusta*, *A. sydowita* ja *A. terreusta*. Näistä lajeista *A. ochraceusta* ja *A. restrictusta* esiintyi vain DG18-agarilla. Muut *Aspergillus*-suvun lajit todettiin kummallakin kasvatusalustalla, pitoisuuksien vaihdellessa 2...27 cfu/m³ välillä. Korkeimmat pitoisuudet todettiin *A. sydowilla* kohteessa 2. *Aspergillus*-suvun kohdekohtaiset pitoisuudet on esitetty liitteessä 3.

Lajeja, joita esiintyi paikoin suurinakin pitoisuuksina, olivat *Acremonium*, *Chaetomium*, *Phialophora* ja *Sporobolomyces*. Näistä *Sporobolomycesin* pitoisuus oli 8 kohteessa 137 cfu/m³, *Phialophoran* pitoisuus kohteessa 9 oli 70 cfu/m³, *Chaetomiumin* pitoisuus kohteessa 1 oli 64 cfu/m³ ja *Acremoniumin* pitoisuus kohteessa 13 oli 27 cfu/m³. Sieni-itiöiden pitoisuudet on esitetty tarkemmin liitteessä 3.

Muista kosteusvaurioon viittaavista sienistä *Wallemiaa* esiintyi useimmissa, 5 kohteessa. *Wallemian* pitoisuus sisäilmassa oli korkeimmillaan 12 cfu/m³. Muita, alle 10 cfu/m³ pitoisuuksissa esiintyneitä kosteusvaurioon viittaavia sieniä olivat:

- *Exophiala* (2 kohdetta)
- *Geomyces* (3 kohdetta)
- *Oidiodendron* (3 kohdetta)
- *Paecilomyces* (2 kohdetta)
- *Scopulariopsis* (1 kohde)
- *Sphaeropsidales* (2 kohdetta)
- *Trichoderma viride* (1 kohdetta)
- *Tritirachium* (1 kohde).

Kosteusvaurioon viittaavien sienten lisäksi näytteissä esiintyi lajeja, joiden indikaattorimerkitys kosteusvaurioon viittaavana mikrobina on vielä avoin. (Asuminen ja Terveyslehti 8/2005). Näistä lajeista yli 10 cfu/m² pitoisuutena esiintyi *Botrytista* (5...14 cfu/m³) ja punaisia hiivoja (2...11 cfu/m³). Alle 10 cfu/m³ pitoisuutena esiintyi seuraavia lajeja:

- *Aspergillus niger*
- *Aspergillus ustus*
- *Aureobasidium*
- *Engyodontium*
- *Rhinocladiella*
- *Rhizopus*.

Asunnoissa esiintyneiden, indikaattorimerkitykseltään avointen mikrobien pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti liitteessä 4.

7.2 Toimistotilat

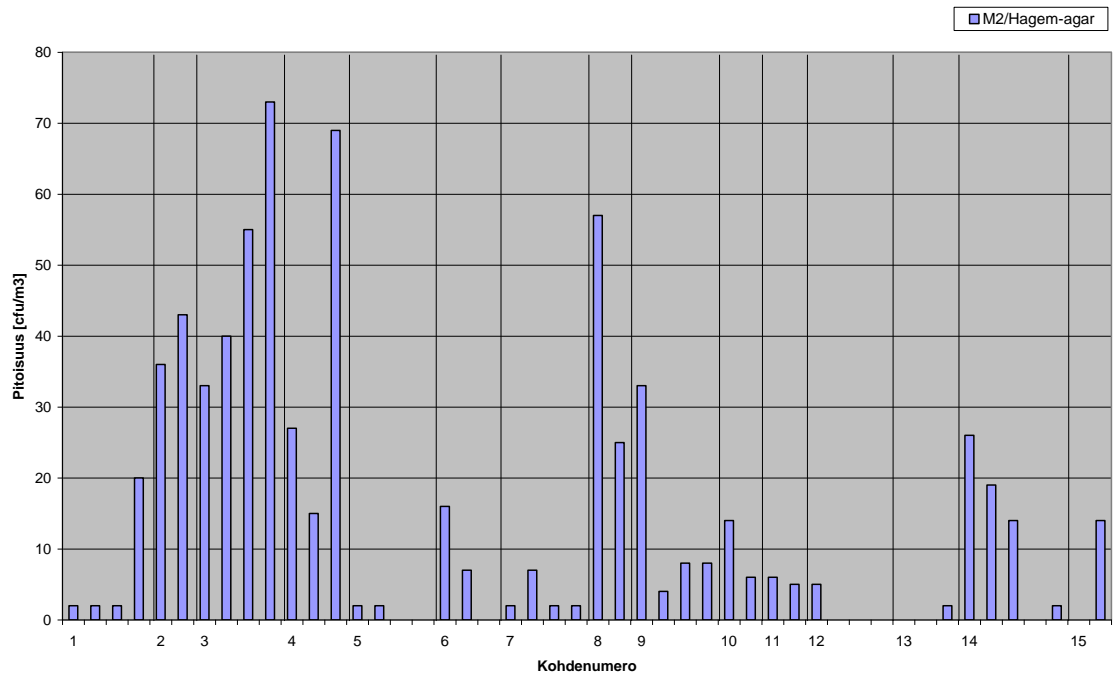
7.2.1 Toimistojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet

Tutkimuksessa mukana olevien kohteiden kokonaissieni-itiöpitoisuudet vaihtelivat M2 / Hagem-agarilla alle määrittäjärajän olevasta pitoisuudesta 73 cfu/m³ pitoisuuteen. DG18-agarilla sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet vaihtelivat alle määrittäjärajän olevasta pitoisuudesta 96 cfu/m³ pitoisuuteen. Laboratorion määrittäjäraja kyseisille näytteille oli 2 cfu/m³. Kohteiden bakteeripitoisuudet vaihtelivat välillä 28...7 400 cfu/m³.

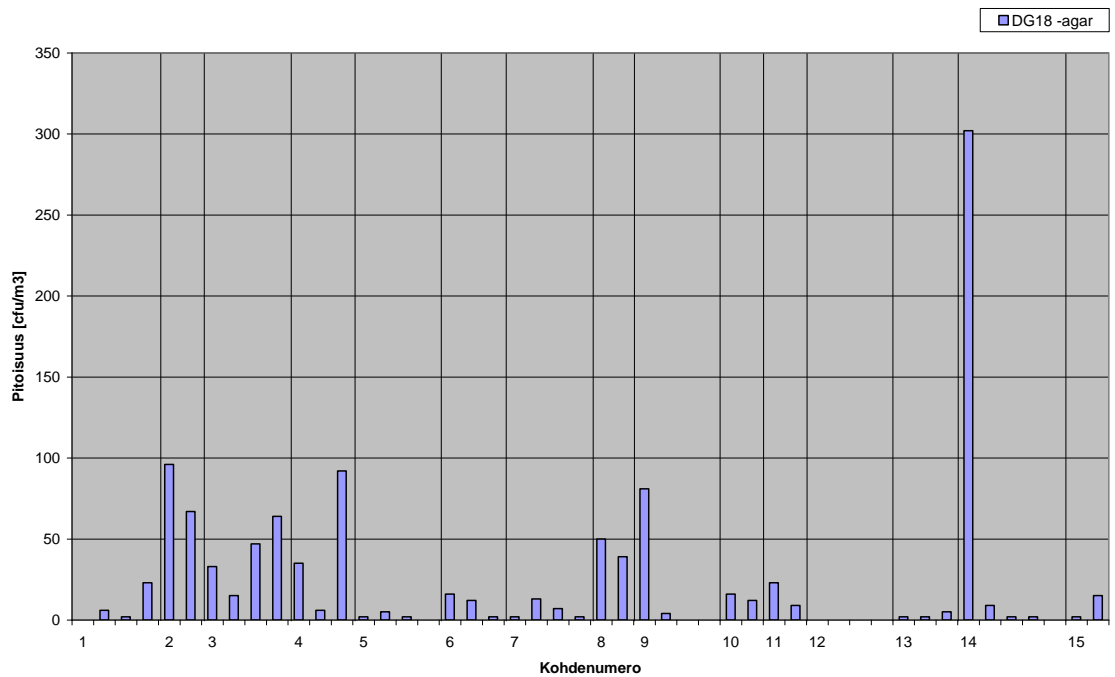
Kuvassa 16 ja liitteessä 1 on esitetty toimistojen sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet M2/Hagem-agarilla. M2/Hagem-agarilla sieni-itiöpitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle 100 cfu/m³. Salosen tutkimuksessa (Salonen 2009) toimistotilojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuuden ohjearvoksi on ehdotettu 50 cfu/m³, jonka ylittää M2/Hagem-agarilla 4 näytettä tutkimukseen kuuluneesta 47 näytteestä (9 %).

DG18-agarilla todetut sieni-itiöpitoisuuksien kokonaispitoisuudet on esitetty kuvassa 17. DG18-agarilla sieni-itiöpitoisuus on muista näytteistä poikkeava, 302 cfu/m³, kohteen 14 näytteessä. Toimistotilojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuuden ohjearvoksi ehdotetun 50 cfu/m³ ylittää 6 näytettä tutkimukseen kuuluneesta 47 näytteestä (13 %).

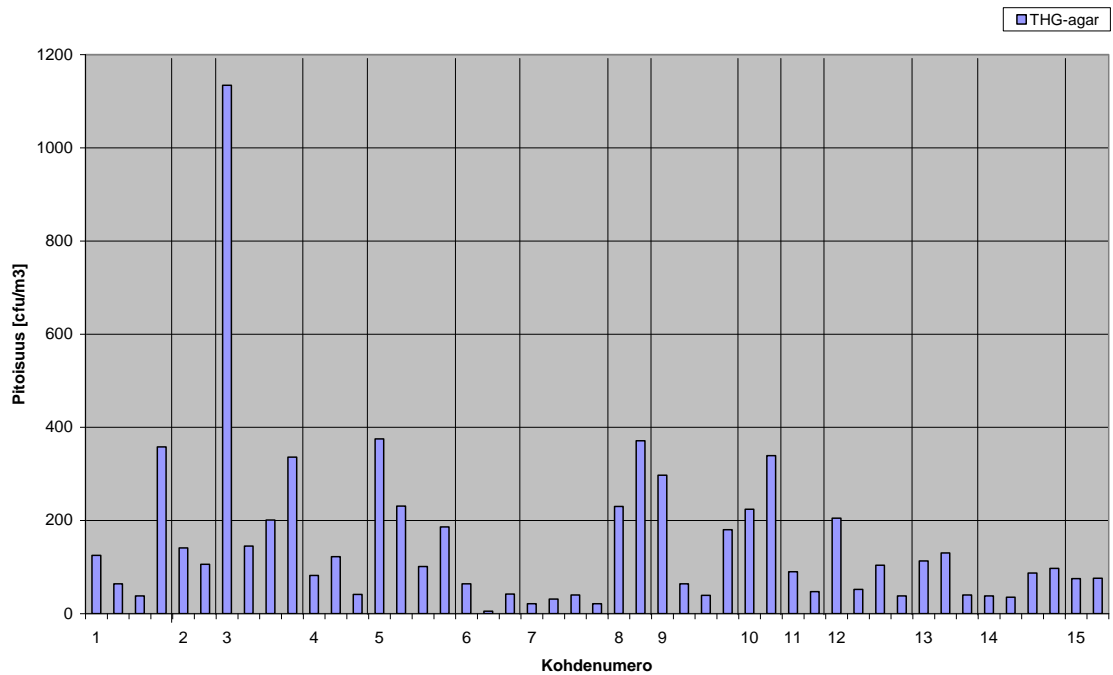
Toimistotilojen sisäilman bakteeripitoisuudet on esitetty kuvassa 18. Toimistotilojen bakteeripitoisuudet olivat korkeimmillaan kohteen 3 näytteessä 1, jossa sisäilmanäytteen bakteeripitoisuus oli 1 134 cfu/m³. Kaikissa muissa 46 näytteessä bakteeripitoisuus oli alle Salosen tutkimuksessa ehdotetun 600 cfu/m³, bakteeripitoisuuksien välillä 5...375 cfu/m³ välillä.



Kuva 16 Toimistotilojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet M2/Hagem-agarilla.



Kuva 17 Toimistotilojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet DG18-agarilla.



Kuva 18 Toimistotilojen sisäilman bakteeripitoisuudet.

7.2.2 Toimistojen sisäilman tavanomainen mikrobilajisto

Toimistotilojen sisäilman yleisimmät näytteissä esiintyvät sienet olivat *Penicillium*, *Cladosporium* ja steriilit sienet, lisäksi vaaleiden hiivojen esiintyvyys oli yleistä.

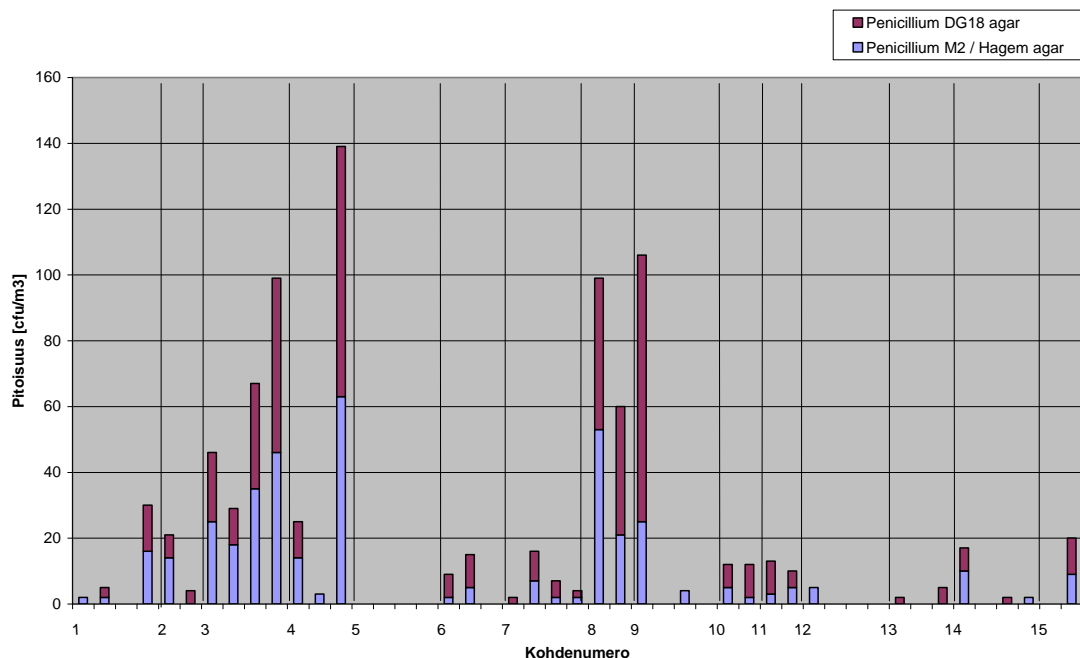
Penicilliumia esiintyi 14 kohteessa 15:stä (93 %) ja 33 näytteessä 47:stä (70 %). *Penicilliumia* todettiin sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla, kummallakin kasvatusalustalla n. 60 % näytteistä. Kuvassa 19 ja liitteessä 5 on esitetty toimistotilojen *Penicilliumin* pitoisuudet kohdekohtaisesti. Pitoisuudet vaihtelivat M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määrittämissä rajoista olevasta pitoisuudesta 63 cfu/m³ pitoisuuteen. DG18-agarilla *Penicilliumin* pitoisuus vaihteli alle laboratorion määrittämissä rajoista olevasta pitoisuudesta 302 cfu/m³ pitoisuuteen.

Cladosporiumia esiintyi 9 kohteessa 15:stä (60 %). Kokonaisnäytemäärästä (47 kpl) *Cladosporiumia* esiintyi 30 % näytteistä. Sientä esiintyi sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla 21 %:ssa näytteiden kokonaismäärästä. *Cladosporiumin* pitoisuudet vaihtelivat asuntojen sisäilmassa M2/Hagem-agarilla sekä DG18-agarilla alle laboratorion

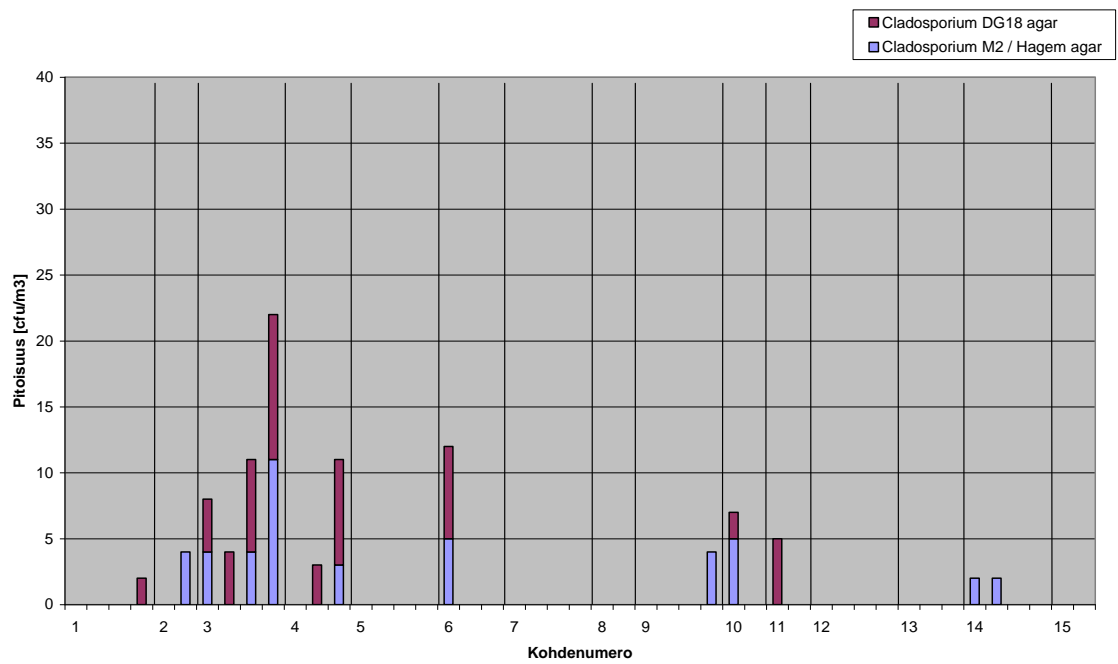
on määritysrajan olevasta pitoisuudesta 11 cfu/m³:een. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 20 ja liitteessä 5.

Steriilejä sieniä esiintyi 9 kohteessa 15:stä (60 %), yhteensä 32 %:ssa 47 näytteestä. Steriilejä sieniä esiintyi sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla. M2/Hagem-agarilla esiintyvyys oli 26 %, DG18-agarilla 11 %. näytteiden kokonaismäärästä steriilien sienien pitoisuudet vaihtelivat asuntojen sisäilmassa M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määritysrajan olevasta pitoisuudesta 12 cfu/m³:een ja DG18-agarilla alle laboratorion määritysrajan olevasta pitoisuudesta 7 cfu/m³:een. Sienten esiintyvyys ja pitoisuudet on esitetty kuvassa 21 ja liitteessä 5.

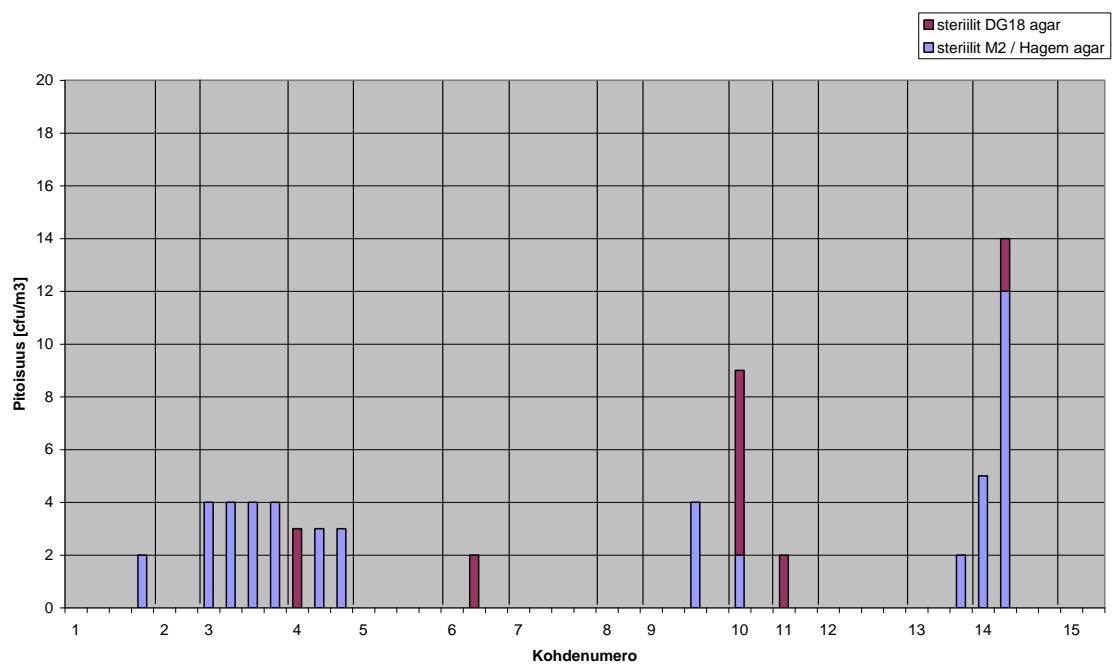
Vaaleat hiivat olivat 4. yleisin laji toimistotilojen sisäilmassa. Vaaleita hiivoja esiintyi 6 kohteessa 15:stä (40 %) ja 9 näytteessä 47:stä (19 %). Vaaleiden hiivojen pitoisuudet vaihtelivat toimistotilojen sisäilmassa M2/Hagem-agarilla alle laboratorion määritysrajan olevasta pitoisuudesta 5 cfu/m³:een ja DG18-agarilla alle laboratorion määritysrajan olevasta pitoisuudesta 4 cfu/m³:een. Pitoisuudet on esitetty kuvassa 22 ja liitteessä 5.



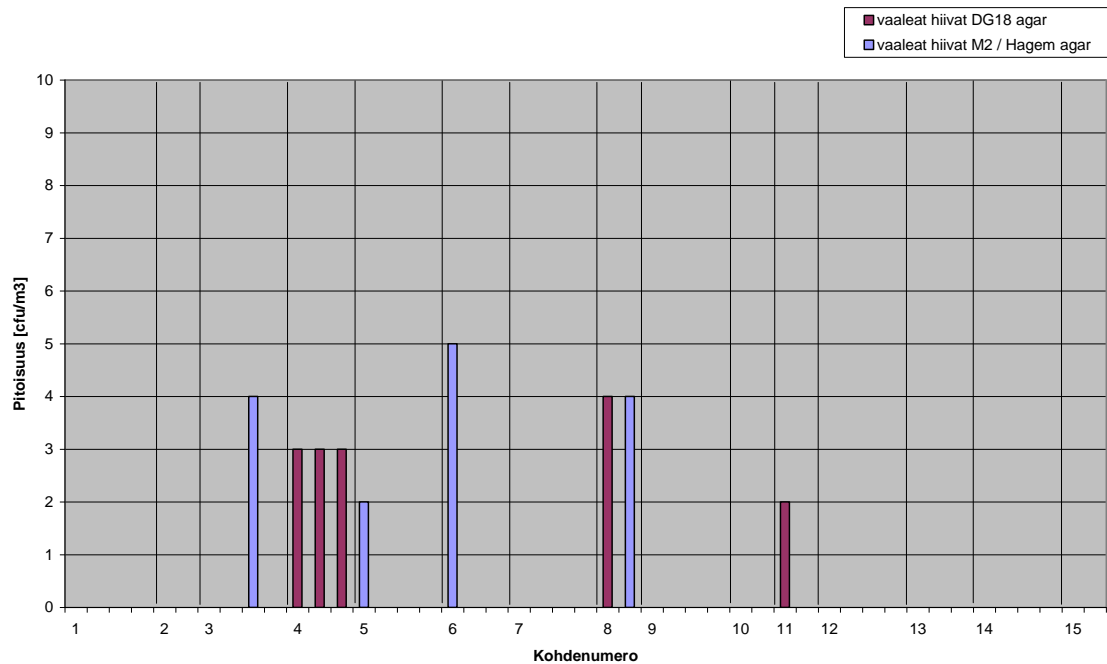
Kuva 19 Toimistotilojen sisäilman *Penicillium*-pitoisuudet.



Kuva 20 Toimistotilojen sisäilman *Cladosporium*-pitoisuudet.



Kuva 21 Toimistotilojen sisäilman steriilien sienten pitoisuudet.



Kuva 22 Toimistotilojen sisäilman vaaleiden hiivojen pitoisuudet.

Lisäksi yksittäisissä näytteissä esiintyi muita tavanomaisia sienilajeja. Näytteissä todettiin alle 10 cfu/m³ pitoisuuksia *Acrodontiumia* (3 näytettä), *Alternariaa* (1 näytettä), *Aphanocladiumia* (2 näytettä), *Geotrichumia* (1 näyte), *Syncephalastrumia* (1 näytettä), *Thysanophoraa* (1 näyte) ja *Verticilladiumia* (1 näyte). Muita tavanomaisia sienilajeja toimistotilojen sisäilmassa ei tavattu. Toimistotilojen sisäilman tavanomaisten sieni-itiöiden pitoisuudet kohdekohtaisesti on esitetty liitteessä 5.

7.2.3 Toimistotilojen sisäilman kosteusvaurioon viittaava mikrobisto

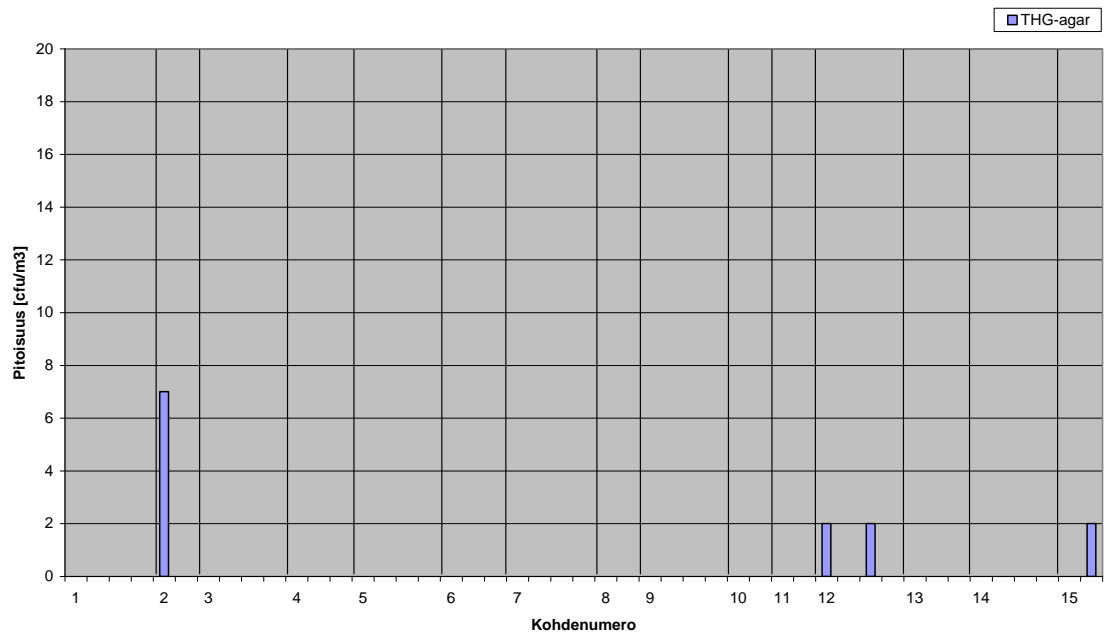
Aineiston sisäilman mikrobiinäytteissä esiintyi yhteensä 12 eri kosteusvaurioon viittaavaa sientä, lisäksi näytteissä todettiin aktinobakteereja. Sienistä valtaosa esiintyi yksittäisissä näytteissä pieninä pitoisuuksina. Näytteissä yleisimmin esiintyviä, kosteusvaurioon viittaavia sieniä olivat *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus versicolor* ja *Geomyces*. Ns. kosteusvaurioindikaattoreita esiintyi kaikissa näytteissä, lukuun ottamatta kohteen 12 näytettä 1. Kosteusvaurioon viittaavien mikrobien pitoisuudet kohdekohtaisesti on esitetty liitteessä 6.

Aktinobakteeripitoisuudet (kuva 23 ja liite 6) vaihtelivat alle laboratorion määritysrajan olevista pitoisuuksista 7 cfu/m³:een. Aktinobakteereja todettiin 20 %:ssa kohteista. Tutkimuksessa mukana olleista 47 näytteestä aktinobakteereja todettiin 9 %:ssa näytteistä. Salosen tutkimuksessa annetun suosituksen mukaan toimistotilojen sisäilman aktinobakteeripitoisuus yli 5 cfu/m³ talviaikaan viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja sisäilman aiheuttamaan terveyshaittaan. Tutkimuksen 15 kohteesta yhdessä kohteessa näytteen aktinobakteeripitoisuus ylittää 5 cfu/m³ rajan.

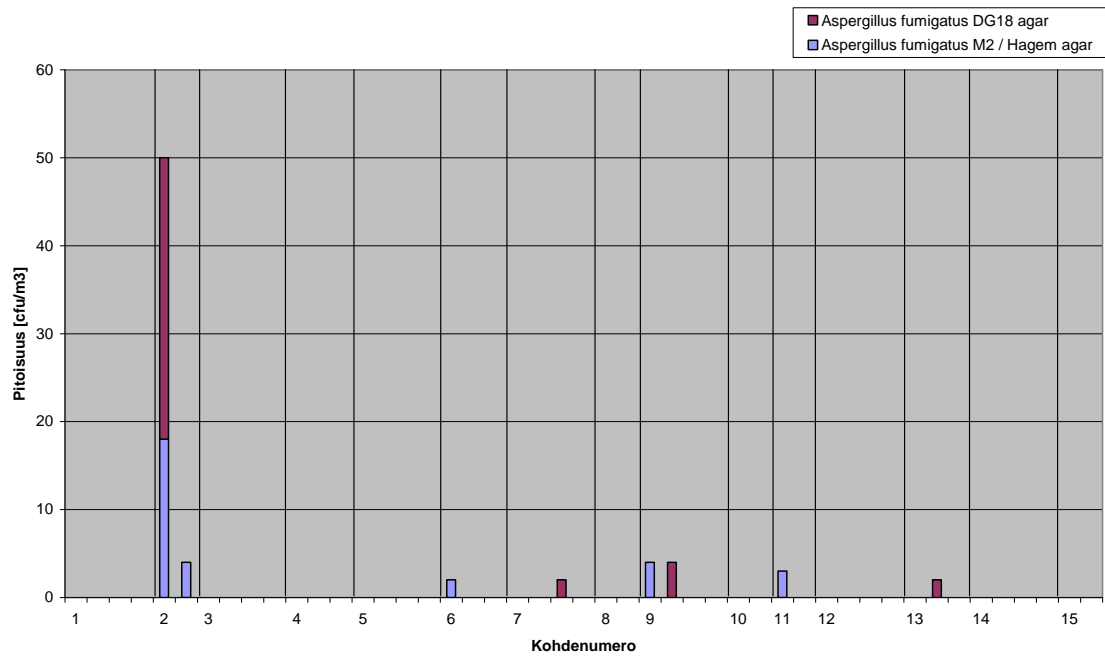
Aspergillus fumigatus esiintyi 6 kohteessa 15:stä (40 %), yhteensä 8 näytteessä 47:stä (17 %). Sientä todettiin sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla. Näytteissä, joissa *Aspergillus fumigatus* esiintyi, pitoisuus vaihteli M2/Hagem-agarilla 2...12 cfu/m³ välillä ja DG18-agarilla 2...32 cfu/m³ välillä. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 24 ja liitteessä 6.

Aspergillus versicoloria esiintyi 5 kohteessa 15:stä (33 %), yhteensä 7 näytteessä 47:stä (15 %). Sientä todettiin M2/Hagem-agarilla 4 näytteessä 47:stä (9 %) ja DG18-agarilla 5 näytteessä 47:stä (11 %). Näytteissä, joissa *Aspergillus versicoloria* esiintyi, pitoisuus vaihteli M2/Hagem-agarilla 2...84 cfu/m³ välillä ja DG18-agarilla 2...63 cfu/m³ välillä. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 25 ja liitteessä 6.

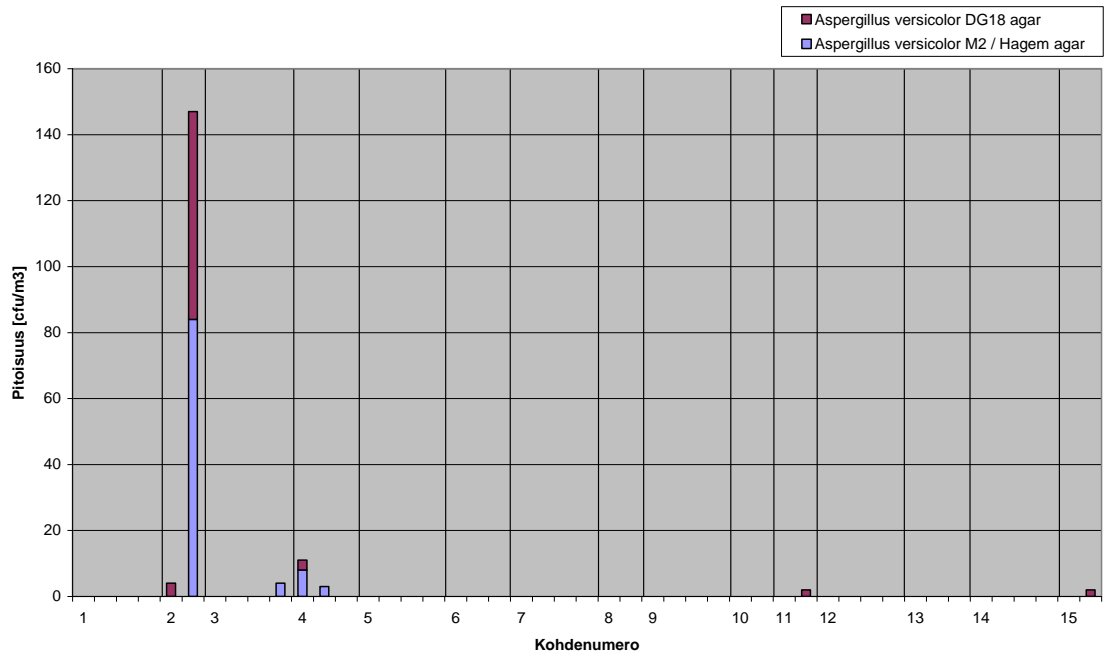
Geomyces esiintyi 5 kohteessa 15:stä (33 %), yhteensä 6 näytteessä 47:stä (13 %). Sientä todettiin vain M2/Hagem-agarilla. Näytteissä, joissa *Geomycestä* esiintyi, pitoisuus vaihteli 2...7 cfu/m³ välillä. Pitoisuudet on esitetty kohdekohtaisesti kuvassa 26 ja liitteessä 6.



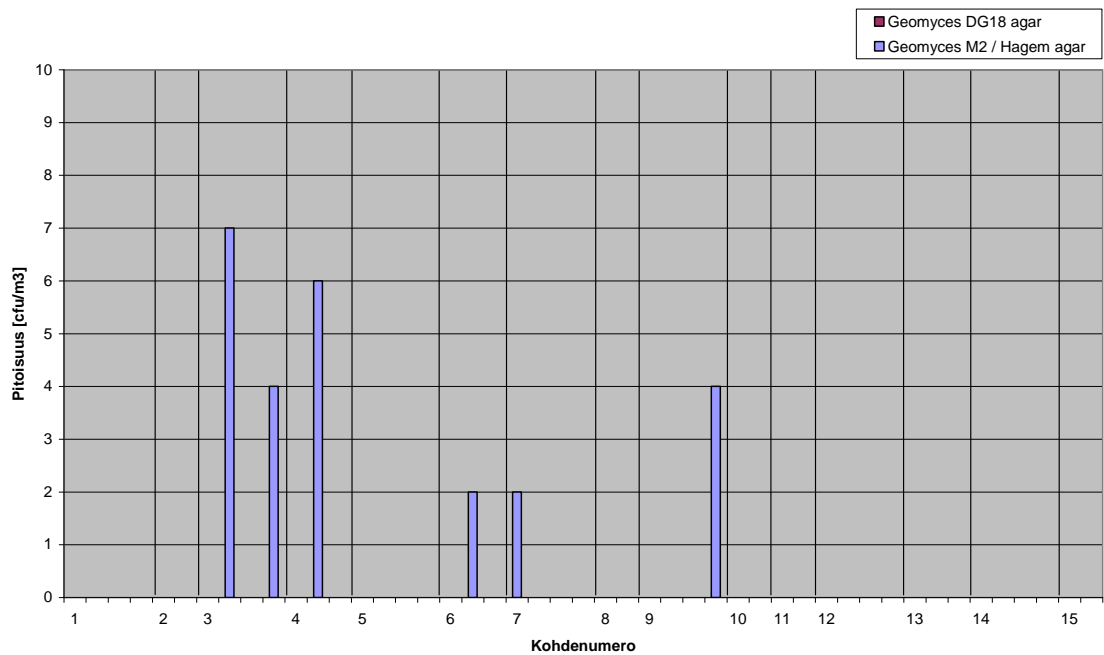
Kuva 23 Toimistotilojen sisäilman aktinobakteeripitoisuudet.



Kuva 24 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus fumigatus* -pitoisuudet.



Kuva 25 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus versicolor*-pitoisuudet.



Kuva 26 Toimistotilojen sisäilman *Geomyces*-pitoisuudet.

Toimistotilojen sisäilman mikrobinäytteissä esiintyi runsaasti kosteusvaurioon viittaavia mikrobilajeja pieninä, alle 5 cfu/m³ pitoisuuksina. Yli 5 cfu/m³ pitoisuuksissa havaittiin yhdessä näytteessä *Wallemia* (7 cfu/m³) ja *Stachybotrysta* (12 cfu/m³). *Stachybotrysta* ei esiintynyt muissa näytteissä, *Wallemia* todettiin lisäksi kahdessa muussa näyt-

teessä 2 cfu/m³ pitoisuuksissa. Näiden lisäksi toimistotilojen sisäilman mikrobinäytteissä todettiin seuraavia kosteusvaurioon viittaavia sieniä alle 5 cfu/m³ pitoisuuksissa:

- *Aspergillus sydowii* (2 kohdetta)
- *Aspergillus penicillioides* (2 kohdetta)
- *Eurotium* (2 kohdetta)
- *Oidiodendron* (4 kohdetta)
- *Paecilomyces* (3 kohdetta)
- *Sphaeropsidales* (1 kohde)
- *Trichoderma* (3 kohdetta).

Kosteusvaurioon viittaavien sienten lisäksi näytteissä esiintyi lajeja, joiden indikaattori-merkitys kosteusvaurioon viittaavana mikrobina on vielä avoin (Asuminen ja Terveyslehti 8/2005). Näistä lajeista yli 5 cfu/m² pitoisuutena esiintyi *Aspergillus nigerä* (2...6 cfu/m³). *A. nigerä* esiintyi 4 näytteessä. Alle 5 cfu/m³ pitoisuutena esiintyi *Aspergillus ustusta* (2 kohdetta), *Aureobasidiumia* (1 kohde), *basidiomykettejä* (1 kohde), *Mucoria* (1 kohde) ja punaisia hiivoja (1 kohde).

8 Tutkimustulosten analysointi ja johtopäätökset

8.1 Asuntojen sisäilman mikrobimittausten tulokset

Tutkimuksessa oli mukana 15 asuntoa, joissa tehtiin yhteensä 31 sisäilman mikrobimittausta. Tutkimuksessa oli 6 kpl omakotitaloja ja 1 kpl erillistaloja, rakennusvuosiltaan 1944 – 1985. Paritalo- ja rivitalohuoneistoja oli yhteensä 8 kpl, rakennusvuosiltaan 1969 – 1986. Omakotitaloista 4:ssä oli painovoimainen ilmanvaihto, muissa kohteissa ilmanvaihtona oli koneellinen poistoilmanvaihto.

Omakotitalojen sisäilman mikrobipitoisuudet olivat pääasiassa rivitalohuoneistoja korkeammat, kun bakteeripitoisuudet olivat keskimäärin samalla tasolla kummassakin rakennustyyppissä. Kohteiden mikrobipitoisuuksissa ei ollut selvää eroa rakennusvuosien perusteella.

Penicillium-pitoisuudet olivat omakotitaloissa noin 4-kertaiset rivitalokohteisiin nähden, kun taas *Cladosporium*-pitoisuudet olivat rivitaloissa noin kaksinkertaiset omakotitaloihin nähden. Steriilien sienten esiintyvyys sekä omakoti- että rivitaloissa oli samaa tasoa, vaaleiden hiivojen esiintyvyys oli hieman yleisempää omakotitaloissa.

Asuntojen aktinobakteeripitoisuudet sekä muut kosteusvaurioon viittaavat lajistot olivat keskimäärin samalla tasolla sekä omakoti- että rivitaloissa. Pelkästään omakotitalokohteissa esiintyneitä kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja olivat *A. restrictus* (4 kohdetta), *A. terreus* (1 kohde), *Chaetomium* (2 kohdetta), *Exophiala* (2 kohdetta), *Paecilomyces variotii* (2 kohdetta), *Phialophora* (2 kohdetta), *Trichoderma viride* (1 kohde) ja *Tritirachium* (1 kohde). Pelkästään rivitalokohteissa esiintyneitä kosteusvaurioindikaattoreita olivat *A. fumigatus* (2 kohdetta), *A. ochraceus* (1 kohde), *Scopulariopsis* (1 kohde) ja *Sphaeropsidales* (2 kohdetta). Indikaattorimerkitykseltään avoimia mikrobeja esiintyi sekä omakoti- että rivitalokohteissa.

Pelkästään DG18-agarilla, eikä olleenkaan M2/Hagem-agarilla, kasvoivat seuraavat tavanomaiset mikrobilajit: *Alternaria*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus glaucus*, *Aspergillus nidulans*, *Blastobotrys*, *Syncephalastrum* ja *Verticillium*. Kosteusvaurioon viittaavista mikrobeista pelkästään DG18-agarilla kasvoivat *Aspergillus penicillioides*, *Aspergil-*

lus ochraceus, *Aspergillus restrictus*, *Scopulariopsis* ja *Wallemia*. Indikaattorimerkitykseltään avoimista mikrobeista pelkästään DG18-agarilla havaittiin *Aspergillus nigeriä* ja *Aspergillus ustusta*.

Sen sijaan pelkästään M2/Hagem-agarilla, eikä lainkaan DG18-agarilla, havaittiin tavanomaisista mikrobilajeista *Curvulariaa*, *Geotrichumia* ja *Sepedoniumia*. Kosteusvaurioidindikaattoreista pelkästään M2/Hagem-agarilla todettiin seuraavien mikrobien kasvu: *Chaetomium*, *Exophiala*, *Geomyces*, *Oidiodendron*, *Trichoderma viride*, *Tritirachium* ja *Botrytis*. Indikaattorimerkitykseltään avoimista mikrobeista pelkästään M2/Hagem-agarilla havaittiin *Engyodontiumia*, *Rhinocladiellaa* ja *Rhizopusta*.

8.2 Toimistotilojen sisäilman mikrobimittausten tulokset

Tutkimuksessa oli mukana 15 toimistotilaa, joissa tehtiin yhteensä 47 sisäilman mikrobimittausta. Tutkimuksessa mukana olleissa kohteissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, kohteet on rakennettu vuosina 1939 – 2002.

Kohteiden sisäilman mikrobipitoisuudet olivat korkeimmat 1970...1980-luvulla rakennetuissa toimistoissa. Sisäilman bakteeripitoisuuksien vaihtelu ei korreloinut kohteiden rakennusajankohdan kanssa.

Penicillium- ja *Cladosporium*-pitoisuudet olivat 1970...1980-luvun kiinteistöissä korkeampia kuin uudemmissa tai 1950-luvulla ja sitä ennen rakennetuissa kohteissa. Steriilien sienten ja vaaleiden hiivojen esiintyminen 1970...1980-luvun kiinteistöissä oli hieinan muita kohteita yleisempää.

Aktinobakteereja sekä muita kosteusvaurioon viittaavia lajistoja esiintyi kohteissa rakennusajankohdasta riippumatta. *Geomyces*ä esiintyi pelkästään 1970...1980-luvun kohteissa. Lisäksi pelkästään 1970...1980-luvun kohteissa esiintyneitä kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja olivat *A. penicillioides* (2 kohdetta), *Stachybotrys* (1 kohde), *Trichoderma* (3 kohdetta) ja *Wallemia* (3 kohdetta). Pelkästään 1950-luvulla tai sitä ennen rakennetuissa toimistotiloissa 2 kohteessa esiintyi *Eurotiumia*. *Sphaeropsidalesia* esiintyi vain yhdessä 2000-luvulla rakennetussa kohteessa. Indikaattorimerkitykseltään avoimia mikrobeja esiintyi muissa paitsi 1990...2000-luvulla rakennetuissa kohteissa.

Toimistokohteiden mikrobeista pelkästään DG18-agarilla, eikä lainkaan M2/Hagem-agarilla, kasvoivat tavanomaisista mikrobilajeista *Acrodontium*, *Alternaria*, *Aphanocladium* ja *Syncephalastrum*. Kosteusvaurioon viittaavista mikrobeista kasvua oli pelkästään DG18-agarilla *Aspergillus penicillioidesilla*, *Eurotiumilla*, *Sphaeropsidalesilla* ja *Wallemialla*. Indikaattorimerkitykseltään avoimista mikrobeista pelkästään DG18-agarilla kasvoi *Aureobasidium* ja punaiset hiivat.

Sen sijaan pelkästään M2/Hagem-agarilla, eikä lainkaan DG18-agarilla, kasvoivat tavanomaisista mikrobeista *Geotrichum*, *Thysanophora* ja *Verticladium*. Kosteusvaurioon viittaavista mikrobeista pelkästään M2/Hagem-agarilla tavattiin *Geomycesä*, *Oidiodendronia* ja *Stachybotrysta* ja indikaattorimerkitykseltään avoimista mikrobeista *Aspergillus ustusta*, basidiomykettejä ja *Mucoria*.

8.3 Asuinrakennusten ja toimistotilojen sisäilman mikrobiston erot

Tutkimuksessa käytetyn aineiston perusteella asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobistot eroavat toisistaan selvästi. Asuntojen sisäilman mikrobipitoisuudet ovat suuremmat kuin toimistotilojen. Ero on havaittavissa sekä M2-agarilla että DG18-agarilla. Myös bakteeripitoisuudet ovat asunnoissa suuremmat kuin toimistotiloissa.

Asuntojen sisäilman mikrobisto on lajistoltaan runsaampaa kuin toimistoissa. Asuntojen sisäilmanäytteissä todettiin yhteensä 17 tavanomaista sienilajia. Toimistotiloissa tavanomaisten sienilajien määrä oli 11. Kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja, joihin kuuluvat myös aktinobakteerit, havaittiin asunnoissa yhteensä 22 eri lajia. Toimistotiloissa kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja havaittiin 13 eri lajia. Mikrobeja, joiden indikaattorimerkitys on vielä avoin, havaittiin asunnoissa 8 lajia ja toimistoissa 6 lajia.

Penicilliumin esiintyi sekä toimistojen että asuntojen sisäilmassa yleisesti. Cladosporiumin esiintyminen oli yleisempää asuntojen sisäilmassa, jossa sitä havaittiin 77 % näytteistä kun toimistojen sisäilmanäytteissä Cladosporiumia esiintyi 30 % näytteistä. Vaaleita hiivoja ja steriilejä sieniä esiintyi toimistoissa asuntokohteita vähemmän, myös näiden pitoisuuksien ollessa pienempiä.

Kosteusvauriota indikoivien mikrobien esiintyminen oli runsaampaa ja lajistoltaan poikkeavaa asunnoissa ja toimistoissa. Asuntojen yleisimmät kosteusvaurioon viittaavat

mikrobit olivat aktinobakteerien lisäksi *Aspergillus penicillium*, *Aspergillus versicolor* ja *Eurotium*. Toimistotiloissa yleisimmät kosteusvaurioon viittaavat mikrobit olivat *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus versicolor* ja *Geomyces*. Toimistotilojen aktinobakteeripitoisuudet olivat yleisesti n. 20 % asuntojen pitoisuudesta. Pääsääntöisesti kosteusvaurioon viittaavien mikrobien pitoisuudet olivat toimistokohteissa yleisesti alle 10 cfu/m³, asunnoissa pitoisuudet olivat keskimäärin 15 cfu/m³ luokkaa.

Indikaattorimerkitykseltään avoimia mikrobeja esiintyi sekä toimistoissa että asunnoissa. Esiintyvyys oli yleisempää asunnoissa ja myös näiden lajien pitoisuudet olivat asunnoissa suurempia kuin toimistoissa. Asunnoissa pitoisuudet olivat 5...10 cfu/m³ suuruusluokkaa, toimistoissa pitoisuudet olivat yleisesti 2...5 cfu/m³ tasolla.

9 Yhteenveto

Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 15 asuntoa ja 15 toimistotilaa. Kohteissa tehtiin sisäilman mikrobimittaukset talviaikaan, ja tuloksia tarkasteltiin kohteiden välisten erojen ja yhtäläisyyksien osalta. Asunnoissa tehtiin yhteensä 31 ja toimistotiloissa yhteensä 47 sisäilman mikrobimittausta. Tutkimuksessa käytetty näytemäärä on melko pieni, minkä vuoksi lisätutkimukset ovat tarpeellisia, jotta tulosten perusteella voidaan antaa yleisiä suosituksia tai ohjeita.

Tutkimusaineiston perusteella asuntojen ja toimistotilojen sisäilman mikrobipitoisuuksissa ja -lajistoissa on eroja. Asunnoissa sisäilman mikrobipitoisuudet ovat suurempia ja mikrobilajisto on monimuotoisempaa kuin toimistoissa.

Mikrobipitoisuudet olivat asunnoissa yli kaksinkertaisia toimistotiloihin nähden sekä M2/Hagem-agarilla että DG18-agarilla, samoin asuntojen bakteeripitoisuudet olivat yli nelinkertaiset toimistotiloihin nähden. Tutkimusaineiston perusteella saadut tulokset ovat samansuuntaiset Salosen (Salonen 2009) tutkimustulosten kanssa, joiden perusteella toimistotilojen sisäilman sieni-itiöpitoisuuden ohjearvoksi on ehdotettu asuntojen 100 cfu/m^3 sijaan 50 cfu/m^3 ja bakteeripitoisuuden arvoksi asuntojen $4\,500 \text{ cfu/m}^3$ sijaan 600 cfu/m^3 .

Mikrobilajistoja tavattiin asunnoissa useampia kuin toimistoissa. Asuntojen sisäilmassa tavattiin yhteensä 17 tavanomaista sienilajia, kun toimistoissa tavanomaisten sienilajien määrä oli 11. Kosteusvaurioon viittaavien mikrobilajien määrä oli asunnoissa 22 ja toimistoissa 13. Indikaattorimerkitykseltään avoimia mikrobeja oli asuntojen sisäilmanäytteissä 8 eri lajia ja toimistoissa 6 lajia.

Penicillium oli yleisin sienilaji sekä toimistoissa että asunnoissa, mutta *Cladosporiumin* esiintyvyys oli asunnoissa yli kaksinkertainen toimistoihin nähden. Vaaleita hiivoja ja steriilejä sieniä esiintyi asuntojen näytteissä yli 60 %:ssa näytteistä, toimistojen sisäilmassa näitä lajeja esiintyi alle 50 %:ssa näytteistä.

Kosteusvaurioon viittaavien mikrobien suhteen asuntojen ja toimistojen sisäilmanäytteet erosivat toisistaan sekä pitoisuuksien että tyypillisten lajien suhteen. Asunnoissa

aktinobakteereja todettiin 80 %:ssa kohteista ja 65 %:ssa kokonaisnäyttemäärästä. Toimistoissa aktinobakteereja todettiin 20 %:ssa kohteista ja 9 %:ssa kokonaisnäyttemäärästä. Asuntojen aktinobakteeripitoisuudet ylittivät Asumisterveysohjeen 10 kpl /m³ pitoisuuden ylittää noin 15 % näytteistä. Toimistotiloista Salosen (Salonen 2009) ehdottaman 5 kpl /m³ pitoisuuden ylittää 2 % näytteistä.

Aktinobakteerien lisäksi asuntojen muut yleiset kosteusvaurioindikaattorit olivat *Aspergillus penicillioides* (61 % näytteistä), *Aspergillus versicolor* (48 % näytteistä) ja *Eurotium* (32 % näytteistä). Toimistotilojen yleisimmät kosteusvaurioindikaattorit olivat *Aspergillus fumigatus* (17 % näytteistä), *Aspergillus versicolor* (11 % näytteistä) ja *Geomyces* (13 % näytteistä).

Asumisterveysohjeen suosituksesta poiketen, tutkimustulosten perusteella M2/Hagem-agarin lisäksi homesienten tunnistamiseen on tarpeellista käyttää myös DG18-agaria. Tähän johtopäätökseen on tullut myös Häkkinä omassa tutkimuksessaan (Häkkinä 2011). Asuntojen sisäilmanäytteissä pelkästään DG18-agarilla, eikä lainkaan M2/Hagem-agarilla, todettiin asuntojen sisäilman yleisimmin esiintynyt kosteusvaurioon viittaava mikrobilaji, *Aspergillus penicillioides*. Tämän lisäksi pelkästään DG18-agarilla todettiin 7 tavanomaisen mikrobin kasvu ja 4 muun kosteusvaurioindikaattorin kasvu. Toimistokohteissa pelkästään DG18-agarilla havaittiin 4 tavanomaista ja 4 kosteusvaurioon viittaavaa mikrobilajia.

Asuntojen sisäilman mikrobipitoisuudet ovat suurempia kuin toimistoissa, samoin asuntojen sisäilman mikrobilajisto on toimistotiloihin verraten monimuotoisempaa. Tämän tutkimuksen ja Häkkinän (Häkkinä 2011) tutkimuksen tulosten perusteella voidaan suositella, että sisäilman mikrobimittauksissa käytetään sieni-itiöiden kasvatukseen M2/Hagem-agarin lisäksi DG18-agaria. Lisäksi Asumisterveysohjeen (Asumisterveysohje 2003) antamien, asuntoihin sovellettavien ohjeiden lisäksi Salosen (Salonen 2009) ehdottamat arvot toimistotilojen sisäilman mikrobipitoisuuksille ovat tarpeen.

Lähteet

- Adan, Olaf C. G.. 1994. On the fungi defacement of interior finishes. PhD Thesis. Eindhoven University of Technology. The Netherlands.
- Asuminen ja Terveys-lehti. 8/2005. s. 56–59.
- Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Asumisterveysopas. 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Ympäristö ja Terveys-lehti, Pori 2009.
- Herva, Tommi & Hokkanen, Veli-Matti. 2012. N6-Yksivaihekeräimen (Andersen) käyttöönotto sisäilman mikrobiutkimuksissa. Sisäilmastoseminaari 2012. SIY Raportti 30 s. 47 – 51.
- Herva, Tommi & Hokkanen, Veli-Matti. 2011. N6-Yksivaihekeräimen (Andersen) käyttöönotto sisäilman mikrobiutkimuksissa. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate Itä-Suomen yliopisto. Aducate Reports and Books 19/2011. Kuopio 2011.
- Hyvärinen, A., Meklin, T., Vepsäläinen, A., Rautiala, S. & Nevalainen, A. 2001. Mikrobiston diversiteetti vaurioituneissa rakennusmateriaaleissa. Sisäilmastoseminaari 2001. Espoo. SIY Raportti 15.
- Hyvärinen, A. 2002. Characterizing moisture damaged buildings – environmental and biological monitoring. Publications of the National Public Health Institute A8. Väitöskirja. Kuopio.
- Häkkiä, Sirkku. 2010. Andersen-kuusivaiheimpaktorilla otettujen näytteiden tulokset – pelkkää ilmaa? Sisäilmastoseminaari 2010. SIY Raportti 28.
- Häkkiä, Sirkku. 2011. Useampia elatusalustoja: Enemmän tietoa vai ylimääräisiä kustannuksia? Sisäilmastoseminaari 2011. SIY Raportti 29.
- Indikaattorit. 2008. Sisäilmayhdistys. Verkkodokumentti.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/ongelmien_tutkiminen/mikrobiutkimukset/indikaattorit/> Viitattu 17.2.2012.
- Korpi A., Pasanen A-L. & Pasanen P. 1998. Volatile compounds originating from mixed microbial cultures on building materials under various humidity conditions. Appl Environ Microbiol 1998;64:2914-2919.

Kääriäinen, H., Rantamäki, J. & Tulla, K. 1998. Puurakennusten kosteustekninen toimivuus: kokemustiedot. VTT.

Opas kosteusongelmiin – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. 1998. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu. Julkaisu 95. Talonrakennustekniikka. Toimittanut Virpi Leivo.

Pacwill Environmental. 2008. Verkkodokumentti.
<<http://www.pacwill.ca/en/ProductsServices/6stage.htm>> Luettu 24.2.2012.

Pasanen, A-L., Pasanen, P., Jantunen, MJ. & Kalliokoski, P. 1991. Significance of air humidity and air velocity for fungal spore release into the air. *Atmos Environ* 1991;25A:459-462.

Putus, Tuula. 2010. Home ja Terveys. Kosteusvauriohomeiden ja hiivojen terveyshaitat. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy.

Reiman, M., Kujanpää, L., Vilkki, R. & Kujanpää, R. 2002. Materiaalien mikrobisto rakennusosittain. Sisäilmastoseminaari 2002. Espoo 2002. SIY Raportti 20.

Salonen, Heidi. 2009. Indoor air contaminants in office buildings. Finnish Institute of Occupational Health, People and Work Research Reports 87.

Seuri M, Reiman M. 1996. Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Tampere. Rakennustieto Oy.

Sulyok, M., Täube, I M., Vishvanath, V., Peitzsch, M., Kauhanen, E., Krska, R., Larsson, L. & Nevalainen, A. 2010. Sienten ja bakteerien myrkylliset aineenvaihduntatuotteet sisäympäristössä. Sisäilmastoseminaari 2010. SIY Raportti 28.

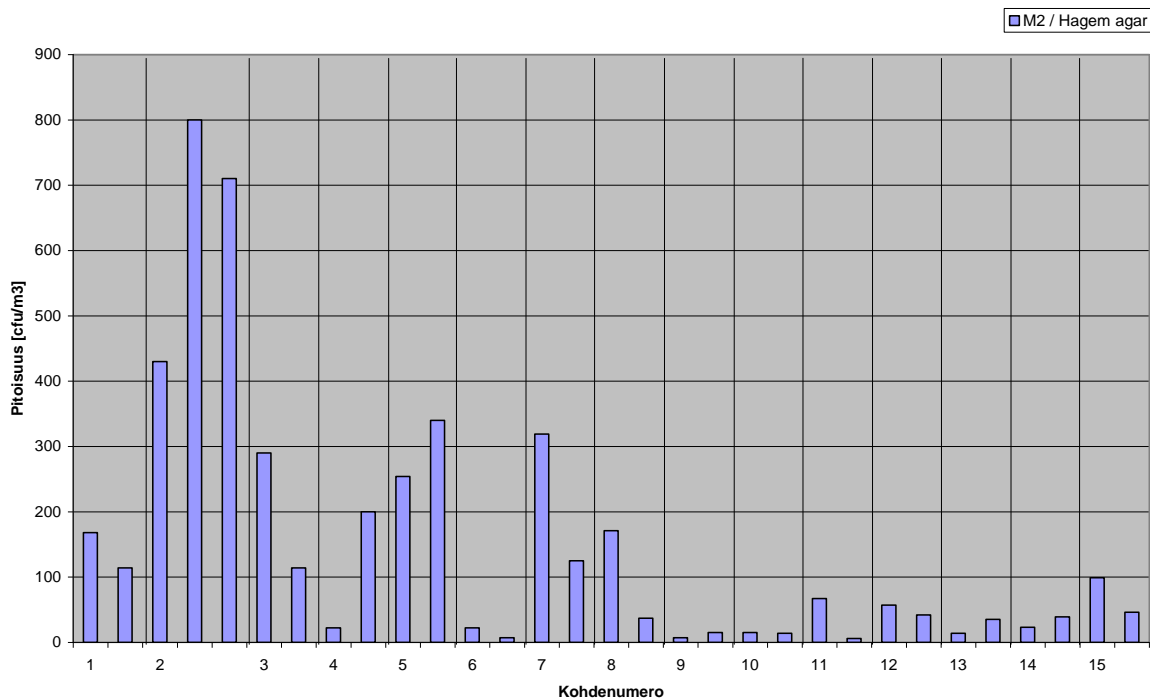
Taskinen, T. 2001. Moisture and mould problems on school buildings. A clinical study on the health effects in schoolchildren. National Public Health Institute A9. Väitöskirja. Kuopio.

Terveystieteiden tutkimuskeskus ja hyvinvoinnin laitos. 2008. Verkkodokumentti. Terveyshaitat ja niiden tutkiminen.
<http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/hometalo_ja_kosteusvaurio/terveyshaitat_ja_niiden_tutkiminen>. Luettu 12.1.2012.

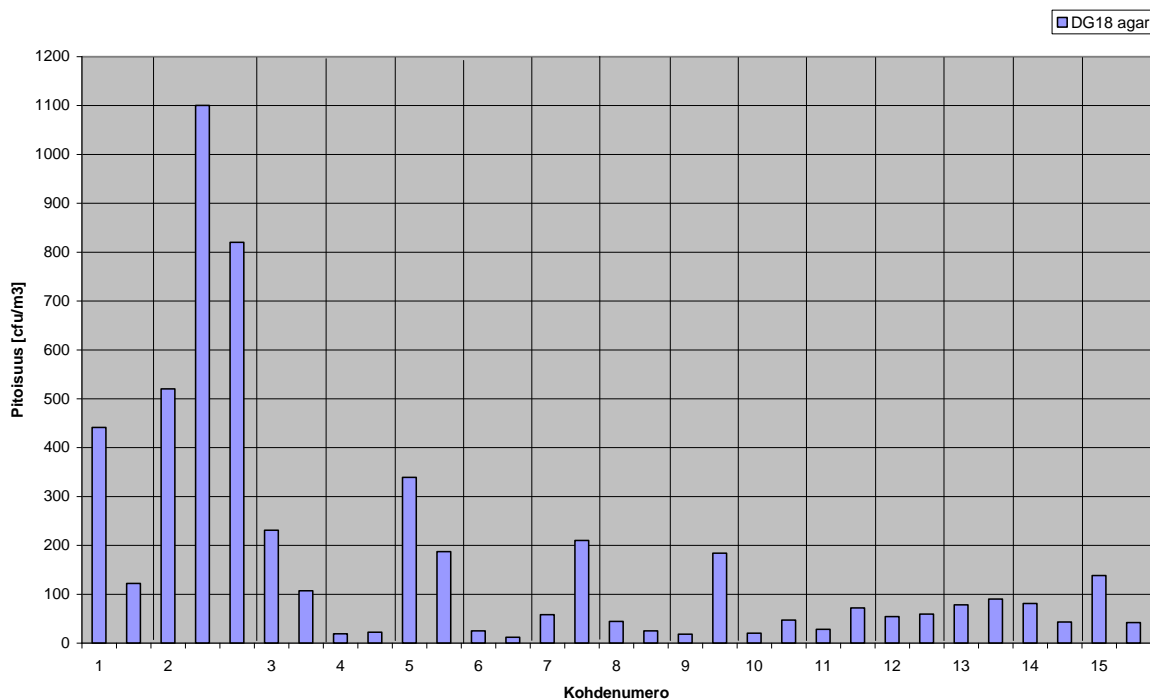
Torikka, Kirsi & Lindberg, Ralf. 1999. Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus. Tampereen Teknillinen korkeakoulu.

Viitanen, H. 2000. Homeen kasvun malli ja homekriteeristö rakennusten kosteusongelmien tarkasteluun. Sisäilmastoseminaari 2000. Espoo 2000. SIY Raportti 18.

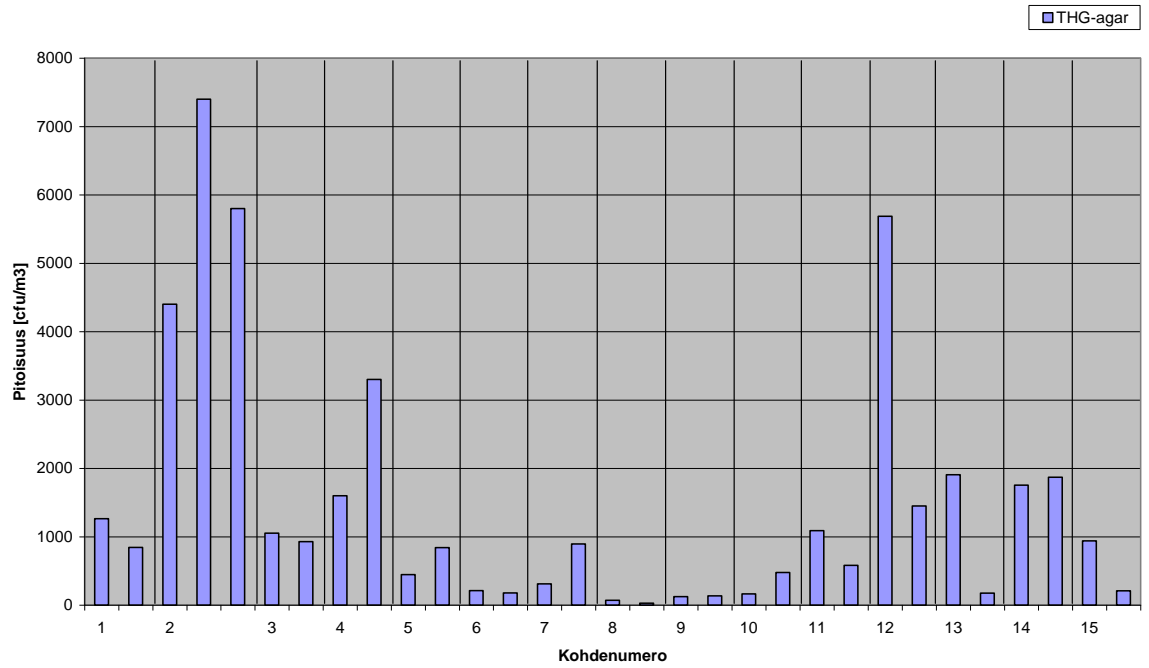
Asuntojen ja toimistojen sisäilman mikrobimittausten kokonaispitoisuudet



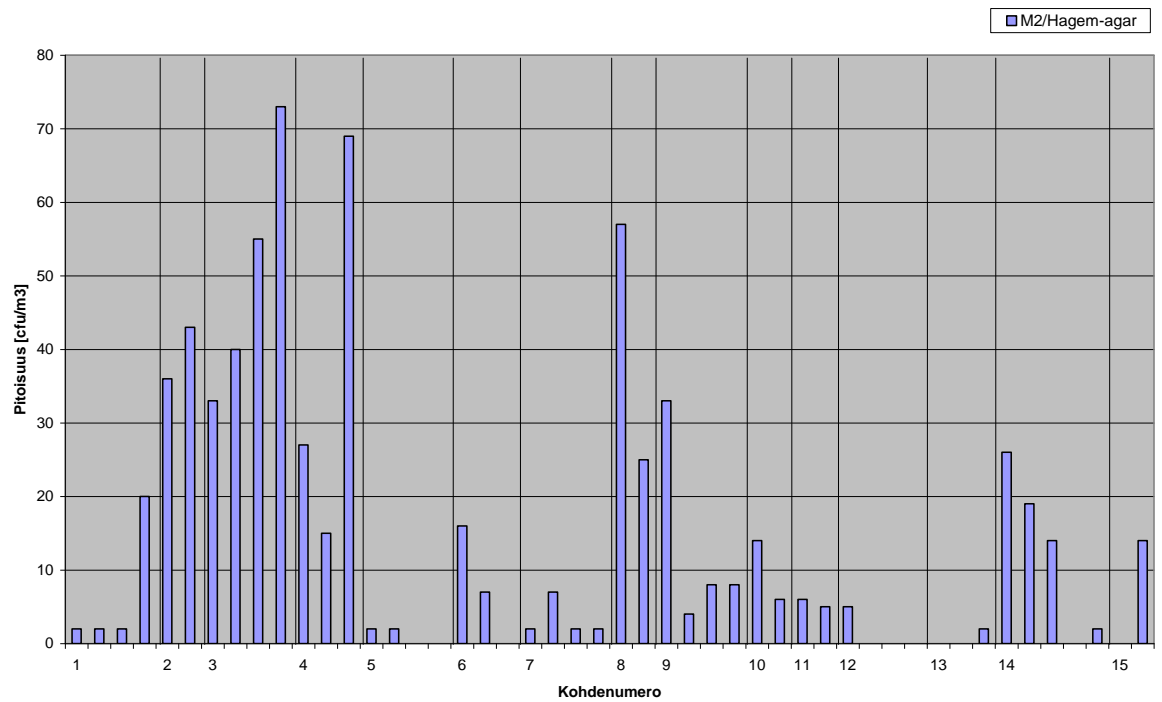
Kuva 27 Asuntojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet M2/Hagem-agarilla.



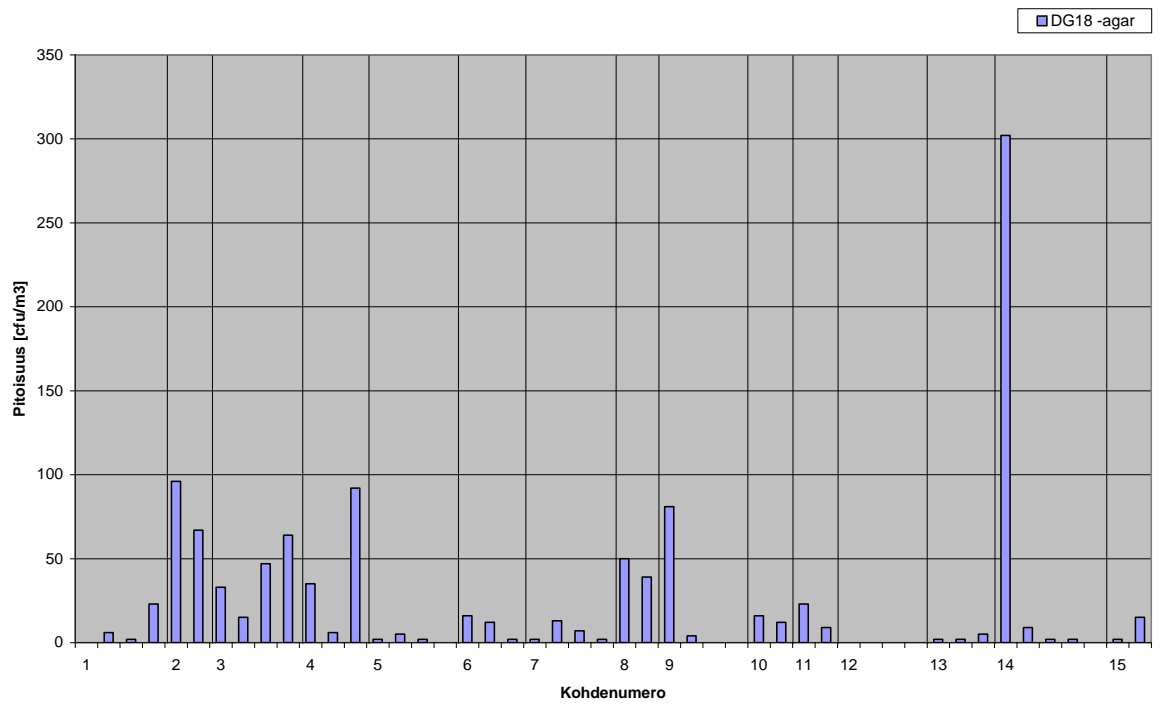
Kuva 28 Asuntojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet DG18-agarilla.



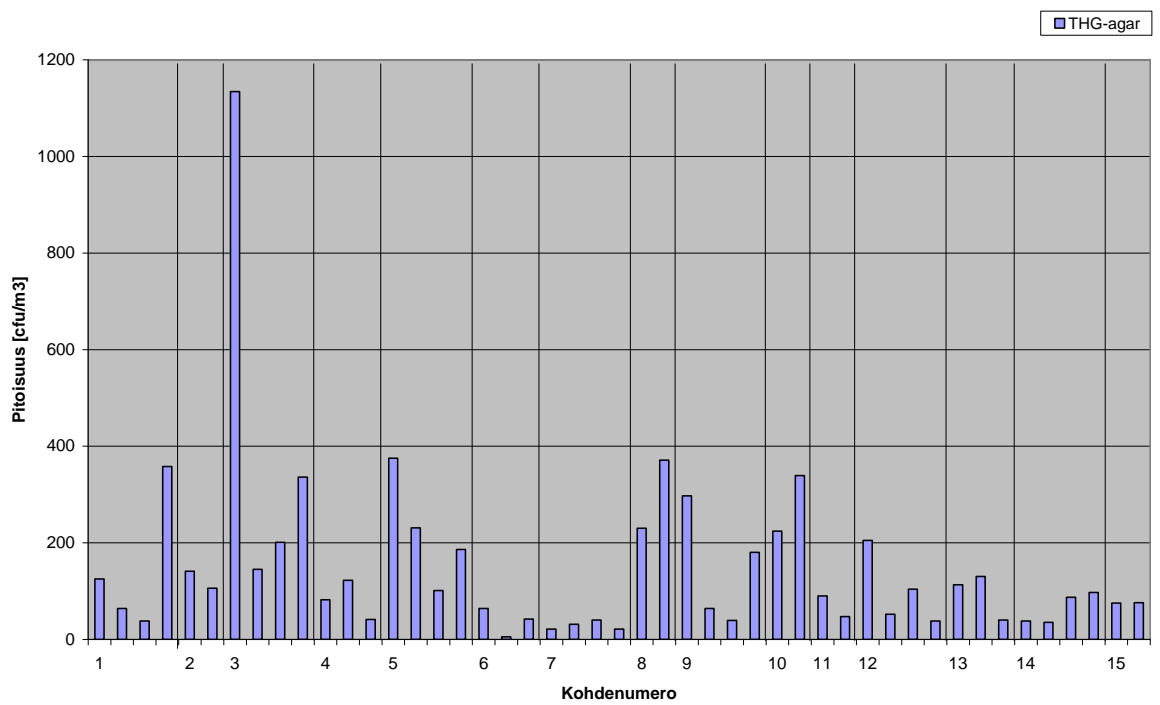
Kuva 29 Asuntojen sisäilman bakteeripitoisuudet.



Kuva 30 Toimistotilojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet M2/Hagem-agarilla.

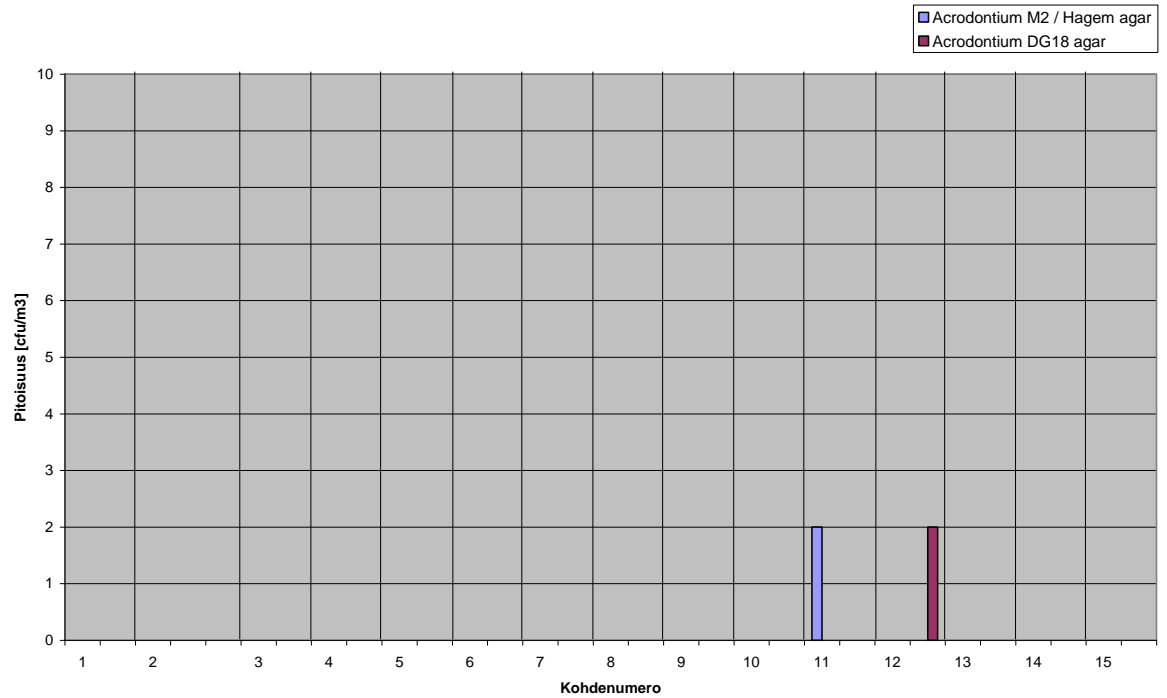


Kuva 31 Toimistotilojen sisäilman sieni-itiöiden kokonaispitoisuudet DG18-agarilla.

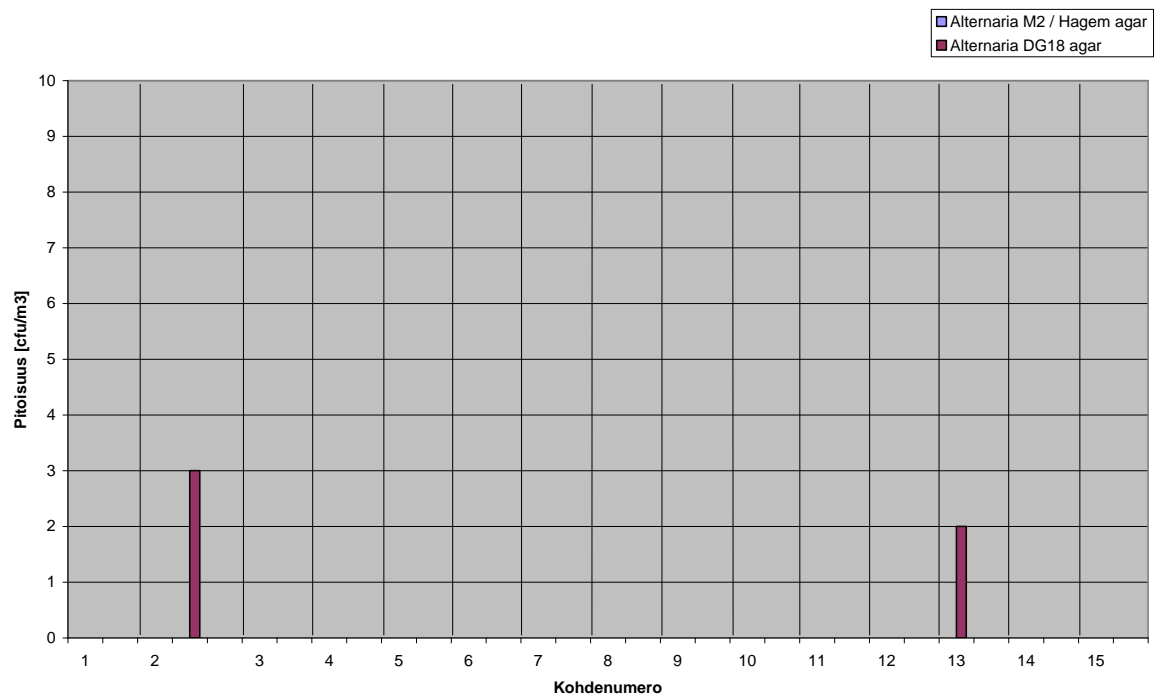


Kuva 32 Toimistotilojen sisäilman bakteeripitoisuudet.

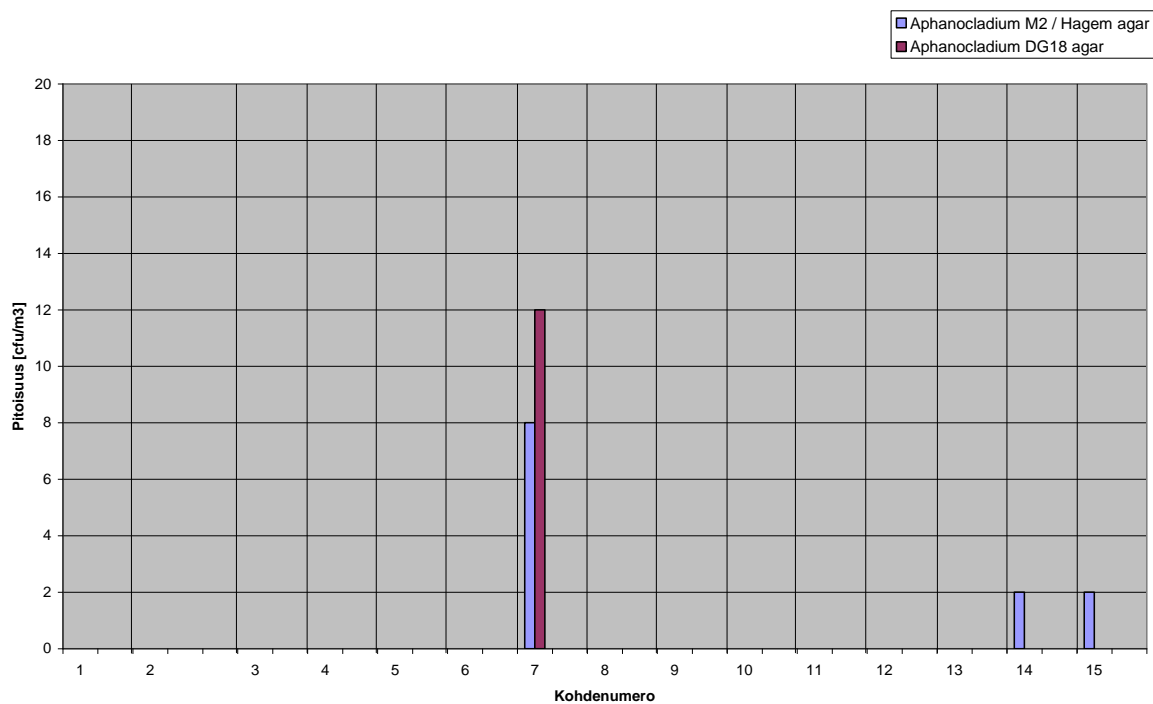
Asuntojen sisäilman tavanomaiset sieni-itiöt



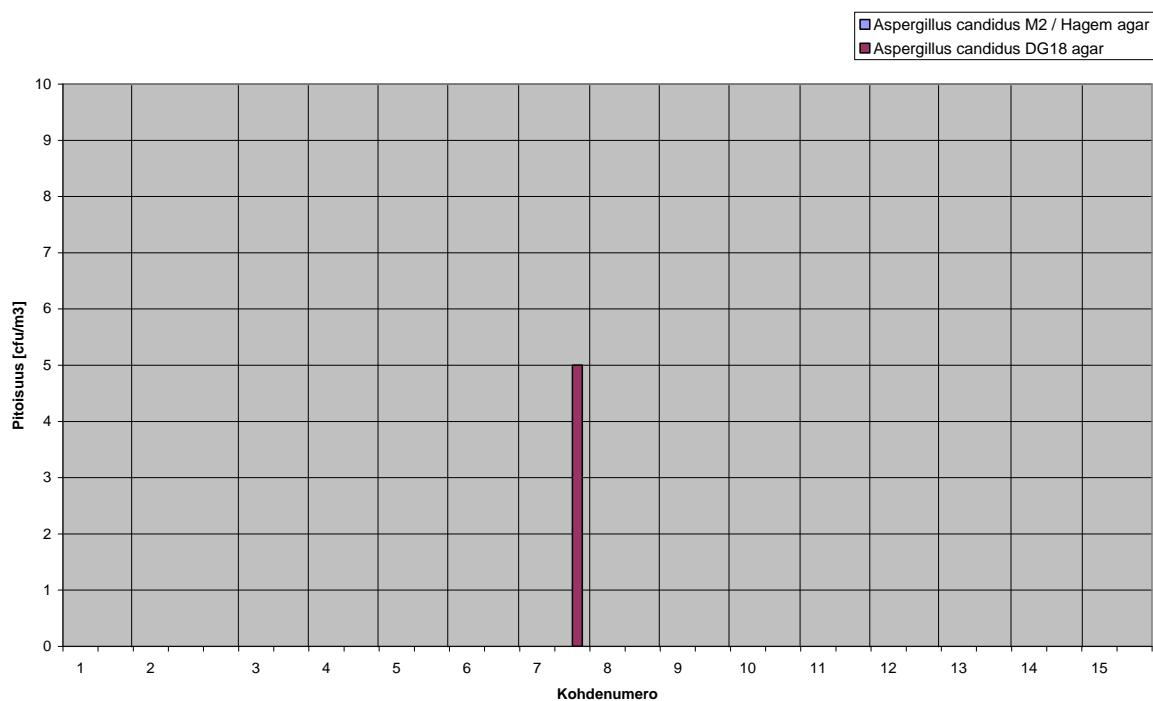
Kuva 33 Asuntojen sisäilman *Acrodontium*-pitoisuudet.



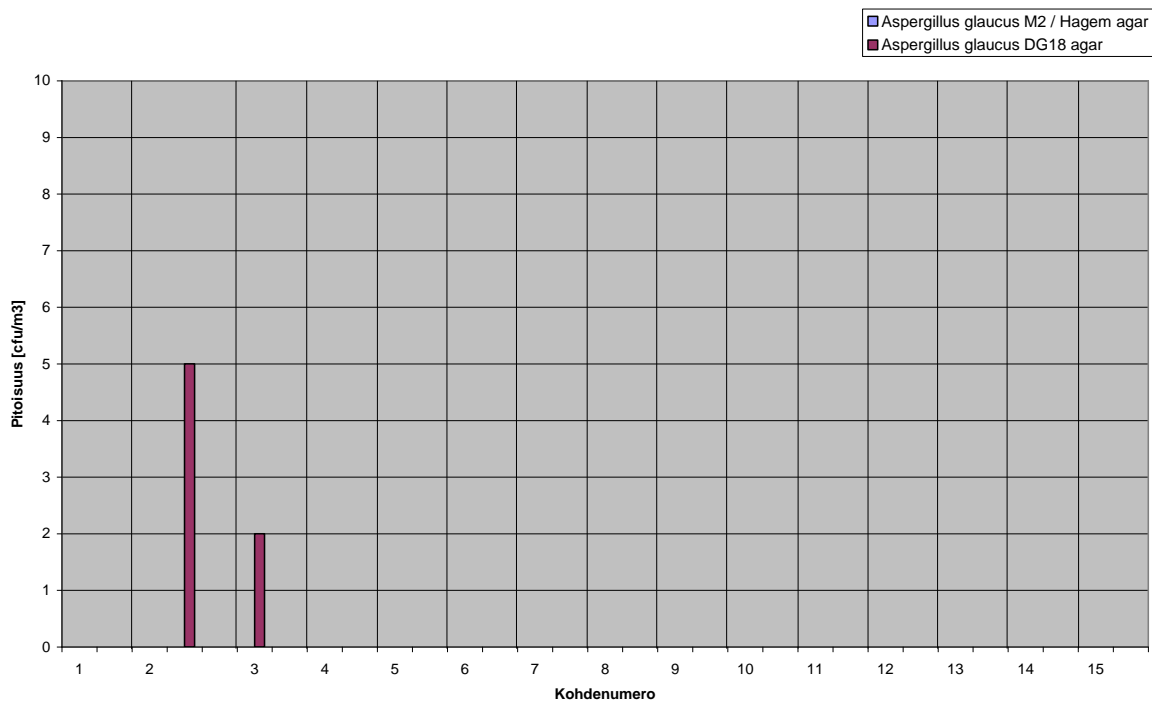
Kuva 34 Asuntojen sisäilman *Alternaria*-pitoisuudet.



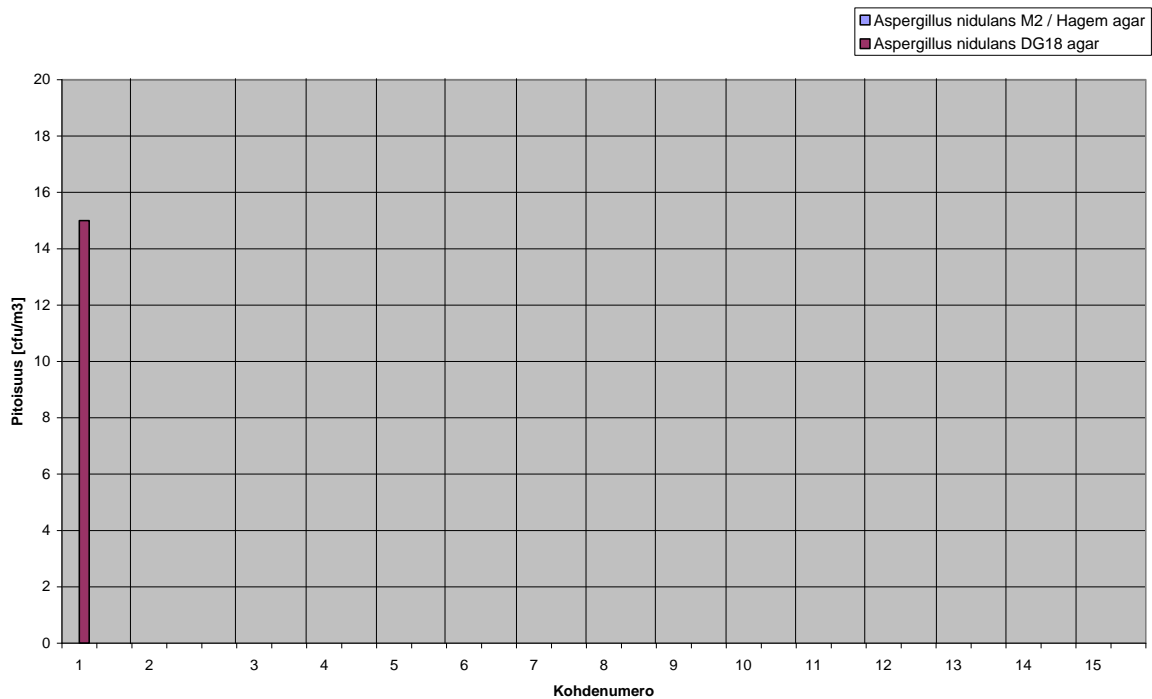
Kuva 35 Asuntojen sisäilman *Aphanocladium*-pitoisuudet.



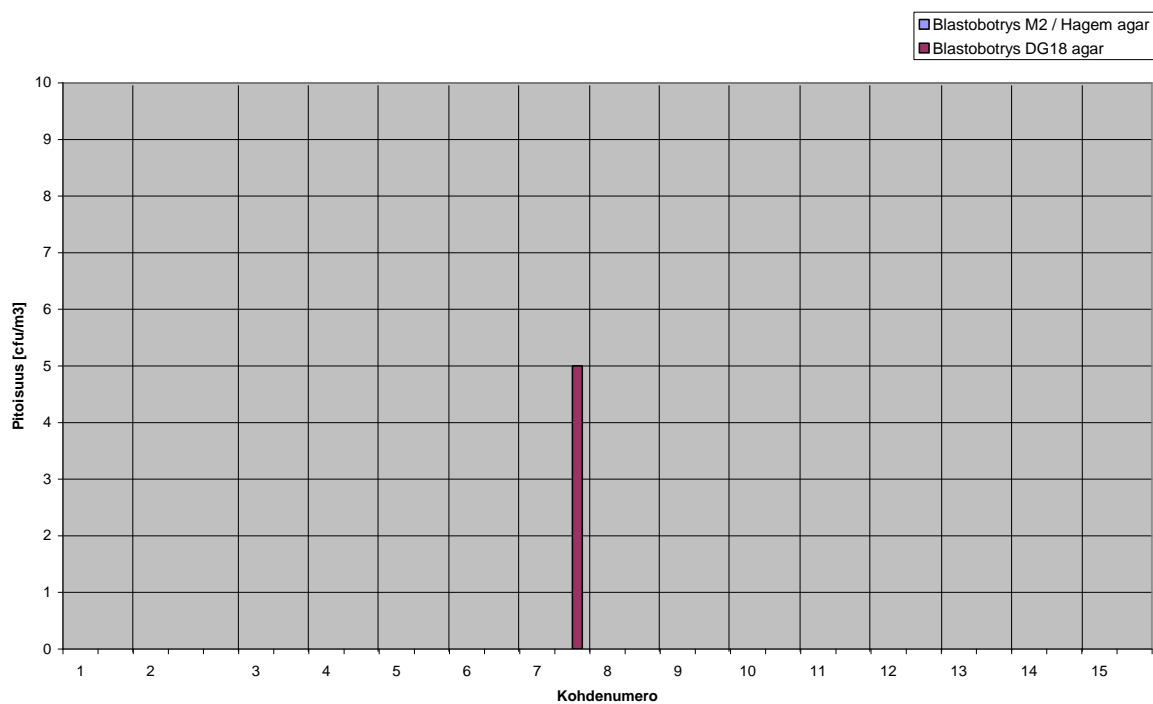
Kuva 36 Asuntojen sisäilman *Aspergillus candidus* -pitoisuudet.



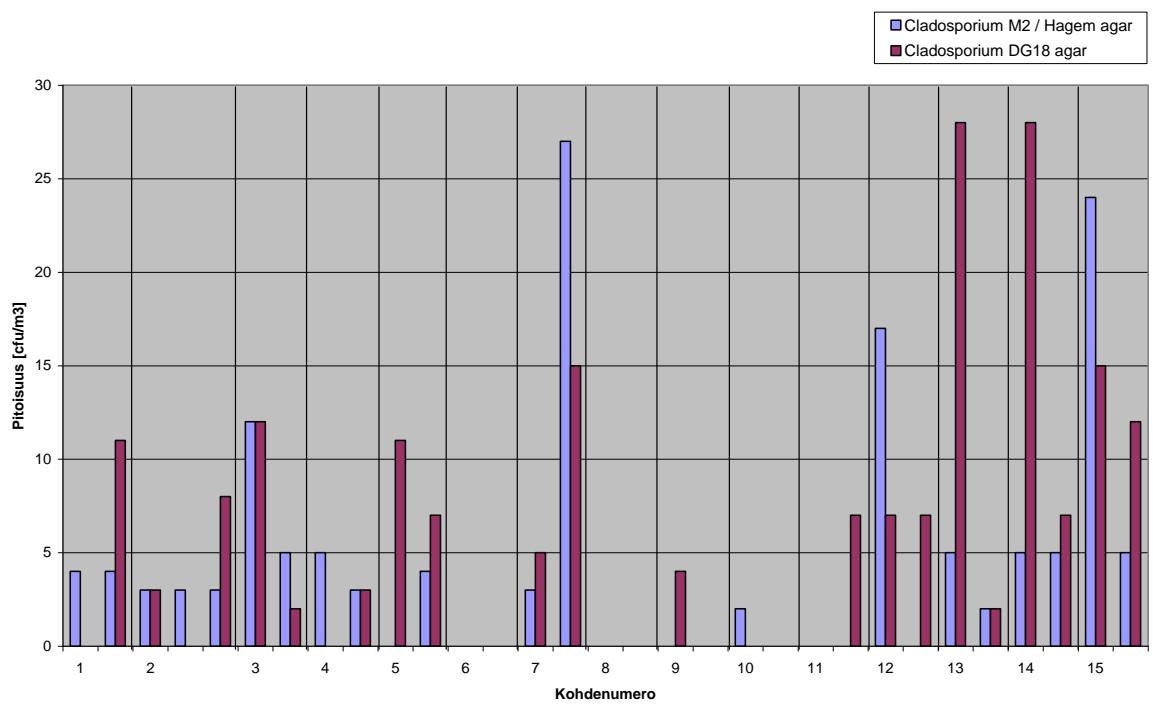
Kuva 37 Asuntojen sisäilman *Aspergillus glaucus* -pitoisuudet.



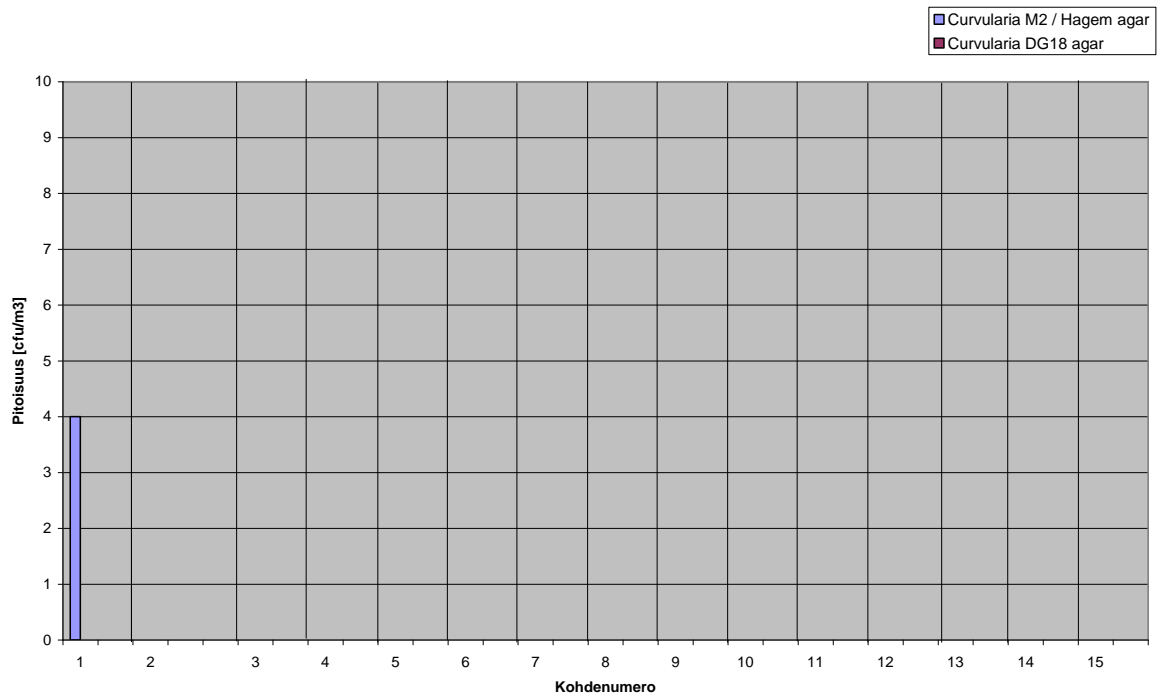
Kuva 38 Asuntojen sisäilman *Aspergillus nidulans* -pitoisuudet.



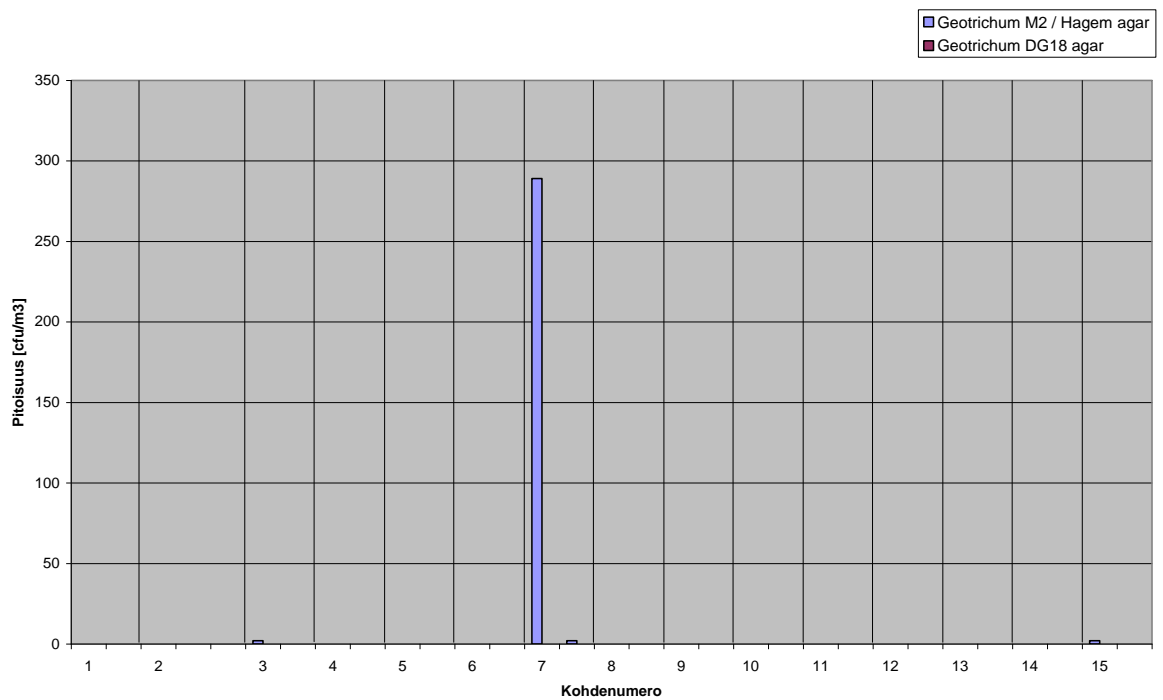
Kuva 39 Asuntojen sisäilman *Blastobotrys*-pitoisuudet.



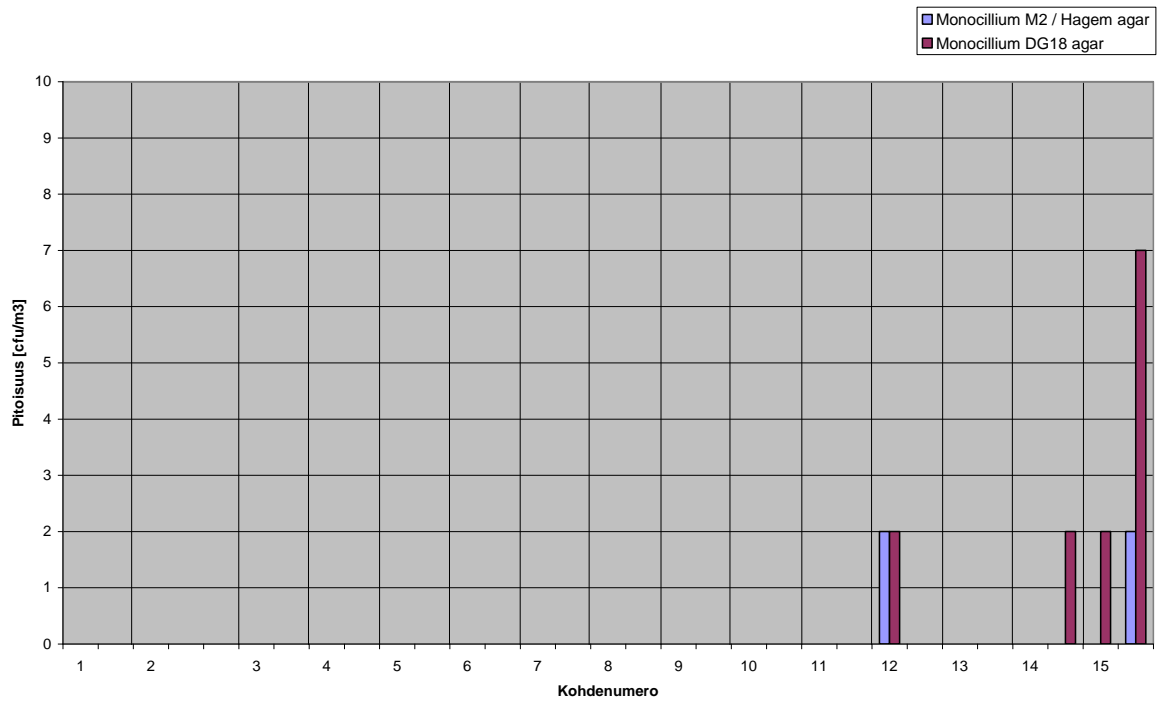
Kuva 40 Asuntojen sisäilman *Cladosporium*-pitoisuudet.



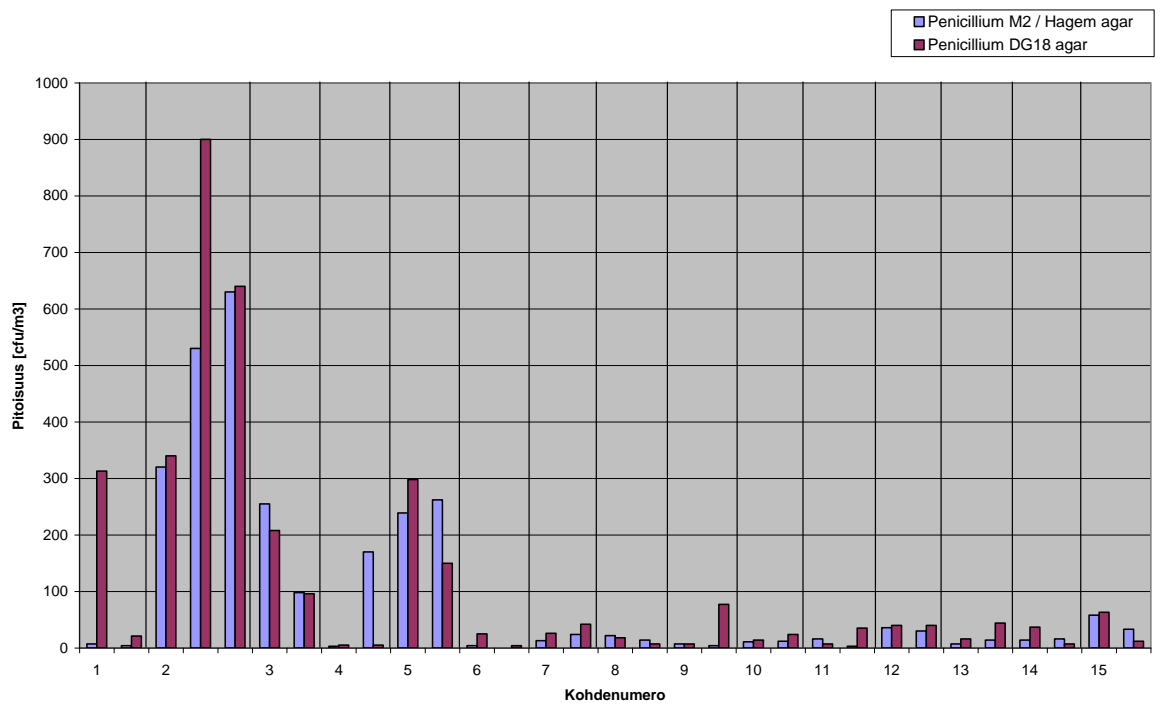
Kuva 41 Asuntojen sisäilman *Curvularia*-pitoisuudet.



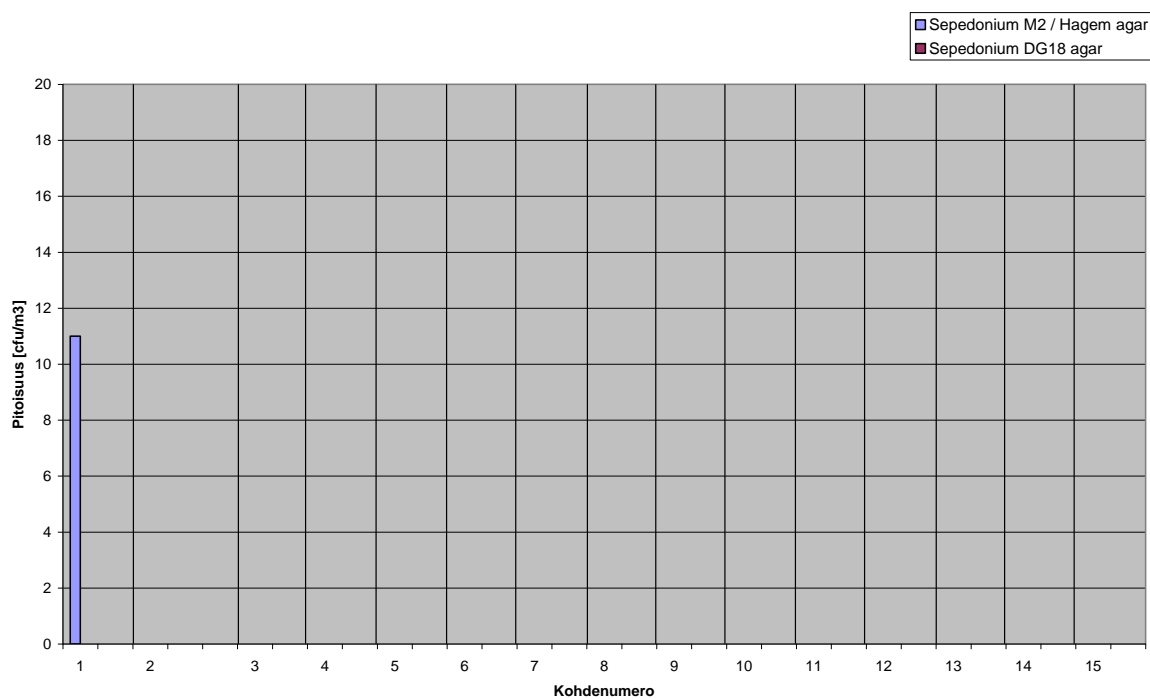
Kuva 42 Asuntojen sisäilman *Geotrichum*-pitoisuudet.



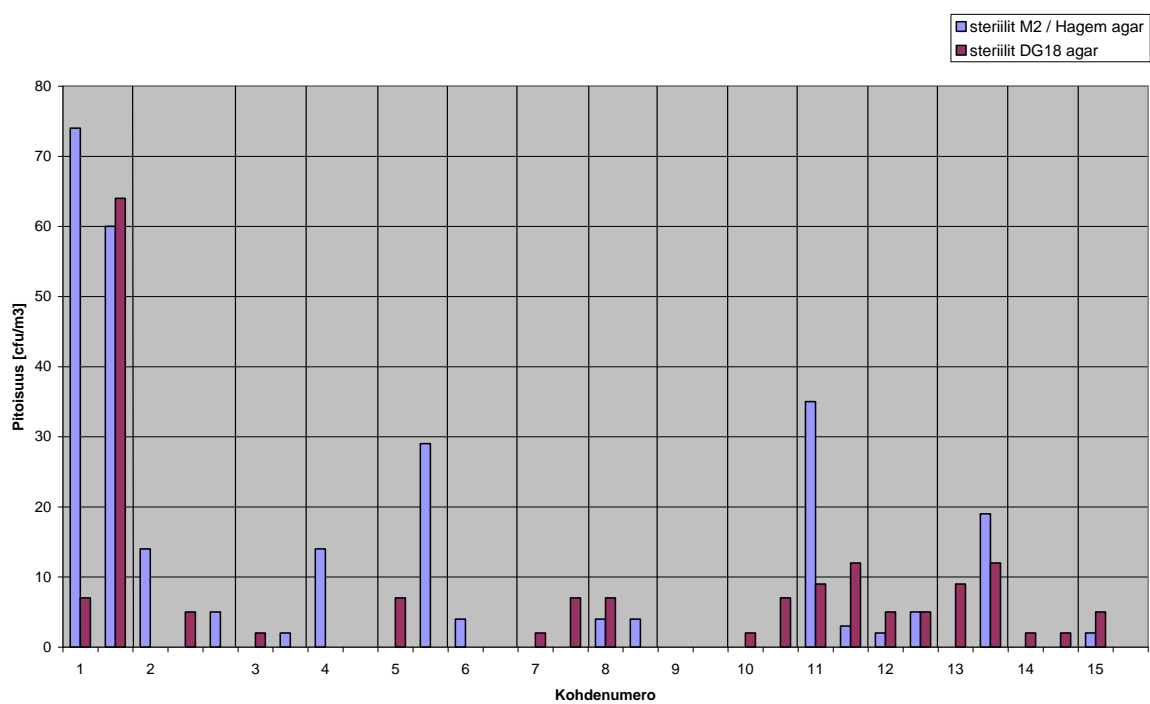
Kuva 43 Asuntojen sisäilman *Monocillium*-pitoisuudet.



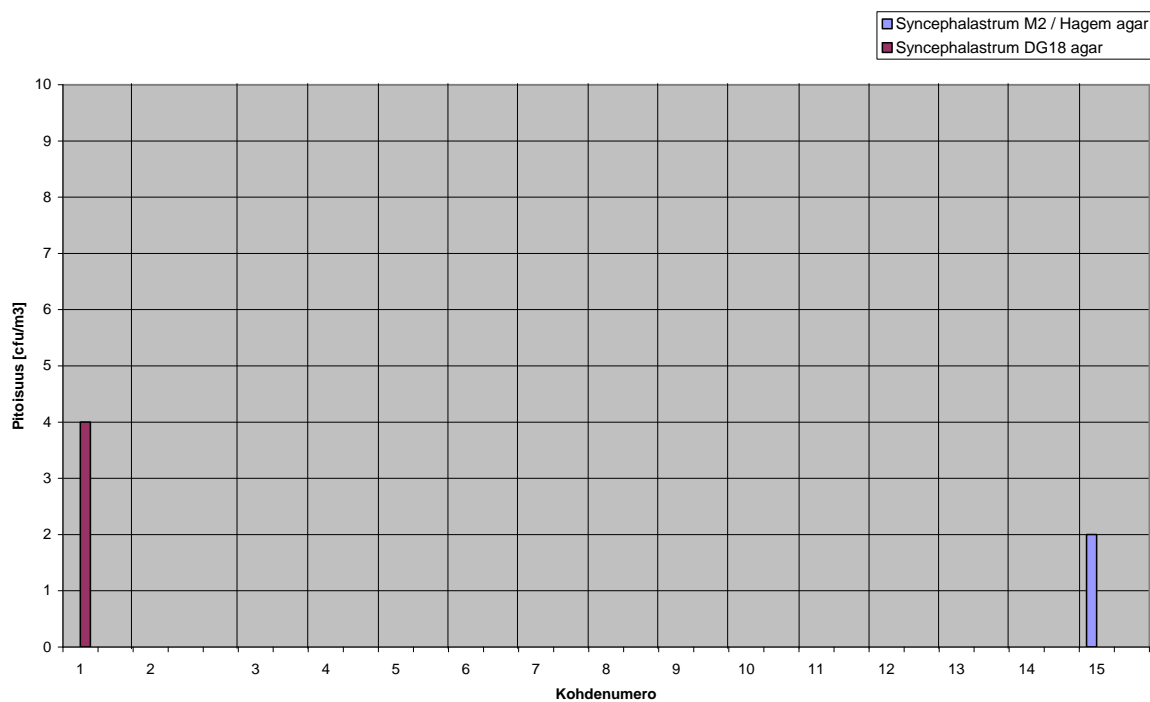
Kuva 44 Asuntojen sisäilman *Penicillium*-pitoisuudet.



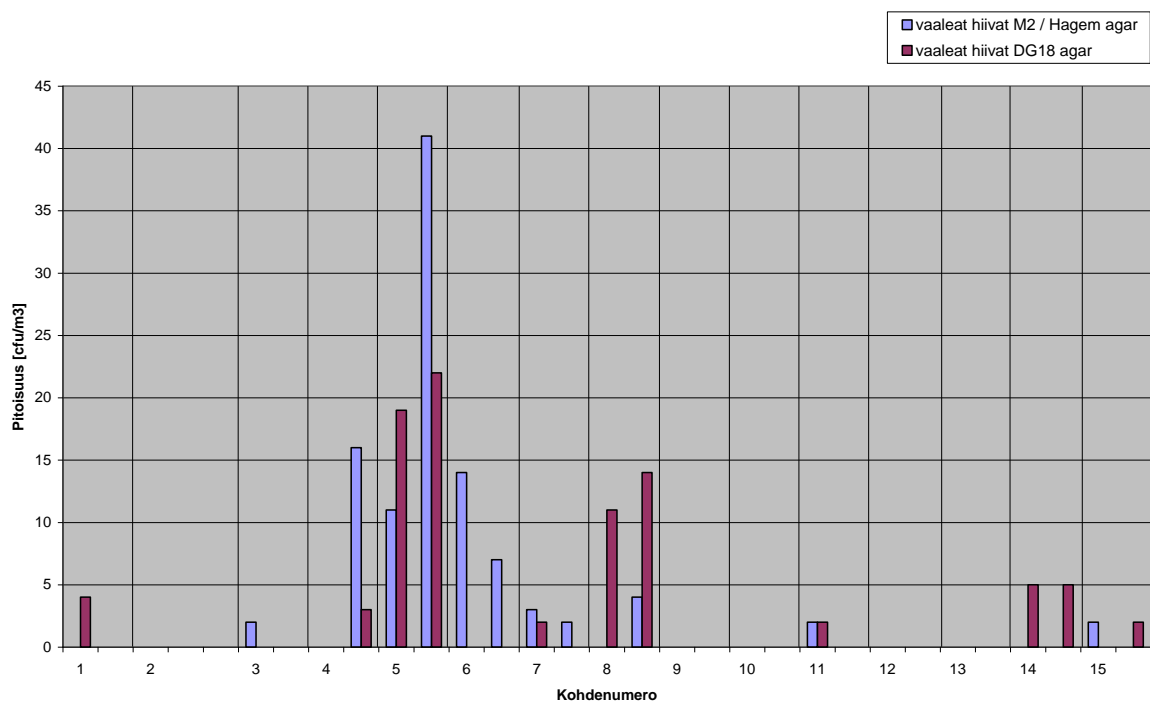
Kuva 45 Asuntojen sisäilman *Sepedonium*-pitoisuudet.



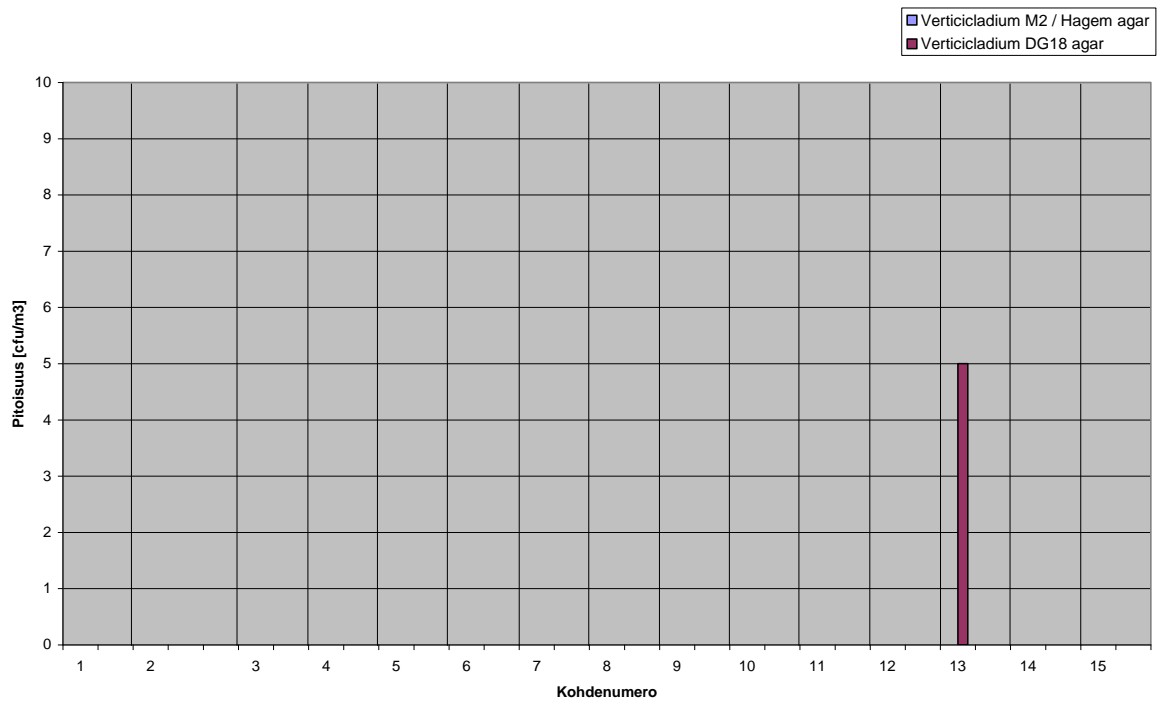
Kuva 46 Asuntojen sisäilman steriilien sienten pitoisuudet.



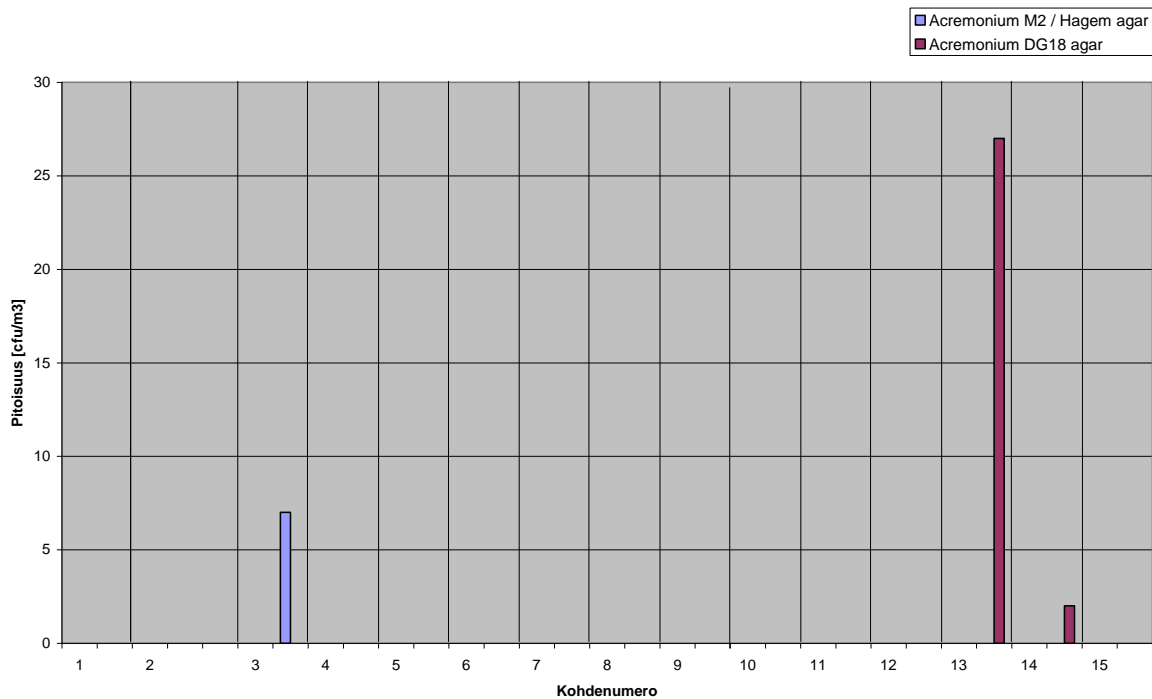
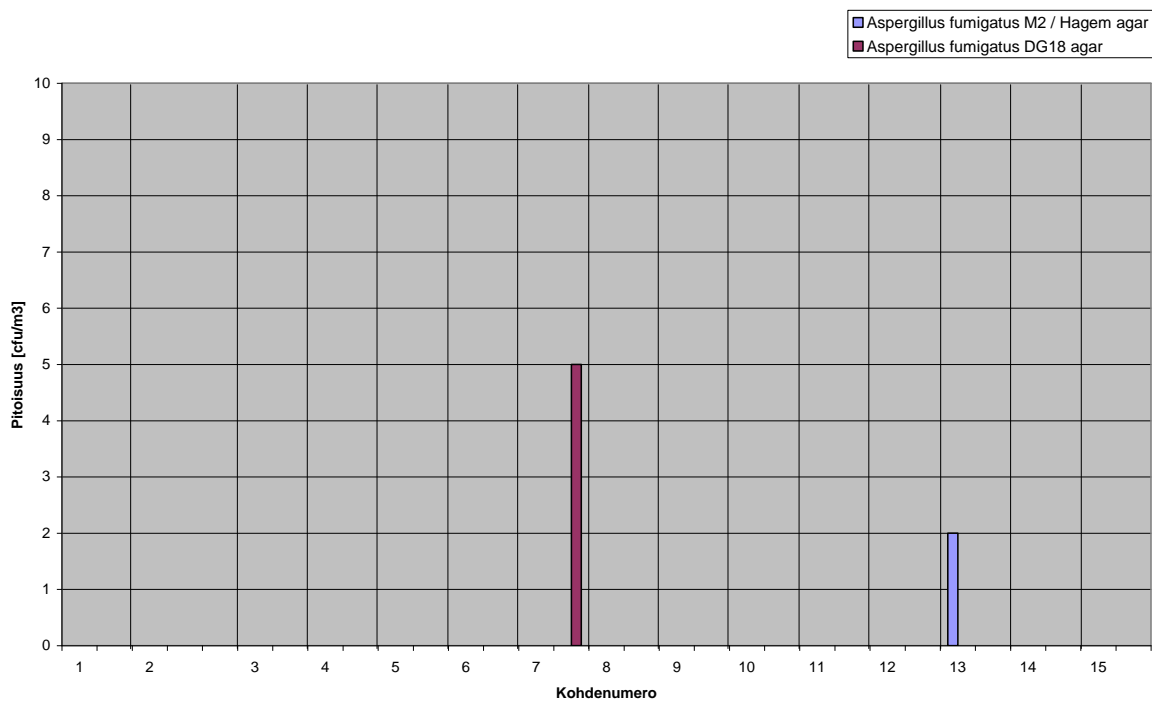
Kuva 47 Asuntojen sisäilman *Syncephalastrum*-pitoisuudet.

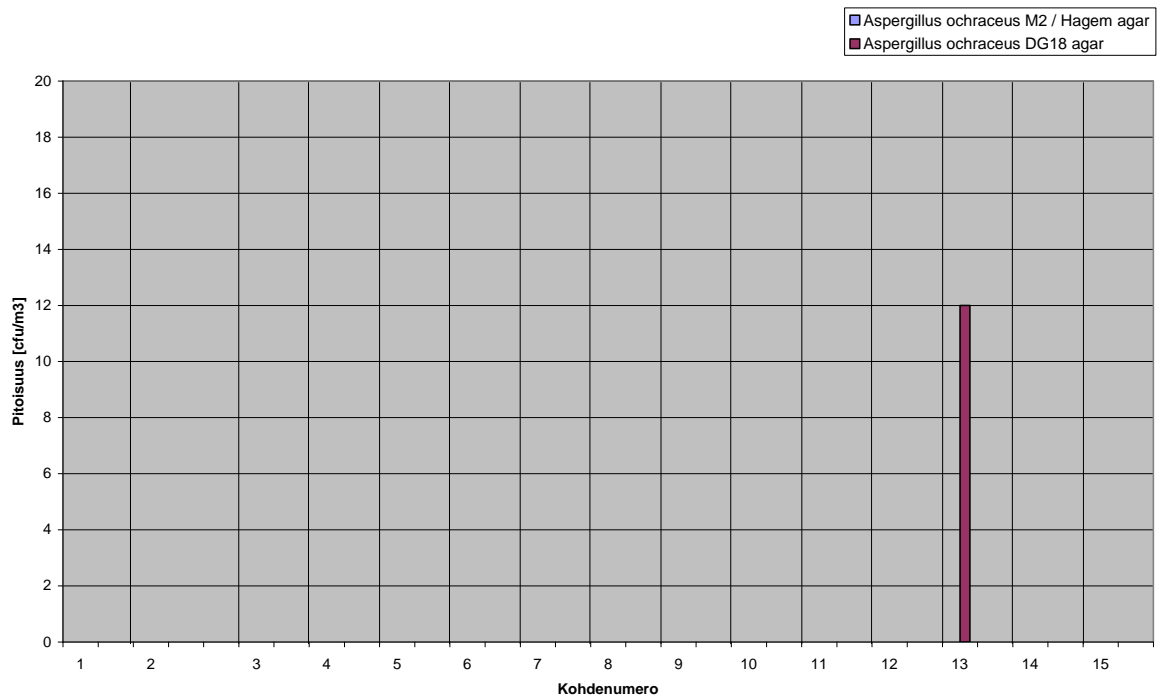


Kuva 48 Asuntojen sisäilman vaaleiden hiivojen pitoisuudet.

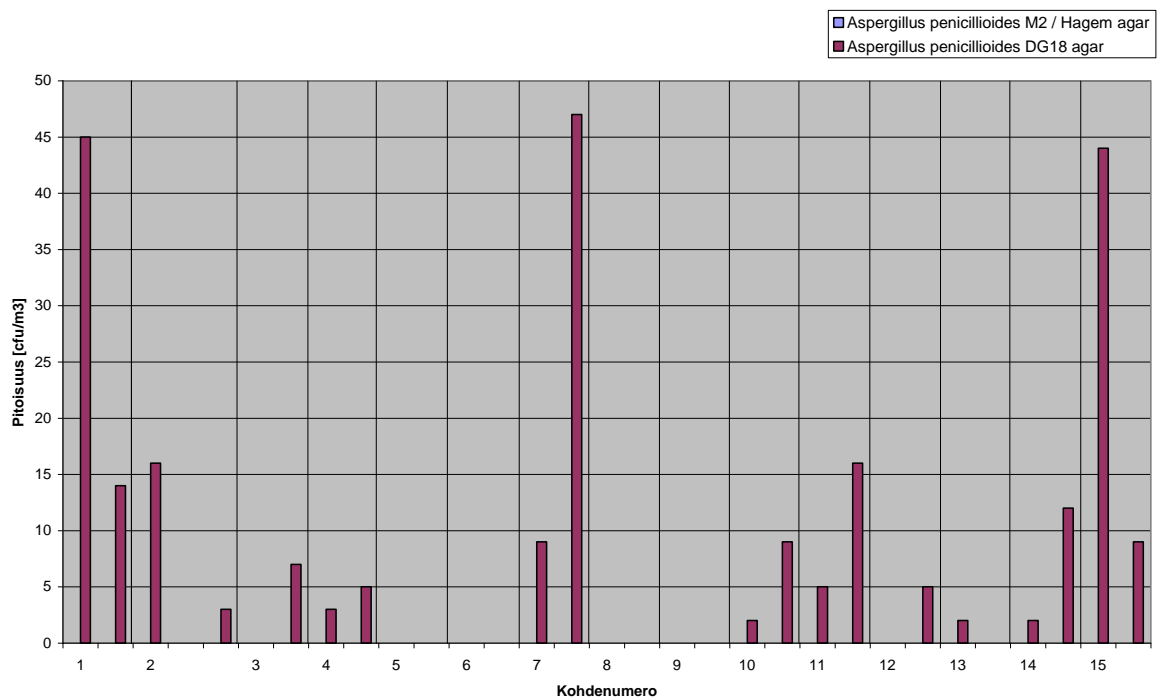


Kuva 49 Asuntojen sisäilman *Verticilladium*-pitoisuudet.

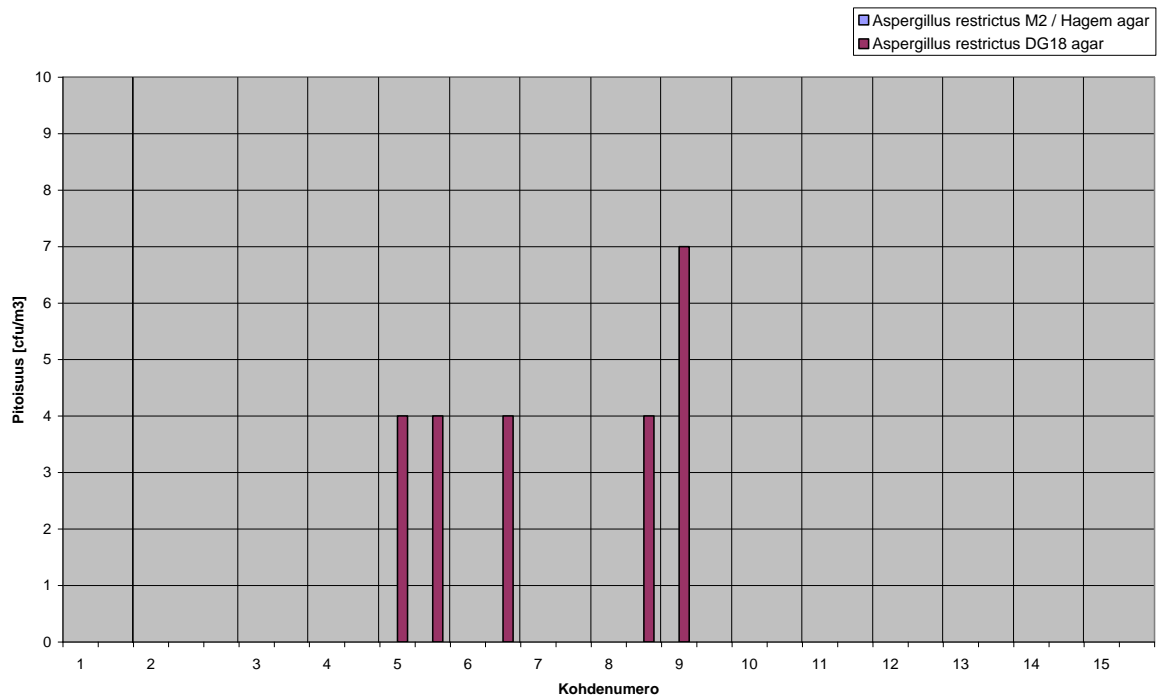
Asuntojen sisäilman kosteusvauriomikrobit**Kuva 50 Asuntojen sisäilman *Acremonium*-pitoisuudet.****Kuva 51 Asuntojen sisäilman *Aspergillus fumigatus* -pitoisuudet.**



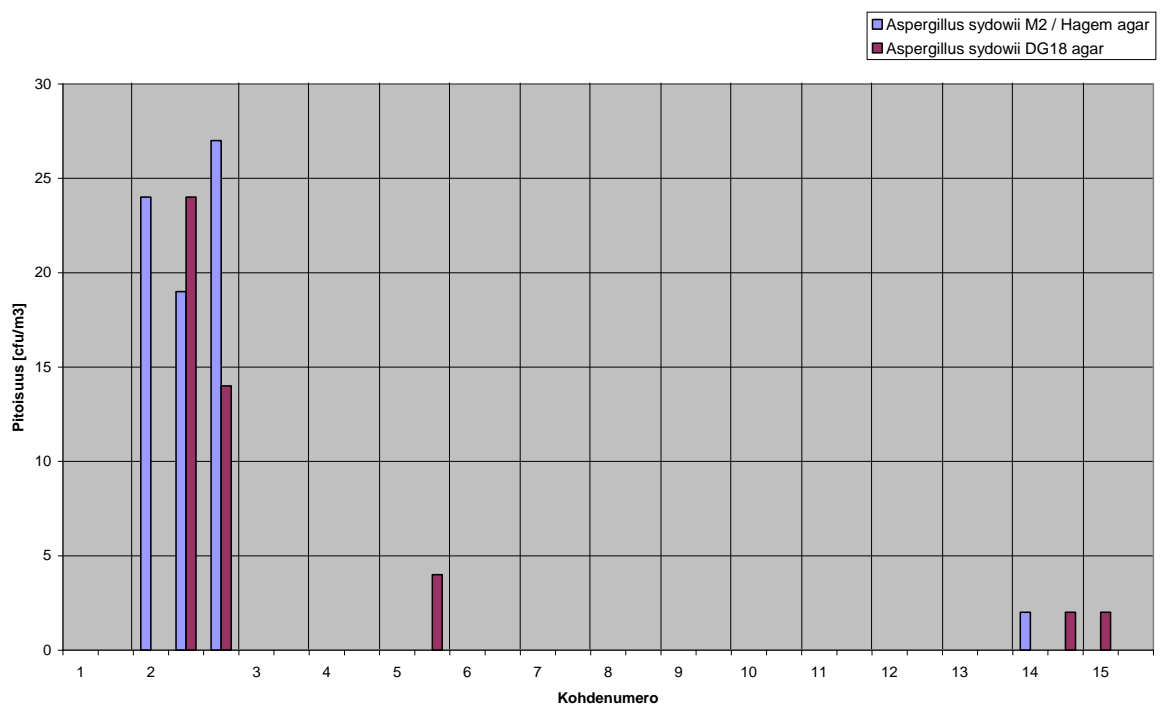
Kuva 52 Asuntojen sisäilman *Aspergillus ochraceus* -pitoisuudet.



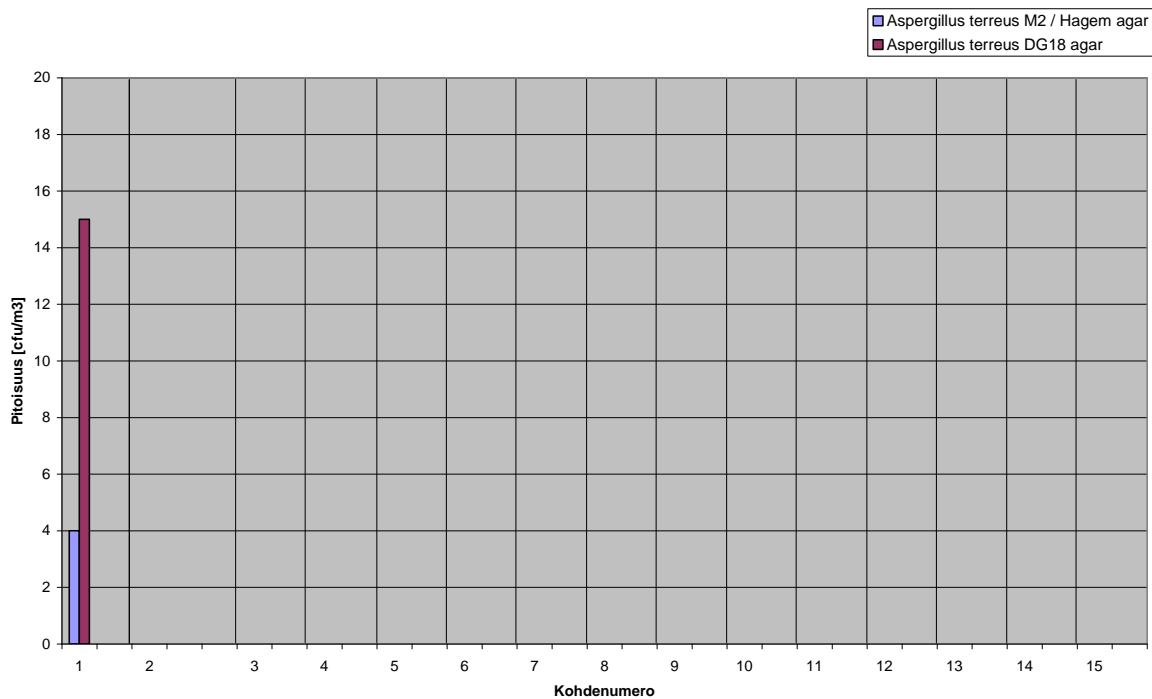
Kuva 53 Asuntojen sisäilman *Aspergillus penicillioides* -pitoisuudet.



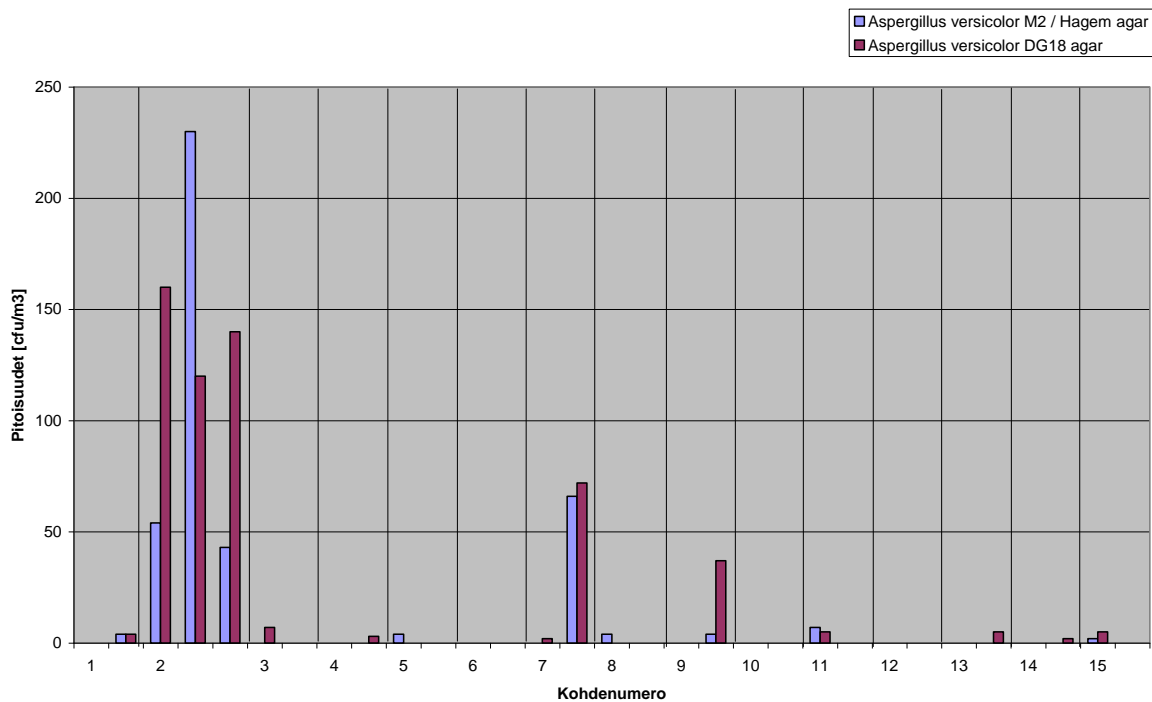
Kuva 54 Asuntojen sisäilman *Aspergillus restrictus* -pitoisuudet.



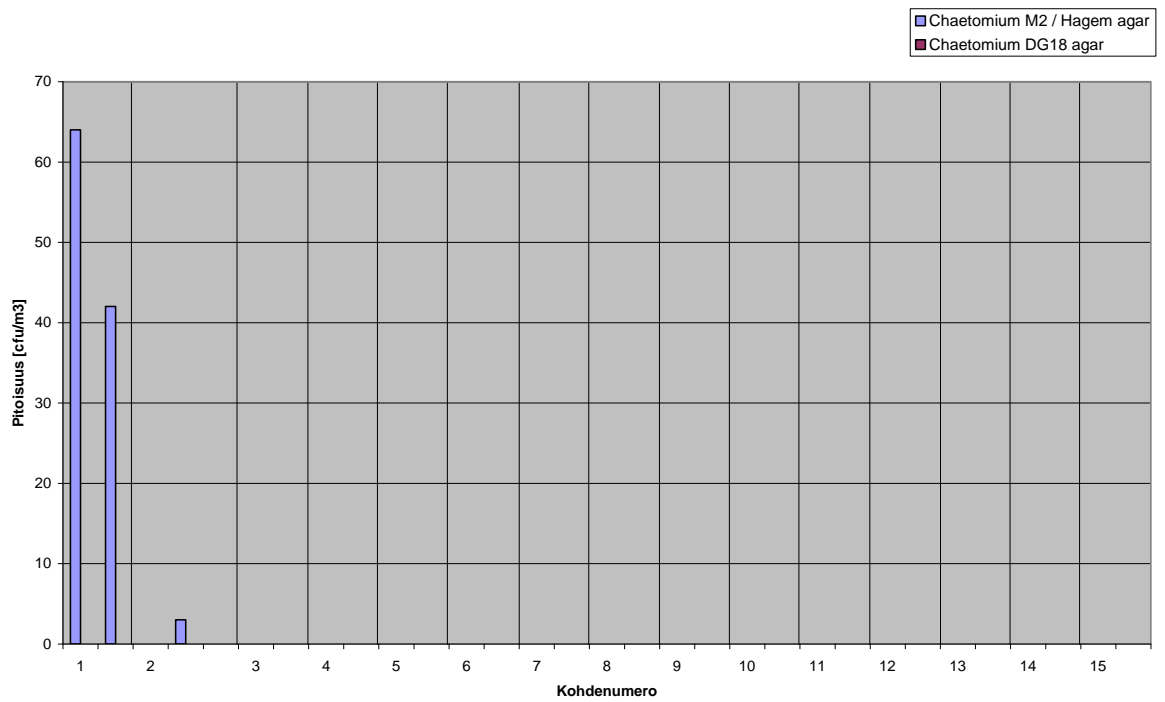
Kuva 55 Asuntojen sisäilman *Aspergillus sydowii* -pitoisuudet.



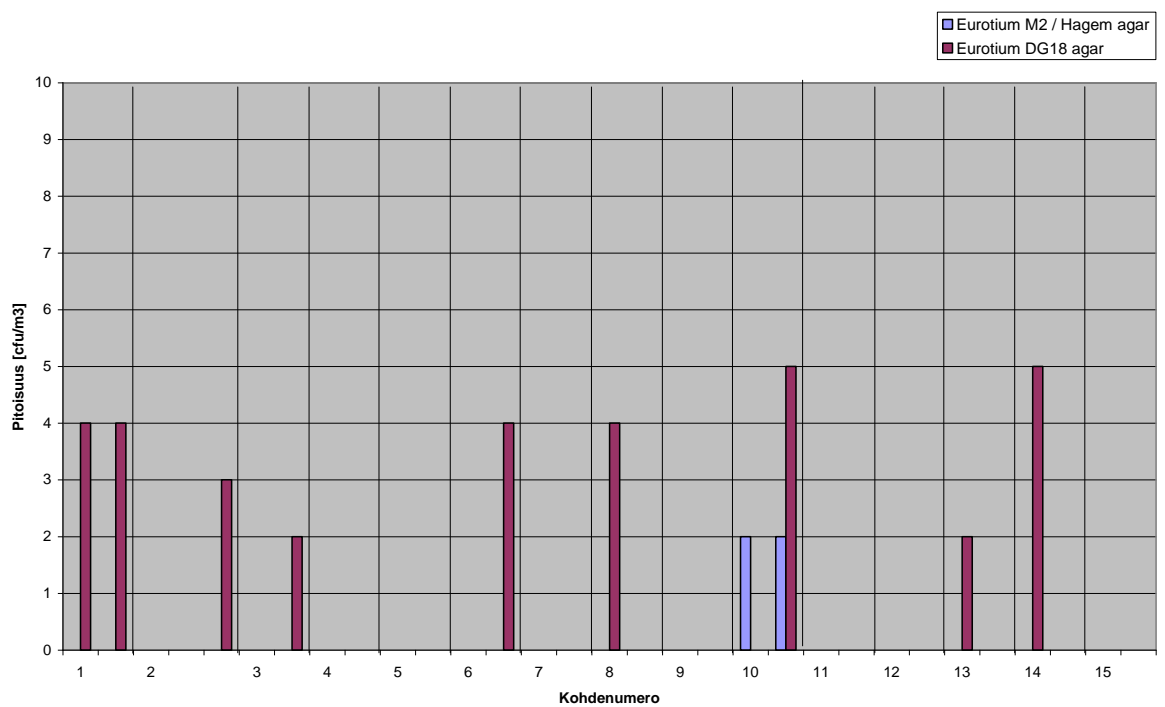
Kuva 56 Asuntojen sisäilman *Aspergillus terreus*-pitoisuudet.



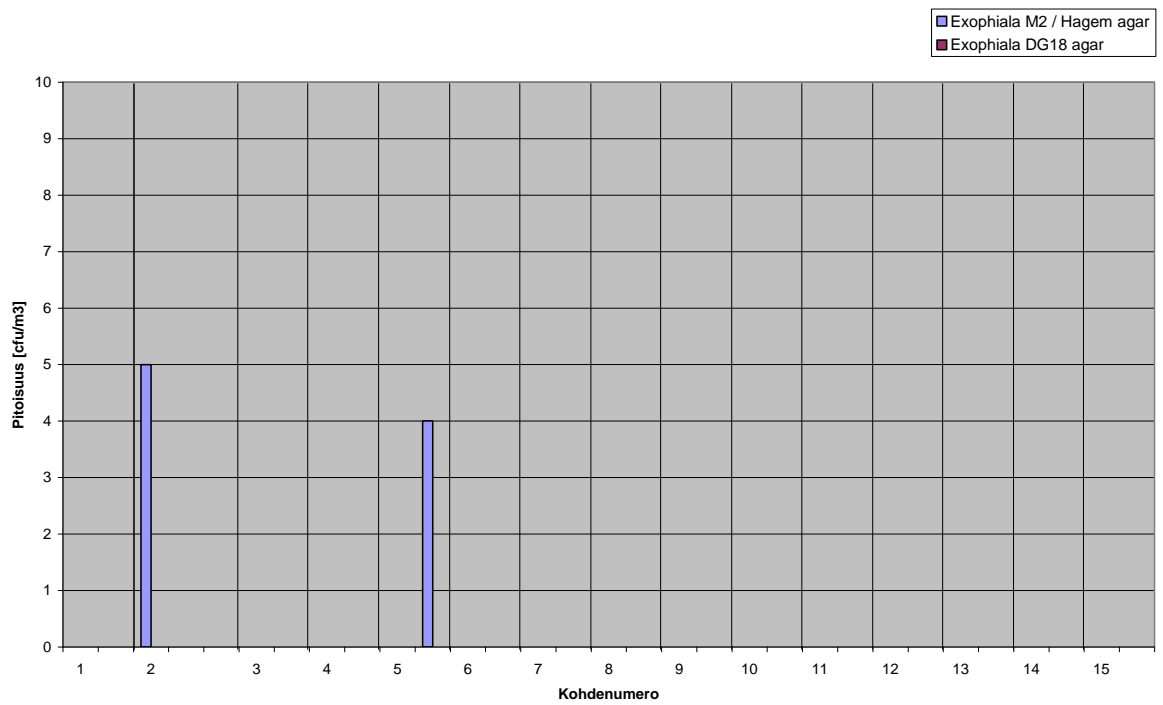
Kuva 57 Asuntojen sisäilman *Aspergillus versicolor*-pitoisuudet.



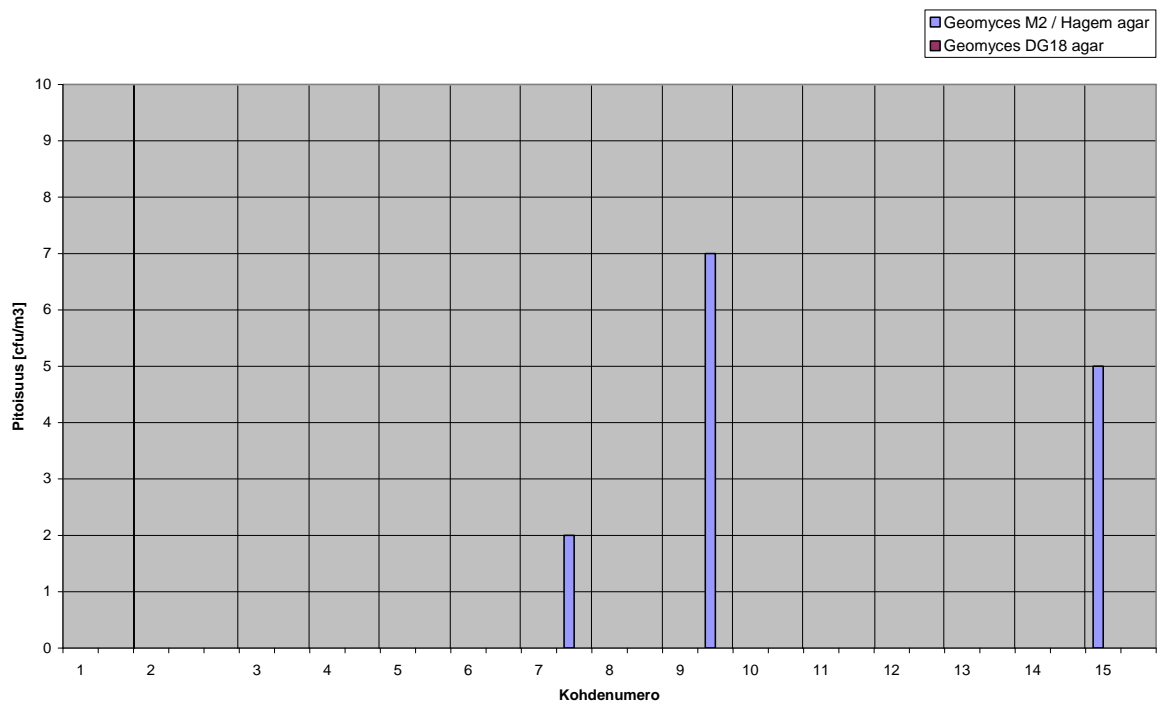
Kuva 58 Asuntojen sisäilman *Chaetomium*-pitoisuudet.



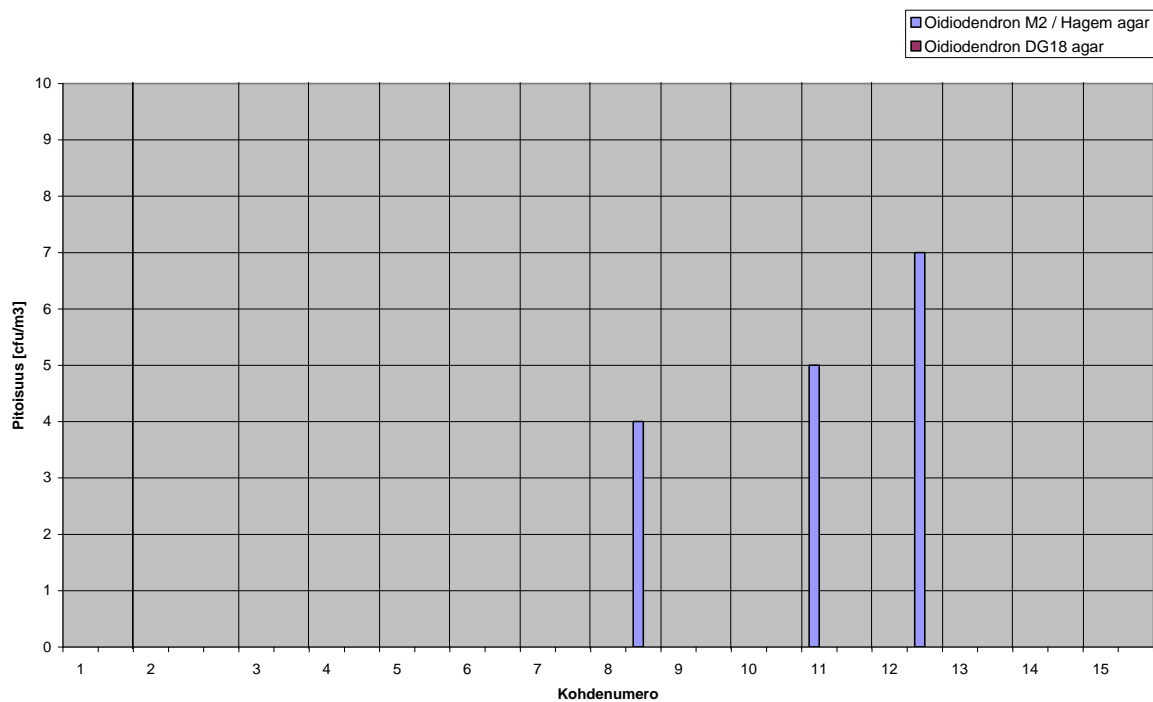
Kuva 59 Asuntojen sisäilman *Eurotium*-pitoisuudet.



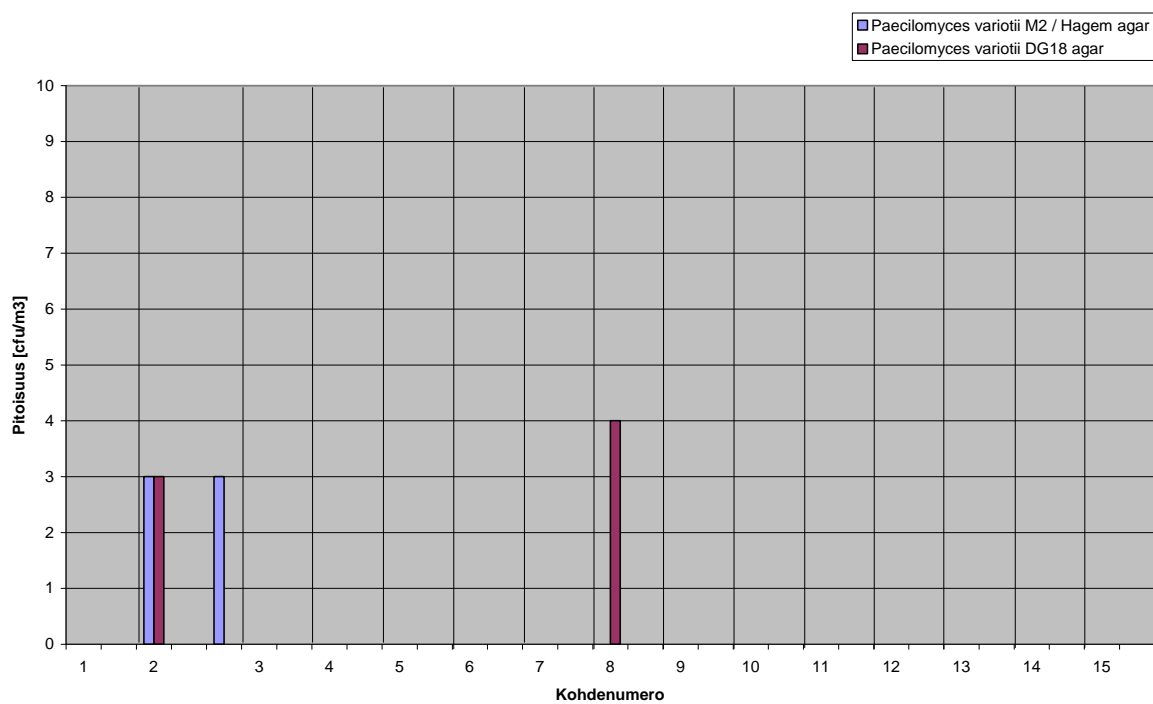
Kuva 60 Asuntojen sisäilman *Exophiala*-pitoisuudet.



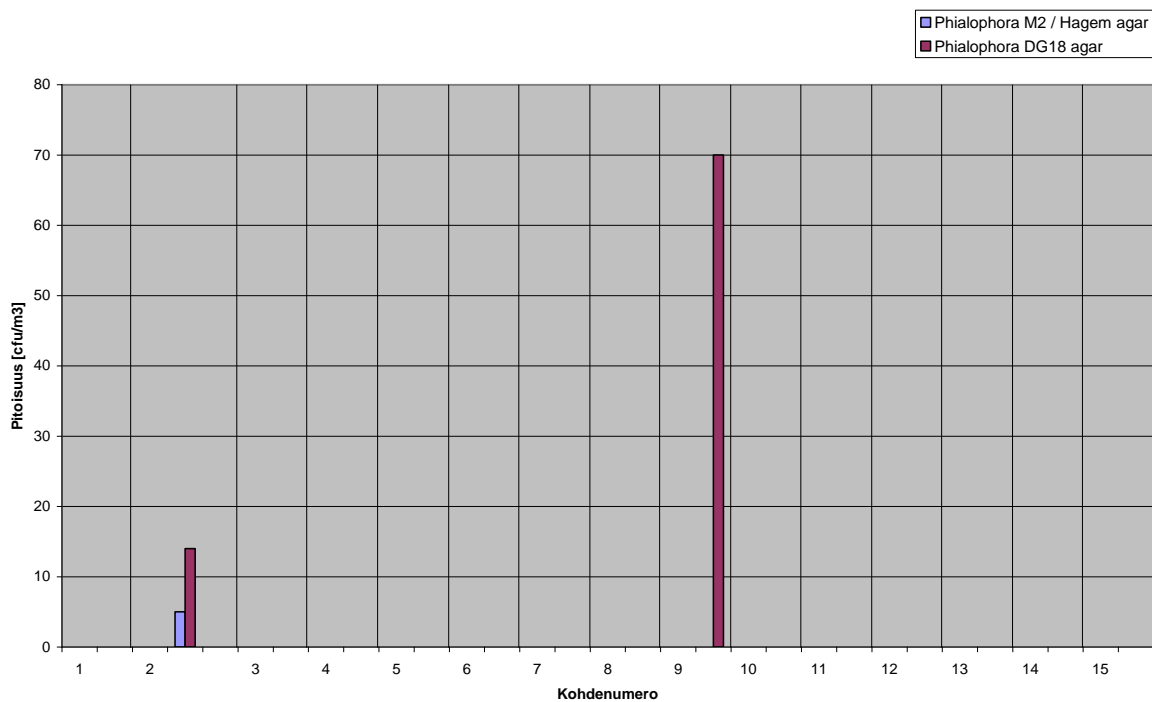
Kuva 61 Asuntojen sisäilman *Geomyces*-pitoisuudet.



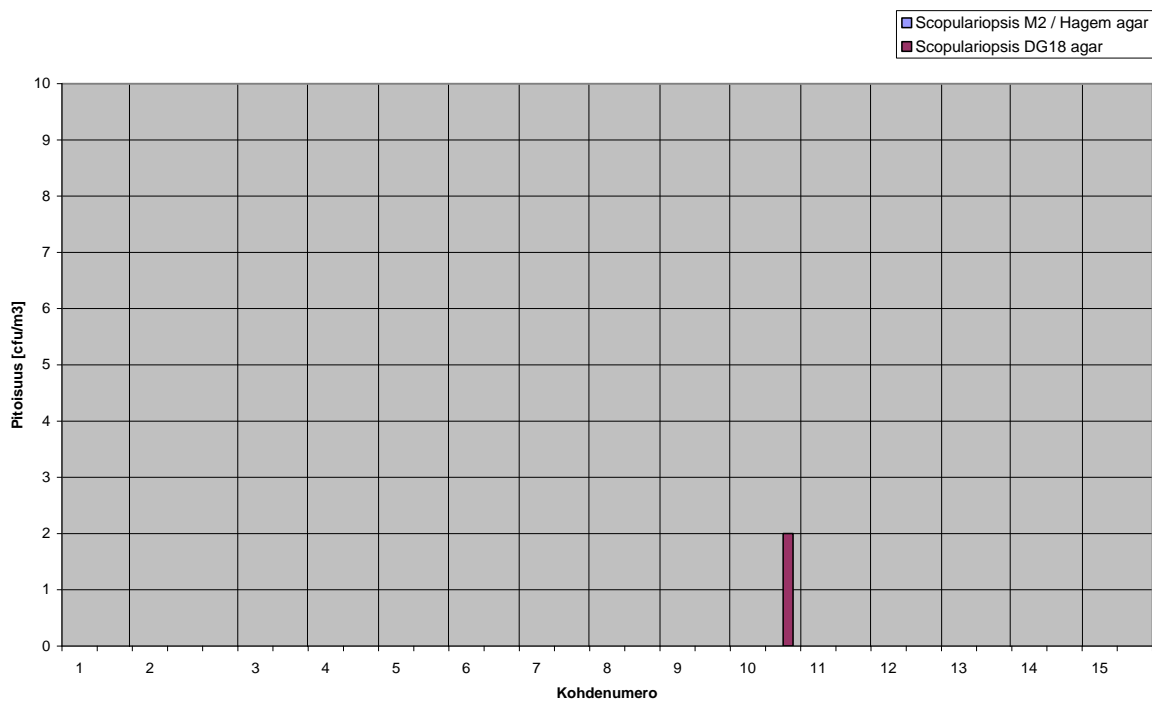
Kuva 62 Asuntojen sisäilman *Oidiodendron*-pitoisuudet.



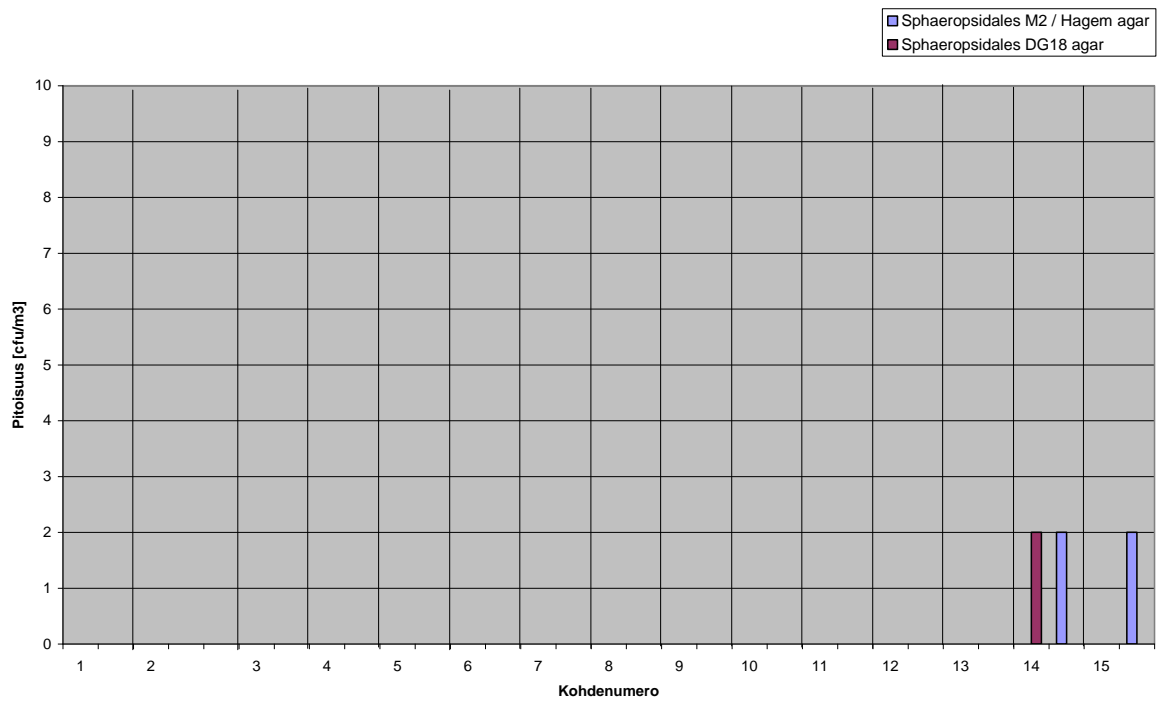
Kuva 63 Asuntojen sisäilman *Paecilomyces variotii* -pitoisuudet.



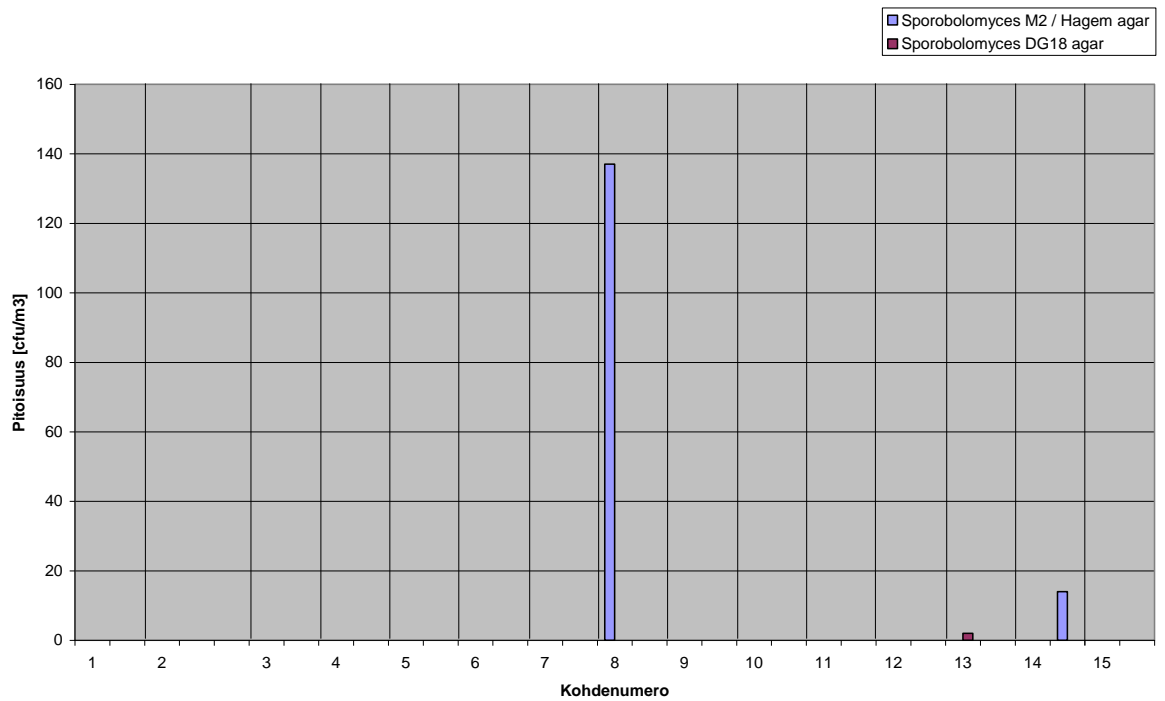
Kuva 64 Asuntojen sisäilman *Phialophora*-pitoisuudet.



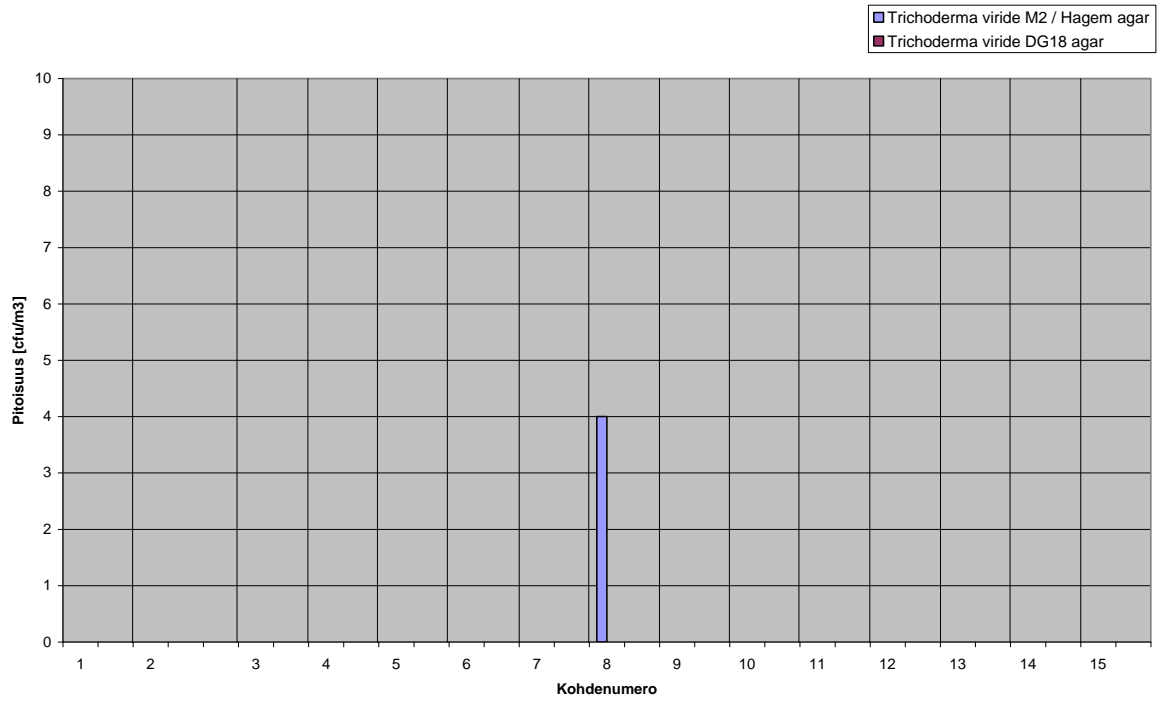
Kuva 65 Asuntojen sisäilman *Scopulariopsis*-pitoisuudet.



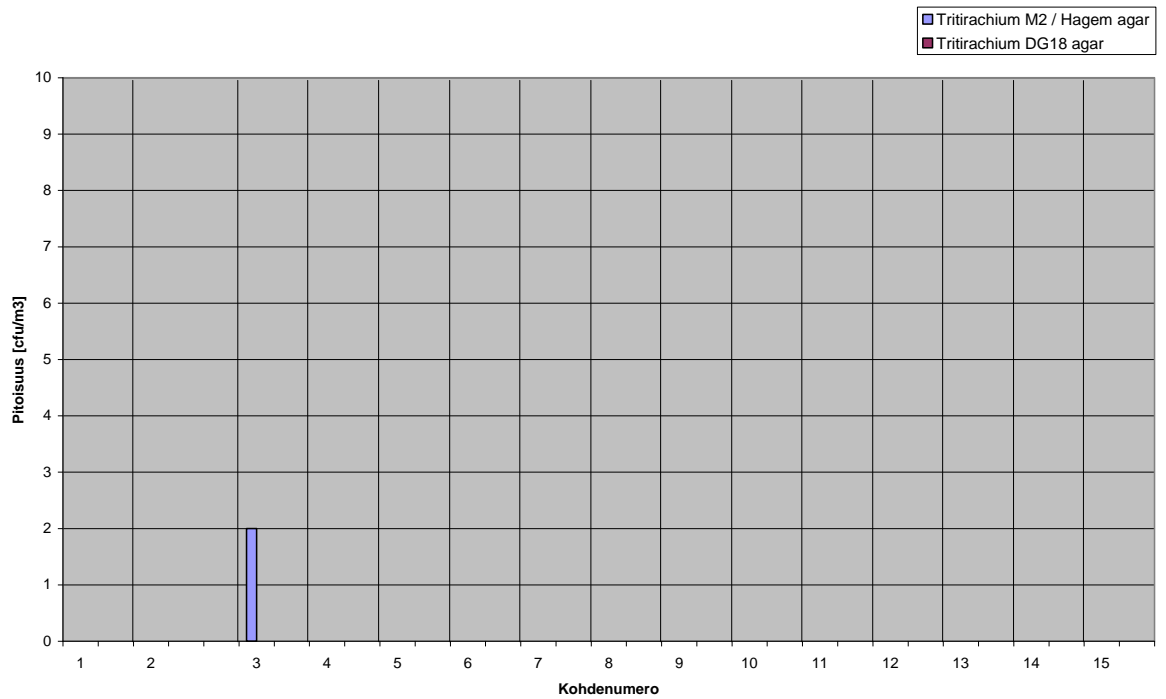
Kuva 66 Asuntojen sisäilman *Sphaeropsidales*-pitoisuudet.



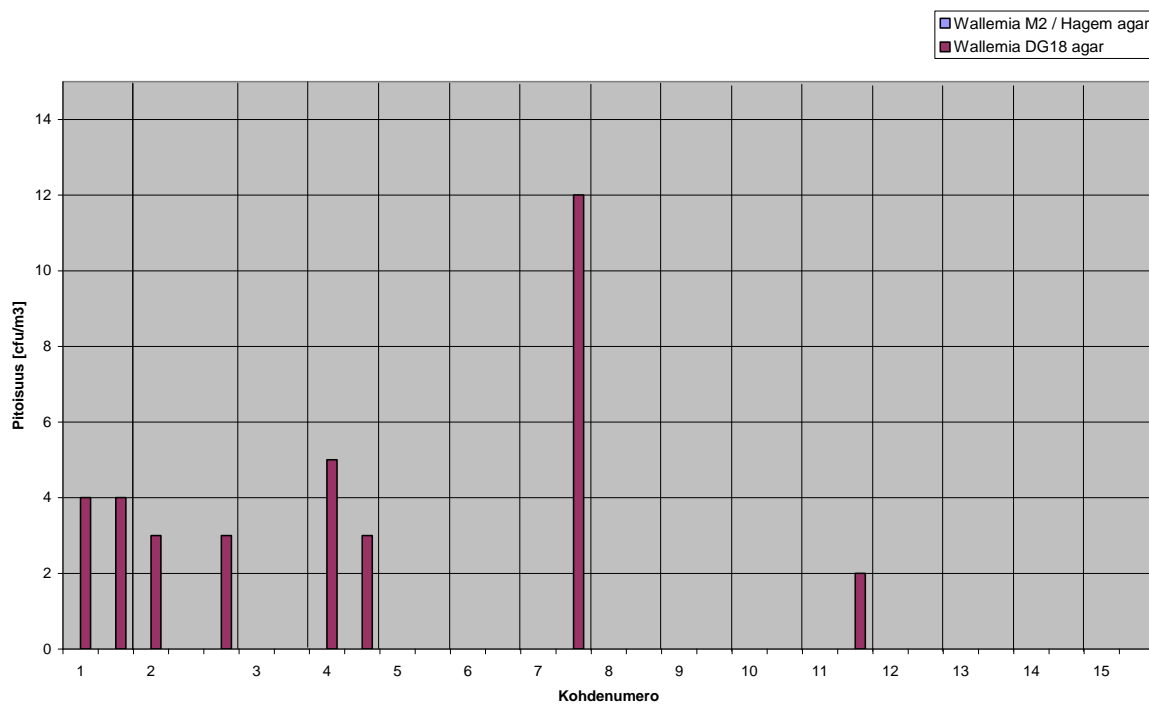
Kuva 67 Asuntojen sisäilman *Sporobolomyces*-pitoisuudet.



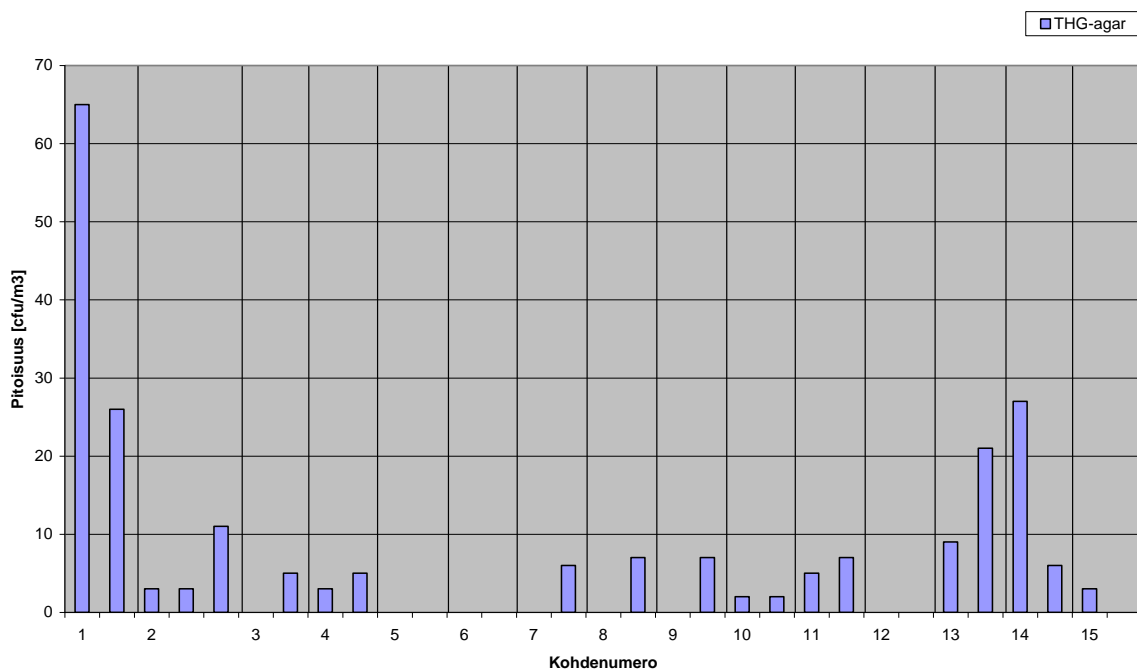
Kuva 68 Asuntojen sisäilman *Trichoderma viride*-pitoisuudet.



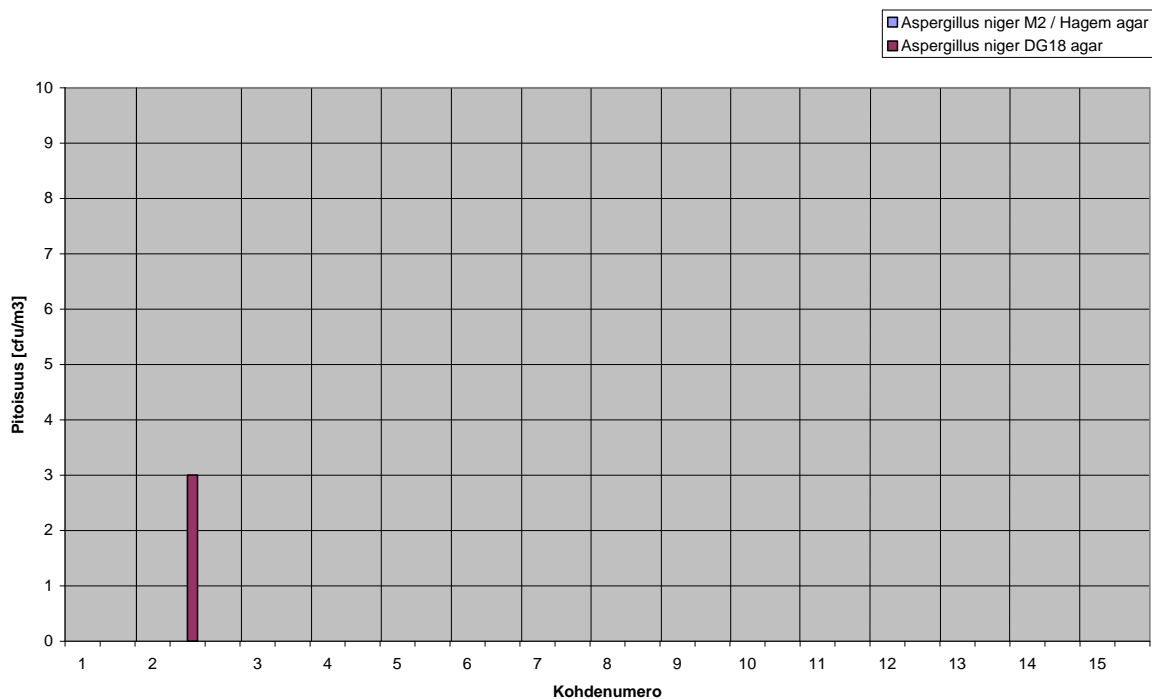
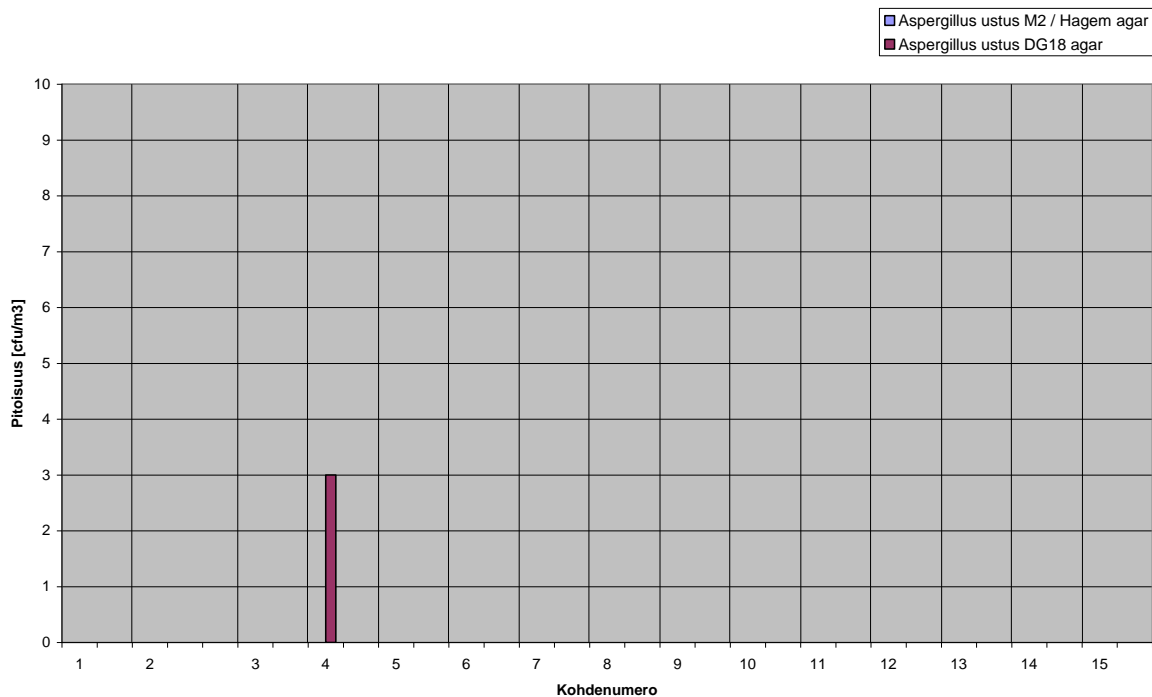
Kuva 69 Asuntojen sisäilman *Tritirachium*-pitoisuudet.

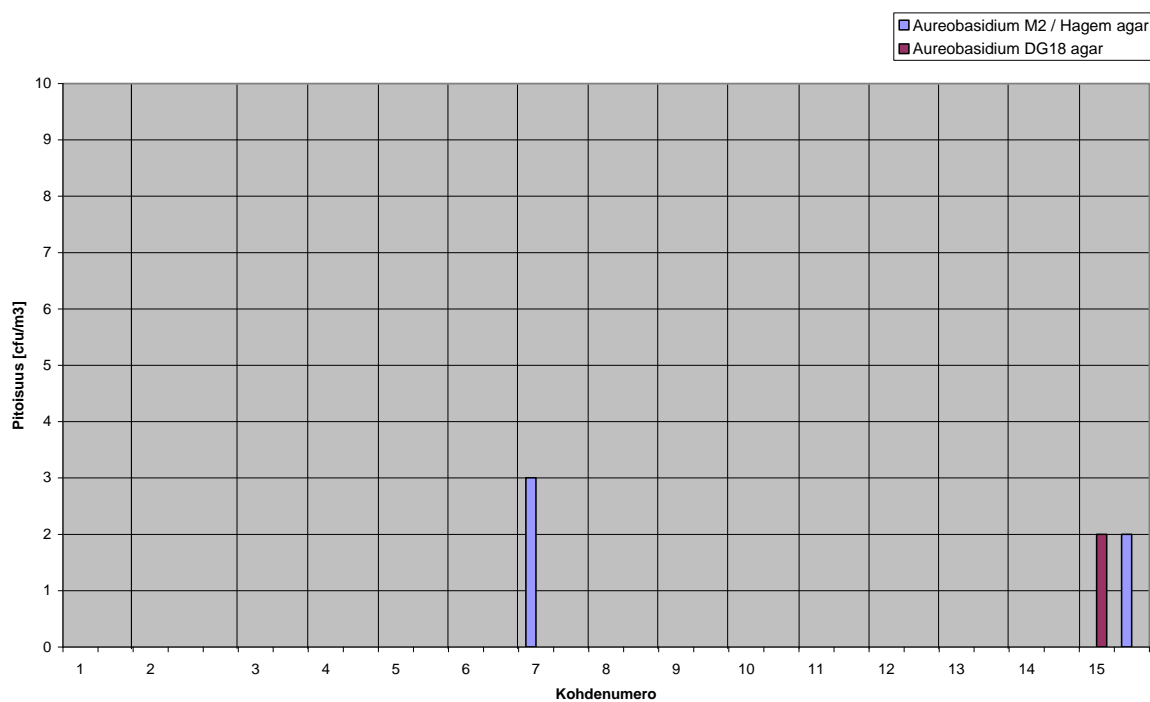


Kuva 70 Asuntojen sisäilman *Wallemia*-pitoisuudet.

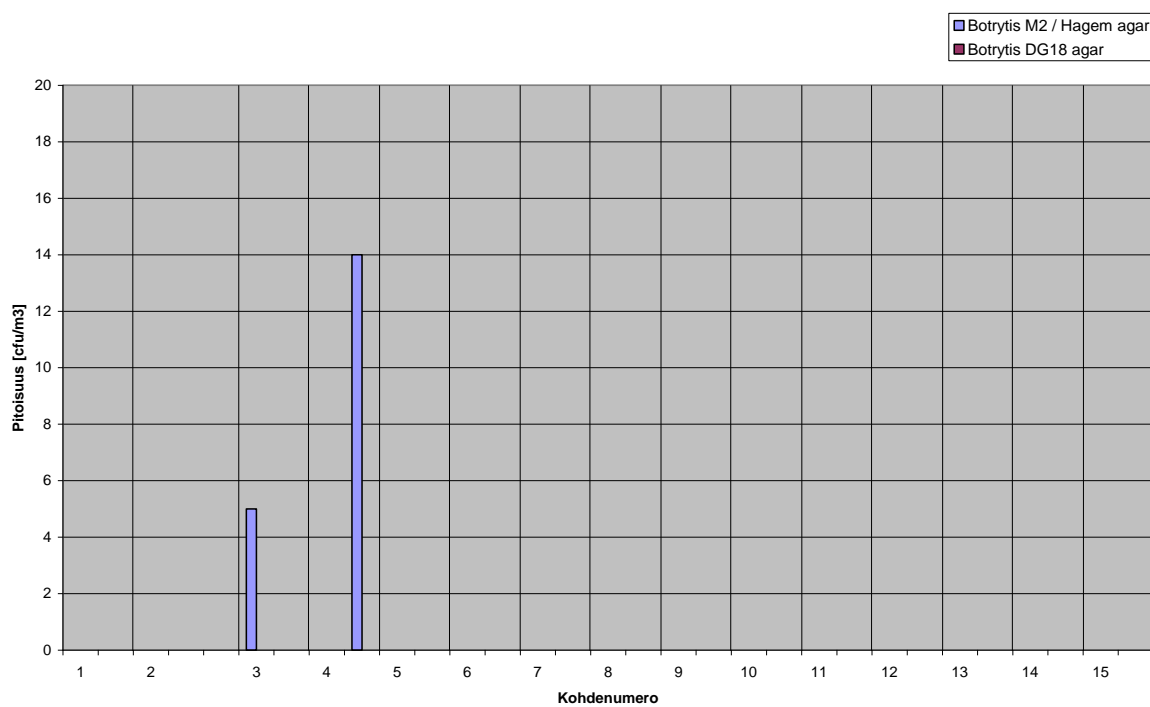


Kuva 71 Asuntojen sisäilman aktinobakteeripitoisuudet.

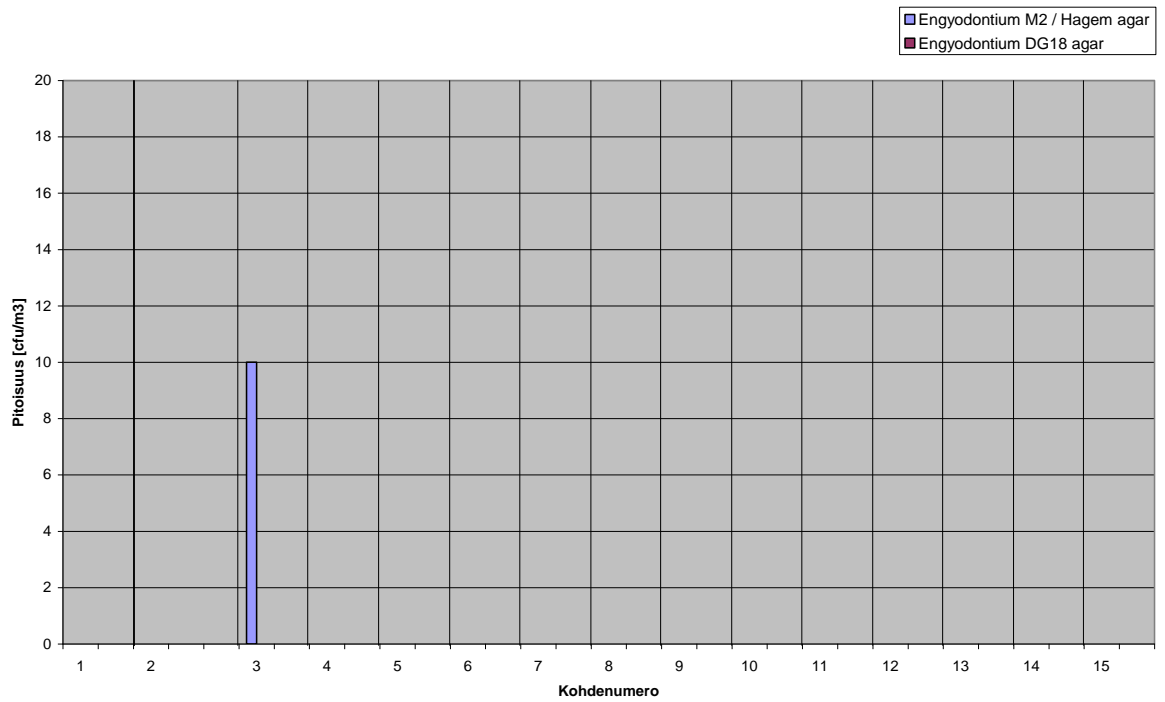
Asuntojen sisäilman indikaattorimerkitykseltään avoimet mikrobit**Kuva 72 Asuntojen sisäilman *Aspergillus niger* -pitoisuudet.****Kuva 73 Asuntojen sisäilman *Aspergillus ustus* -pitoisuudet.**



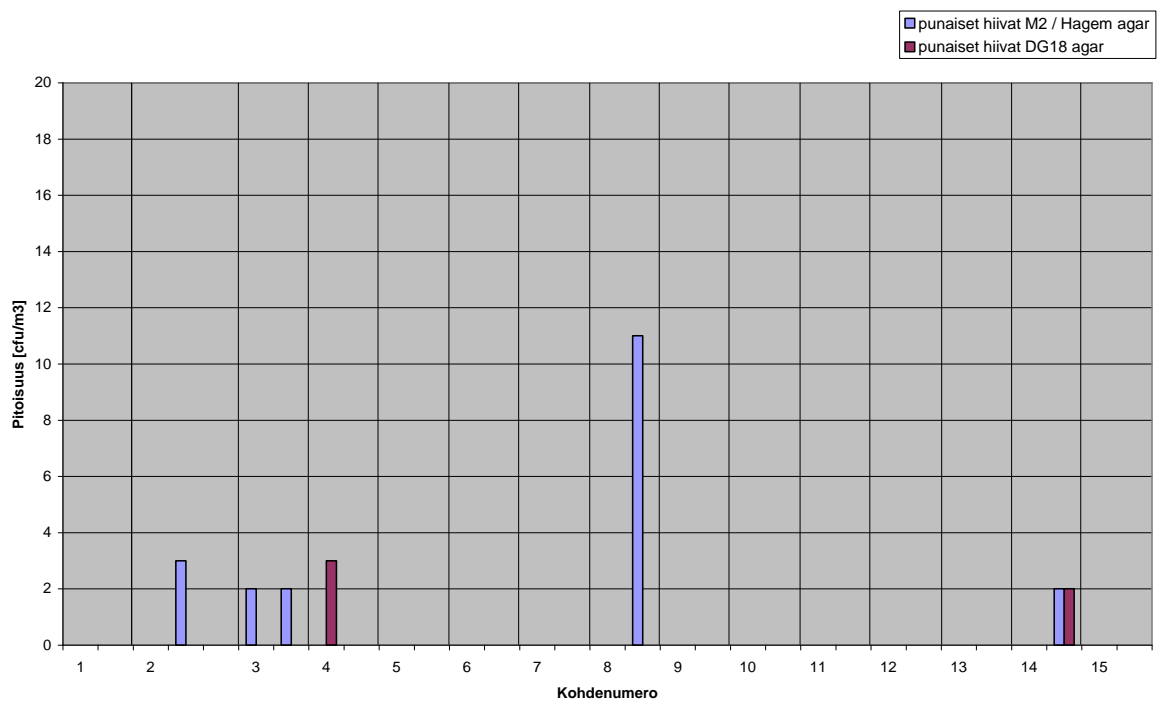
Kuva 74 Asuntojen sisäilman *Aureobasidium*-pitoisuudet.



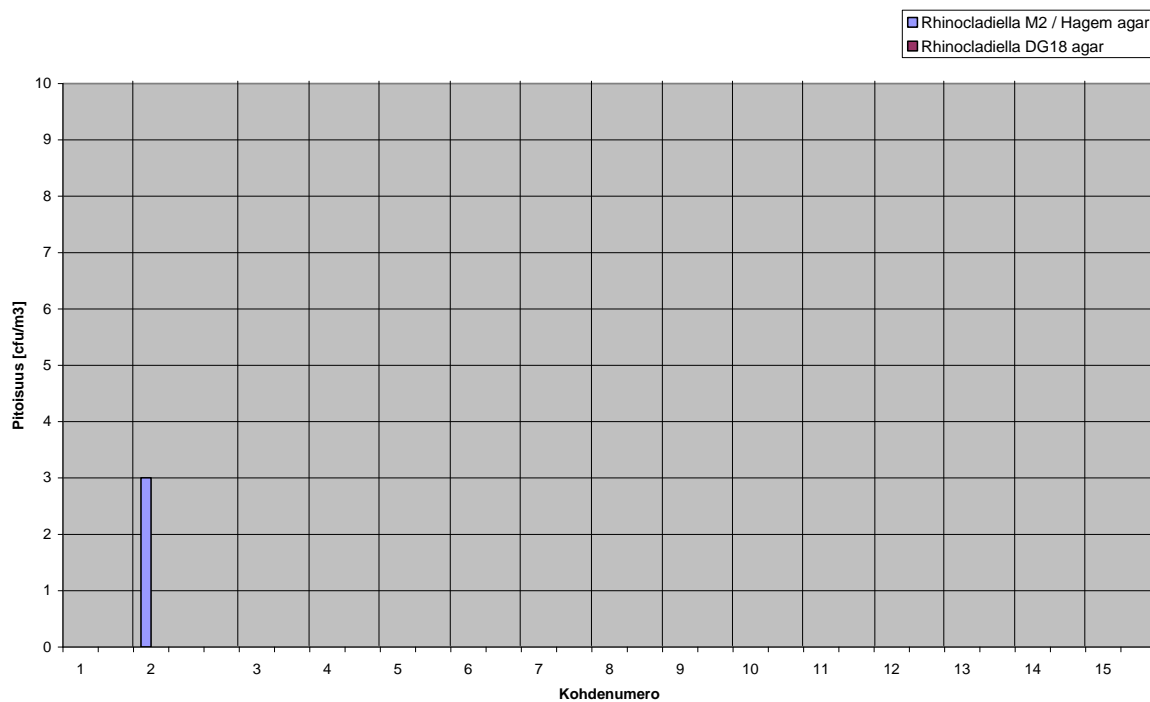
Kuva 75 Asuntojen sisäilman *Botrytis*-pitoisuudet.



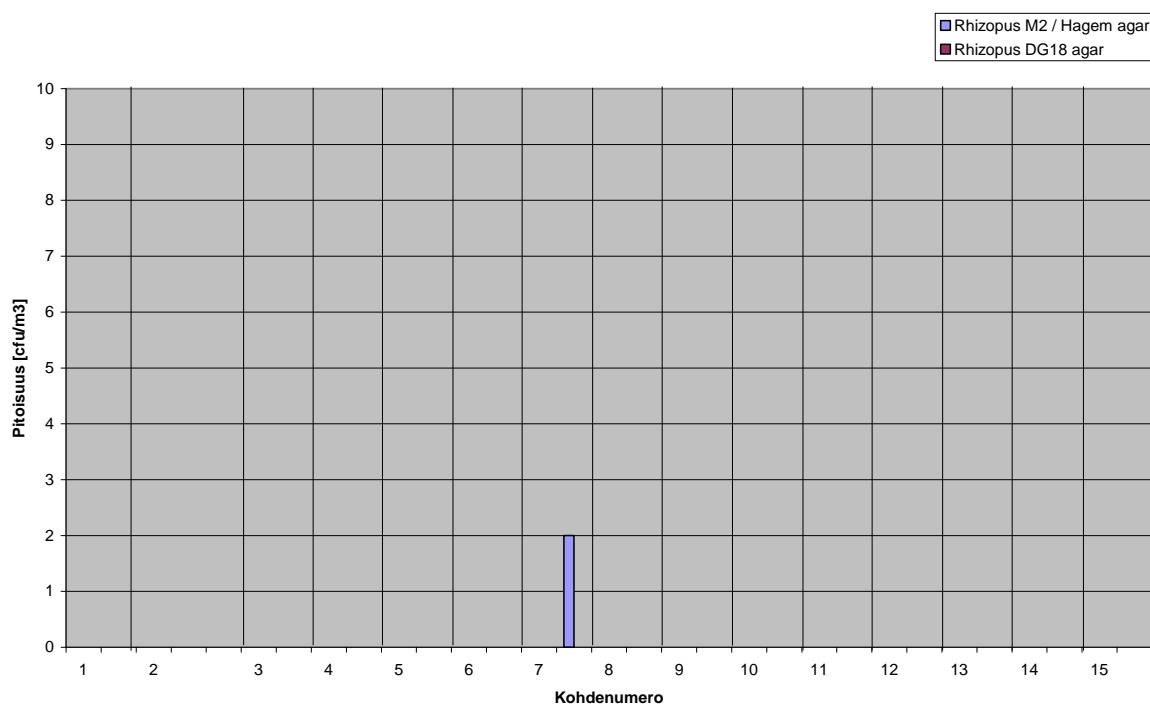
Kuva 76 Asuntojen sisäilman *Engyodontium*-pitoisuudet.



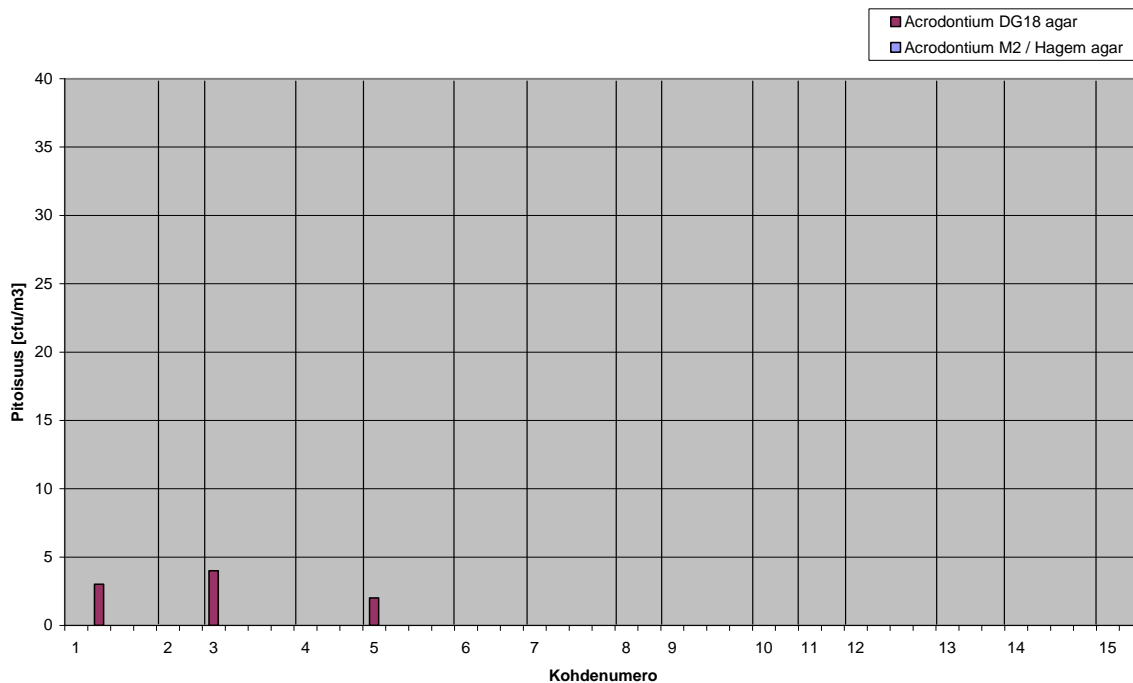
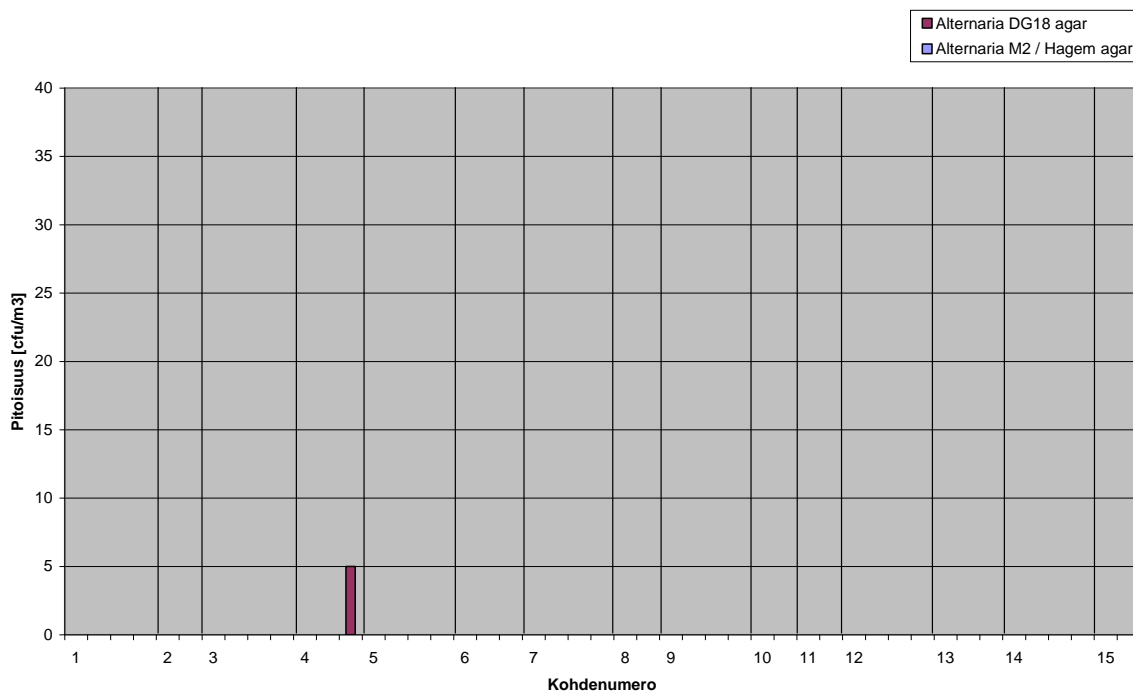
Kuva 77 Asuntojen sisäilman punaisten hiivojen pitoisuudet.

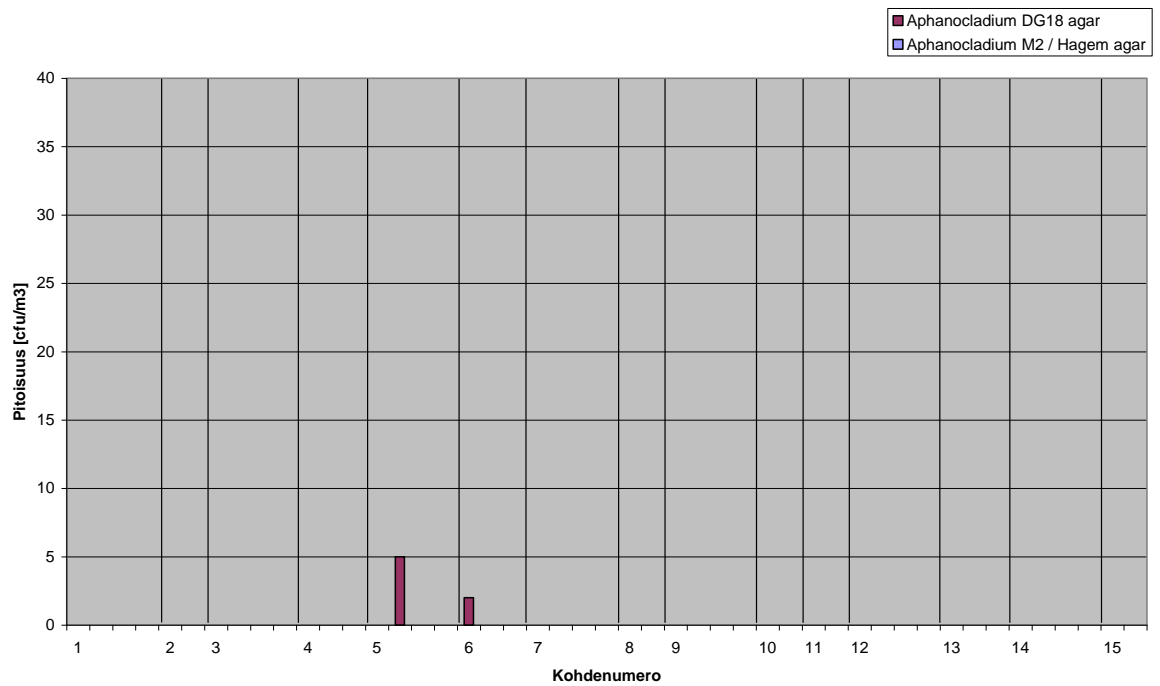


Kuva 78 Asuntojen sisäilman *Rhinocladia*-pitoisuudet.

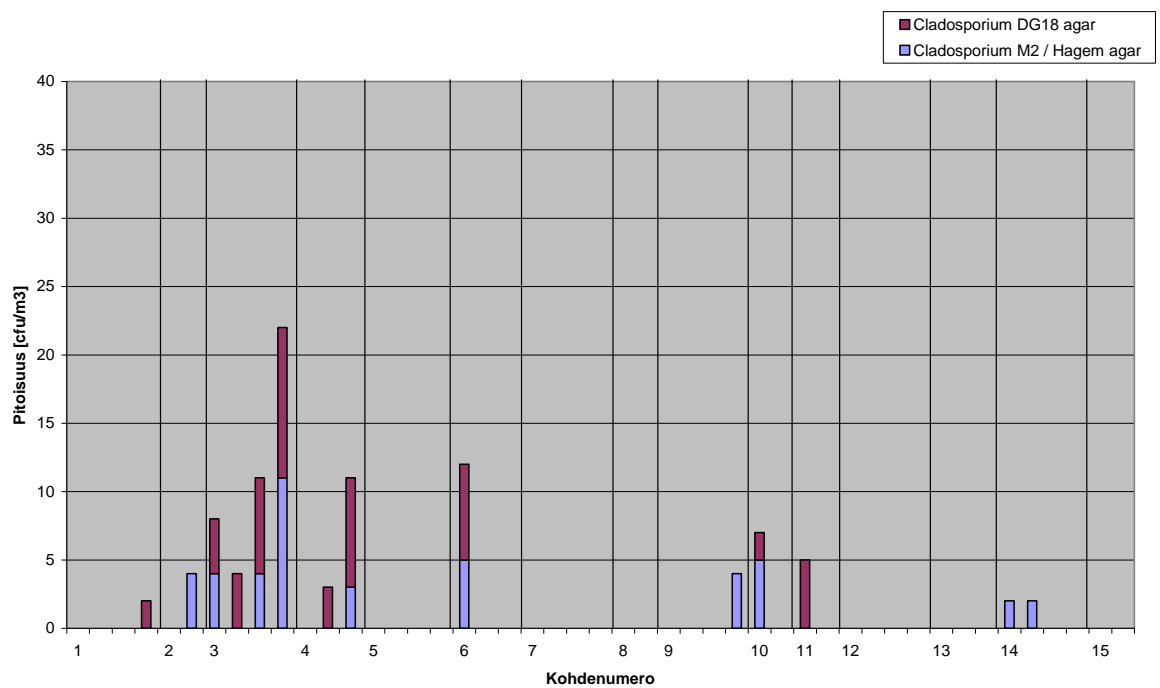


Kuva 79 Asuntojen sisäilman *Rhizopus*-pitoisuudet.

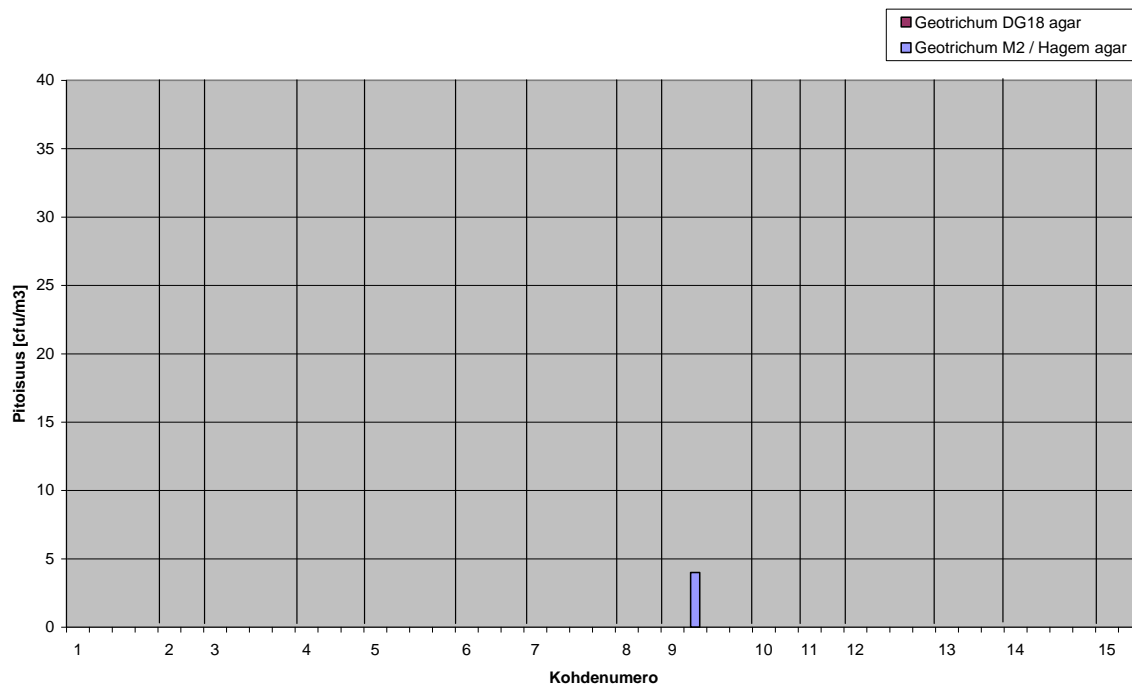
Toimistotilojen sisäilman tavanomaiset sieni-itiöt**Kuva 80 Toimistotilojen sisäilman *Acrodontium*-pitoisuudet.****Kuva 81 Toimistotilojen sisäilman *Alternaria*-pitoisuudet.**



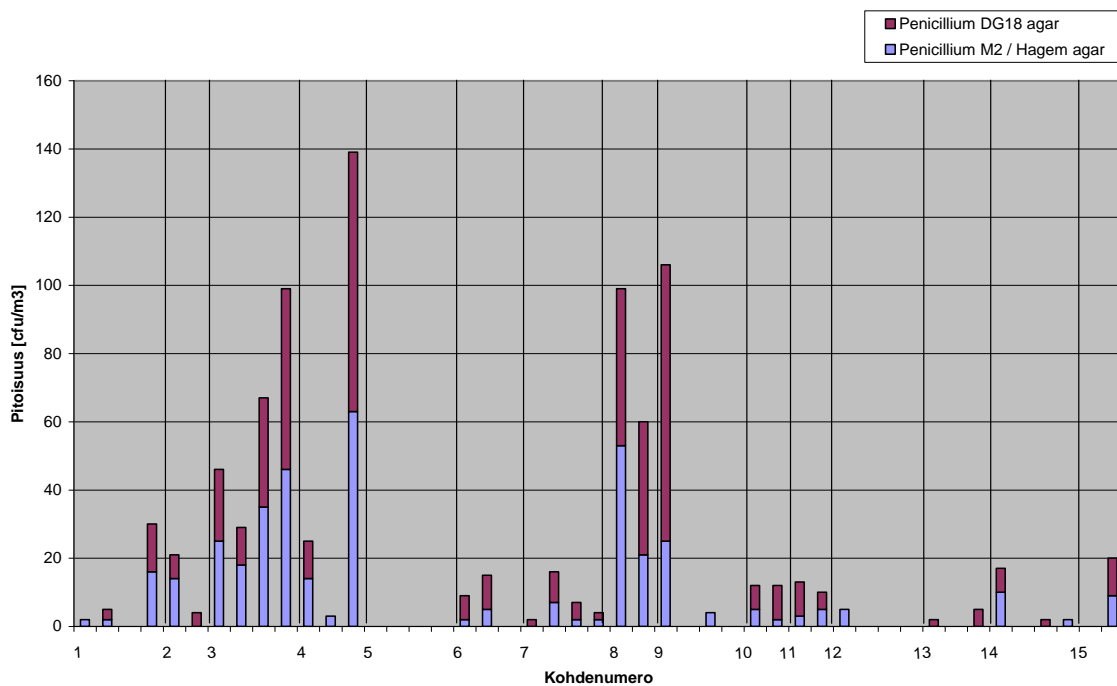
Kuva 82 Toimistotilojen sisäilman *Aphanocladium*-pitoisuudet.



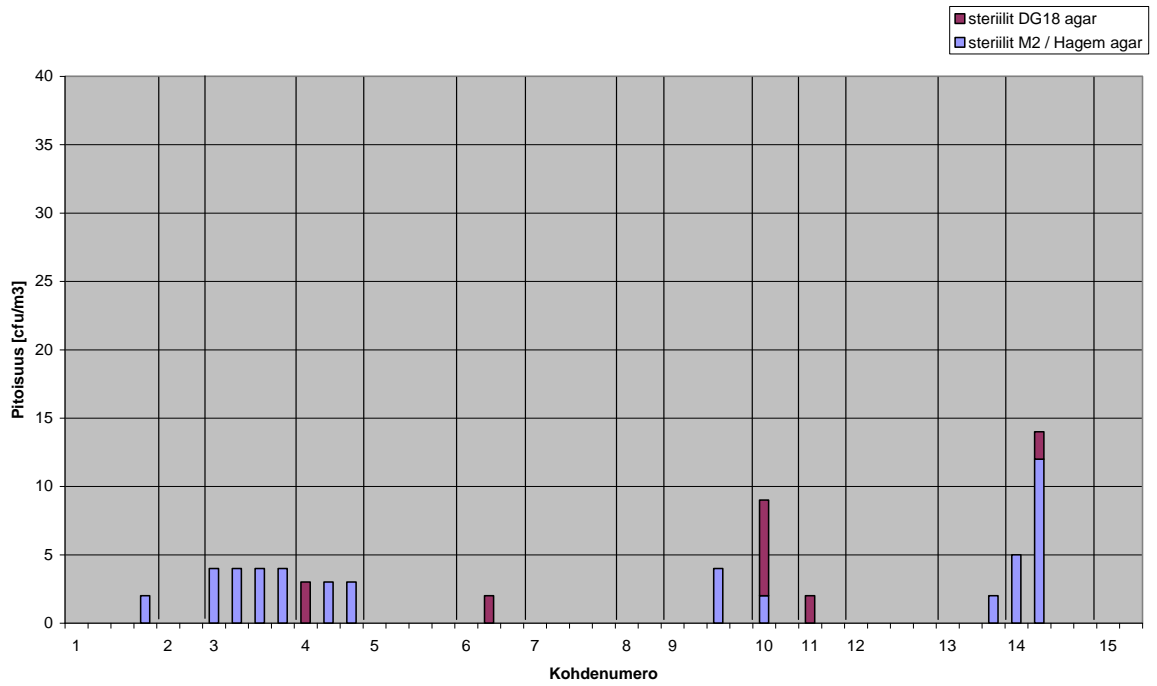
Kuva 83 Toimistotilojen sisäilman *Cladosporium*-pitoisuudet.



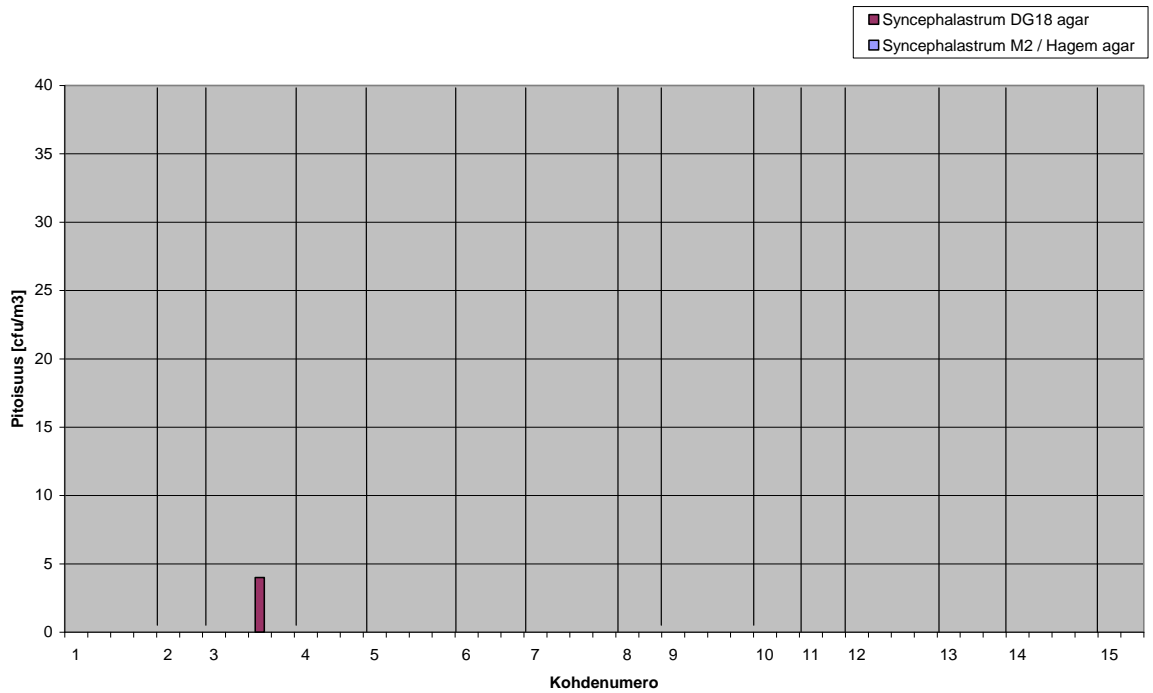
Kuva 84 Toimistotilojen sisäilman *Geotrichum*-pitoisuudet.



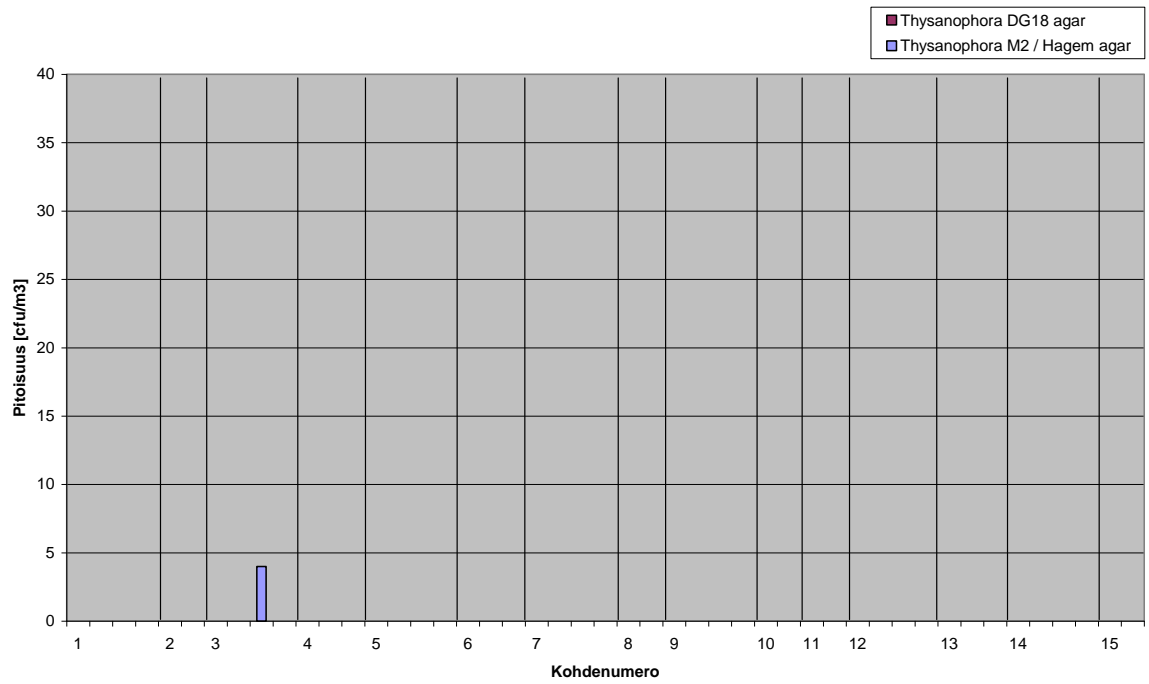
Kuva 85 Toimistotilojen sisäilman *Penicillium*-pitoisuudet.



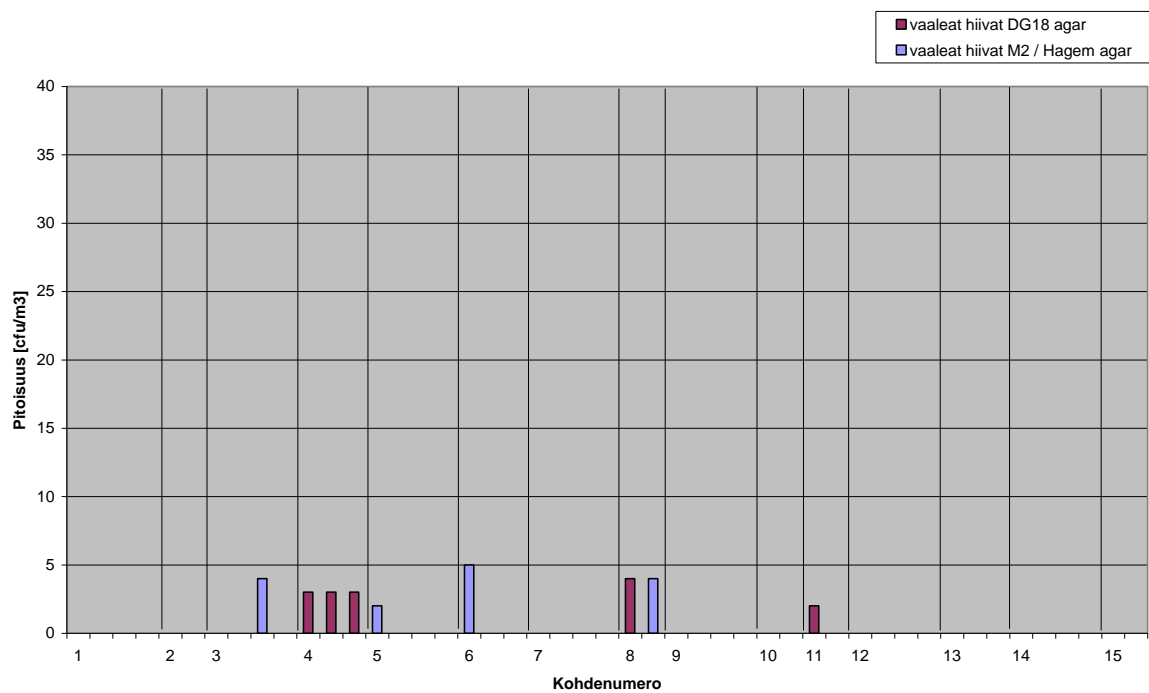
Kuva 86 Toimistotilojen sisäilman steriilien sienten pitoisuudet.



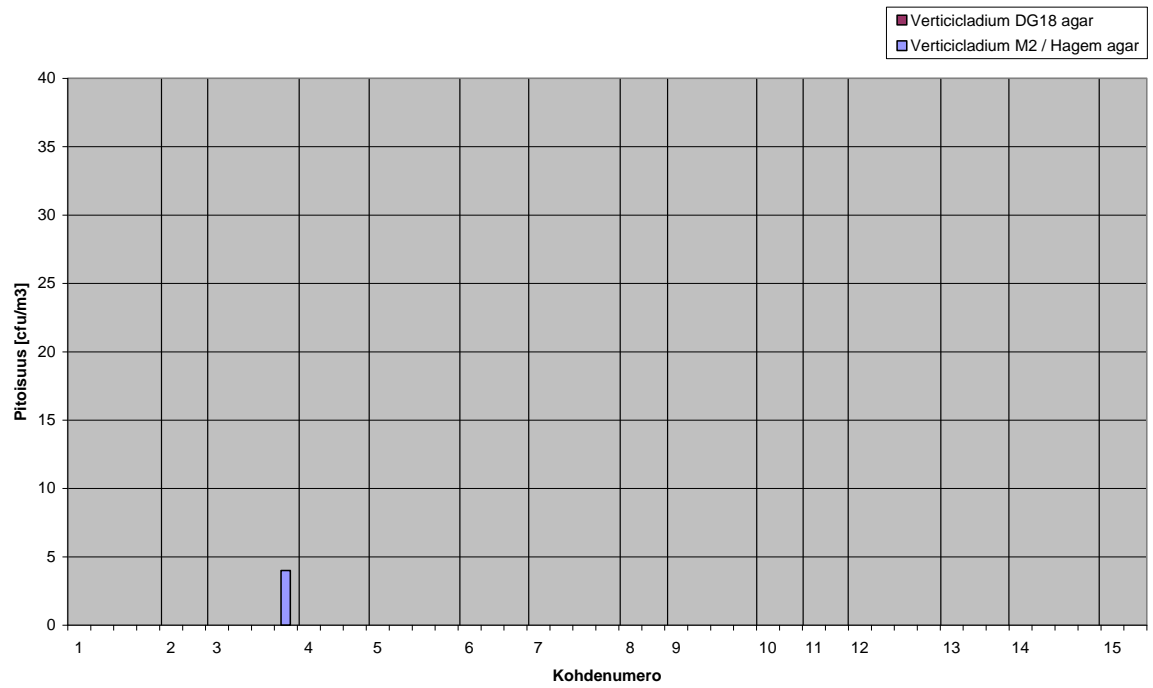
Kuva 87 Toimistotilojen sisäilman *Syncephalastrum*-pitoisuudet.



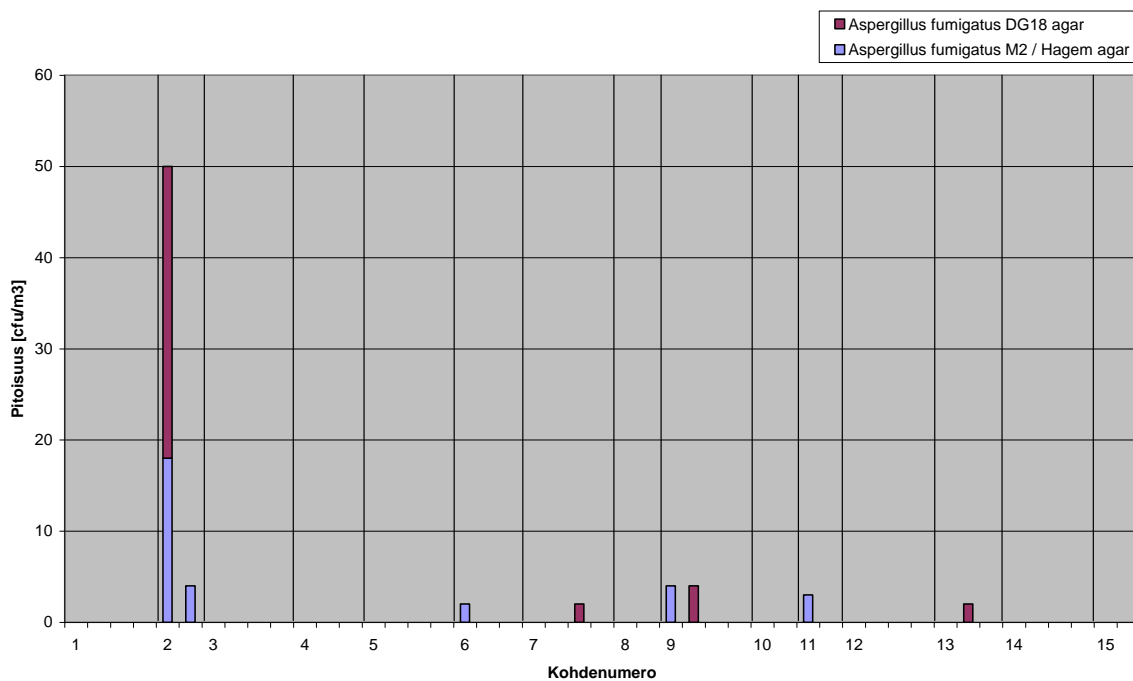
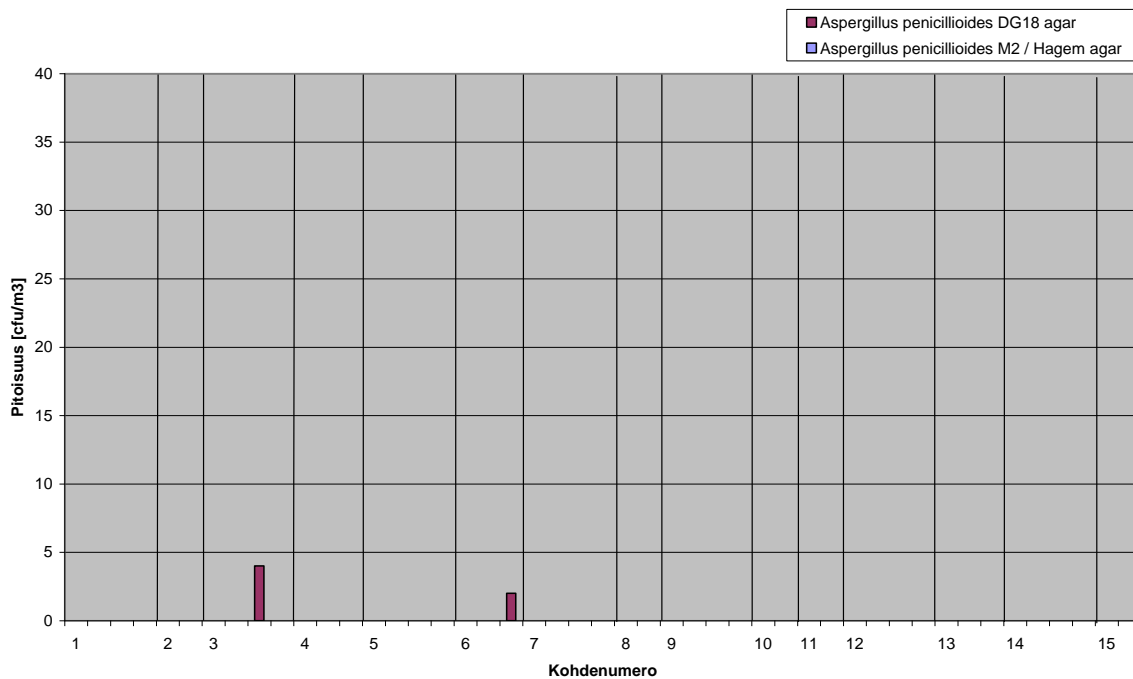
Kuva 88 Toimistotilojen sisäilman *Thysanophora*-pitoisuudet.

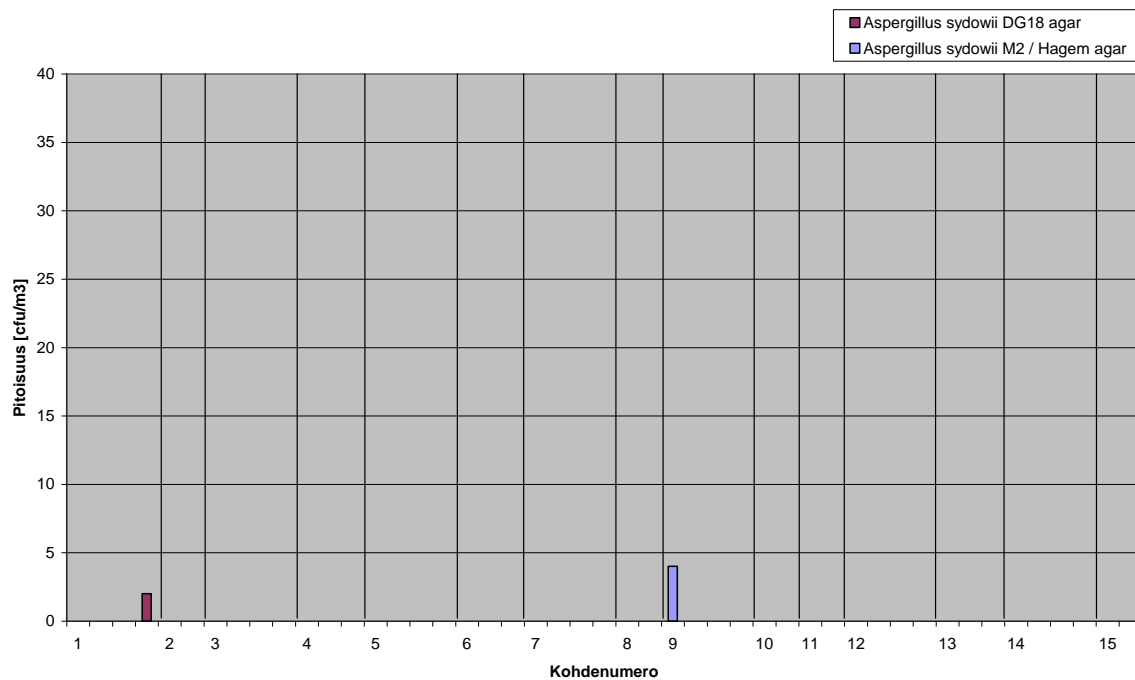


Kuva 89 Toimistotilojen sisäilman vaaleiden hiivojen pitoisuudet.

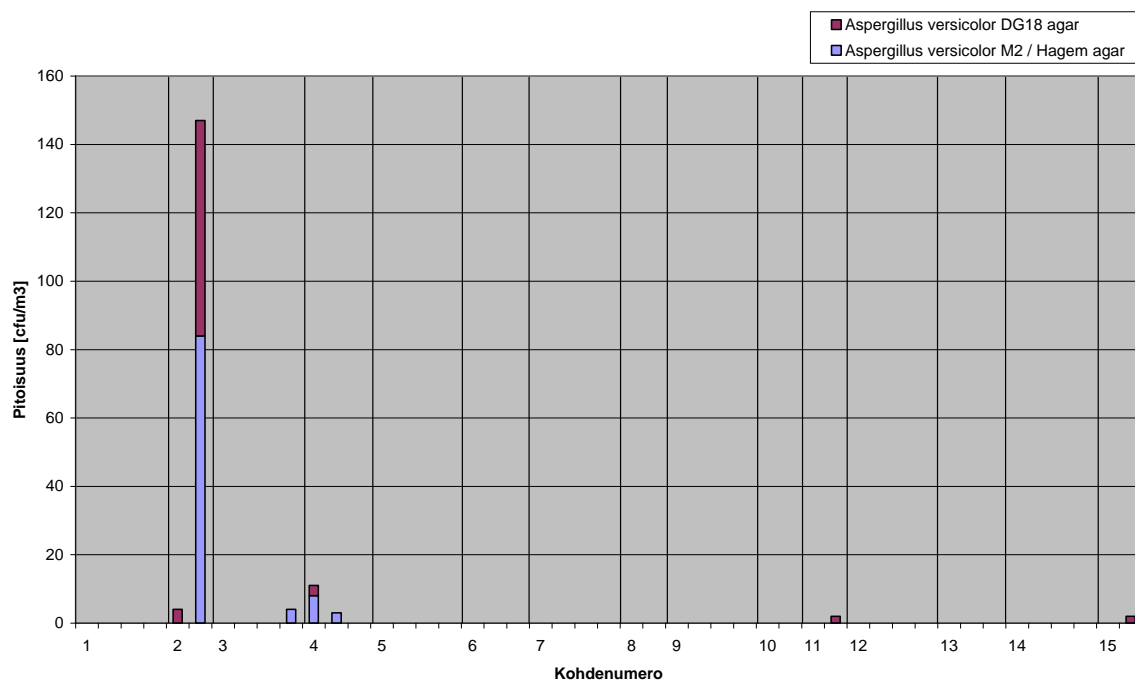


Kuva 90 Toimistotilojen sisäilman *Verticillium*-pitoisuudet.

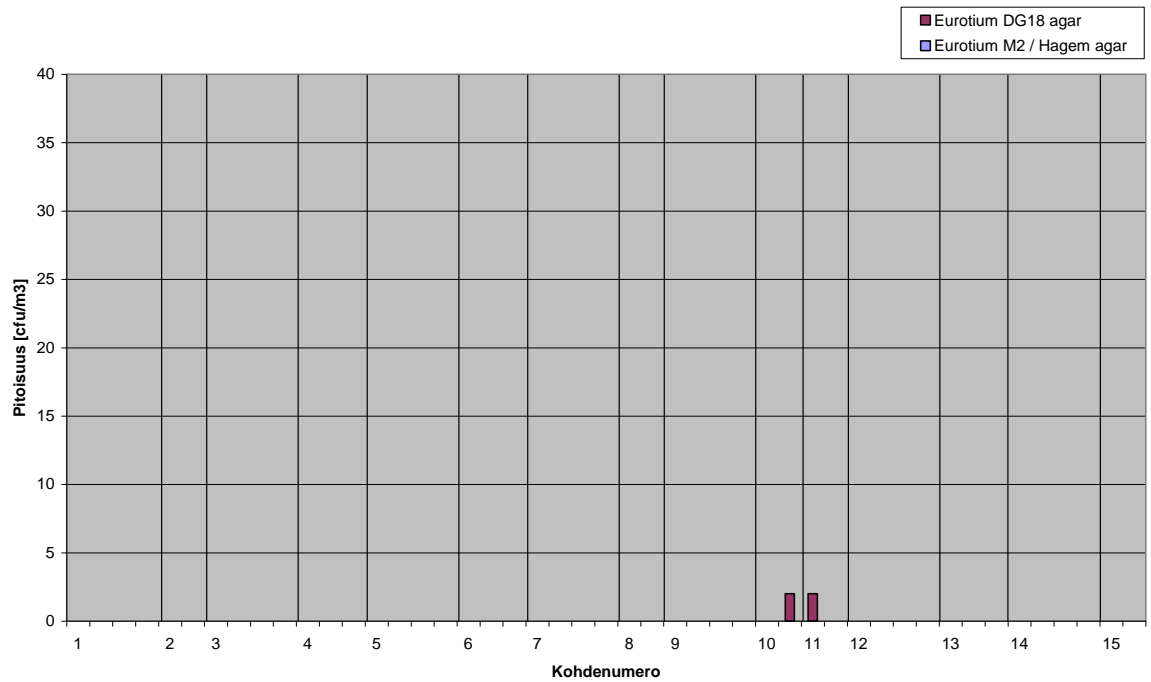
Toimistotilojen sisäilman kosteusvauriomikrobit**Kuva 91 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus fumigatus* -pitoisuudet.****Kuva 92 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus penicillioides* -pitoisuudet.**



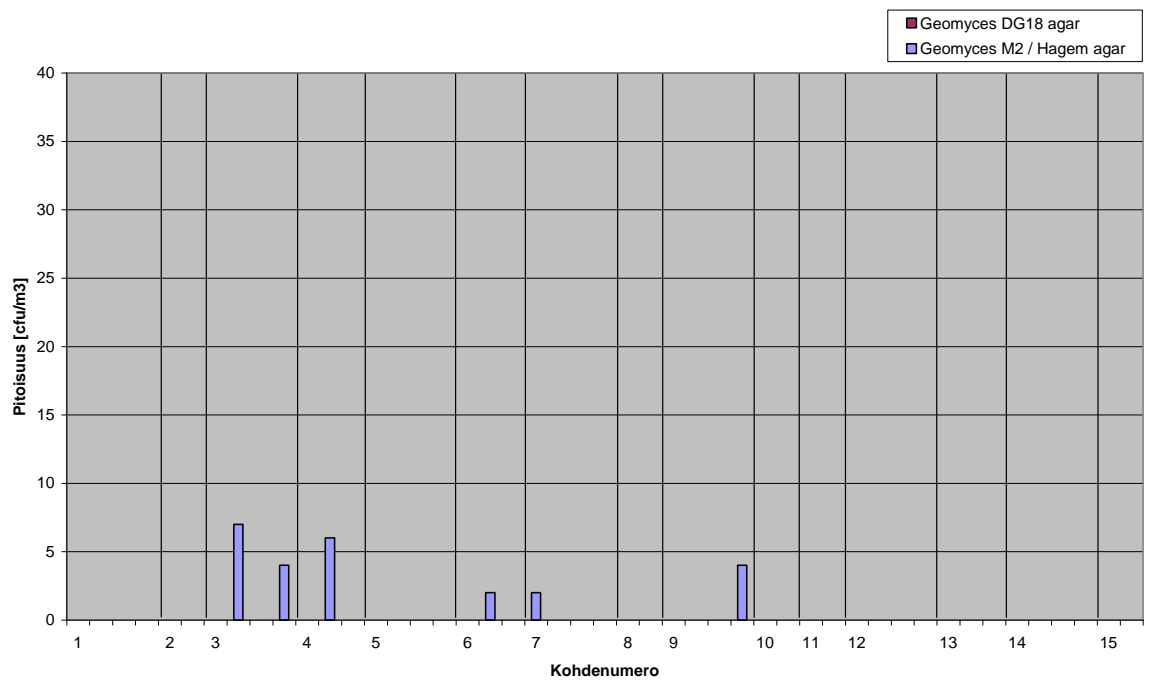
Kuva 93 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus sydowii* -pitoisuudet.



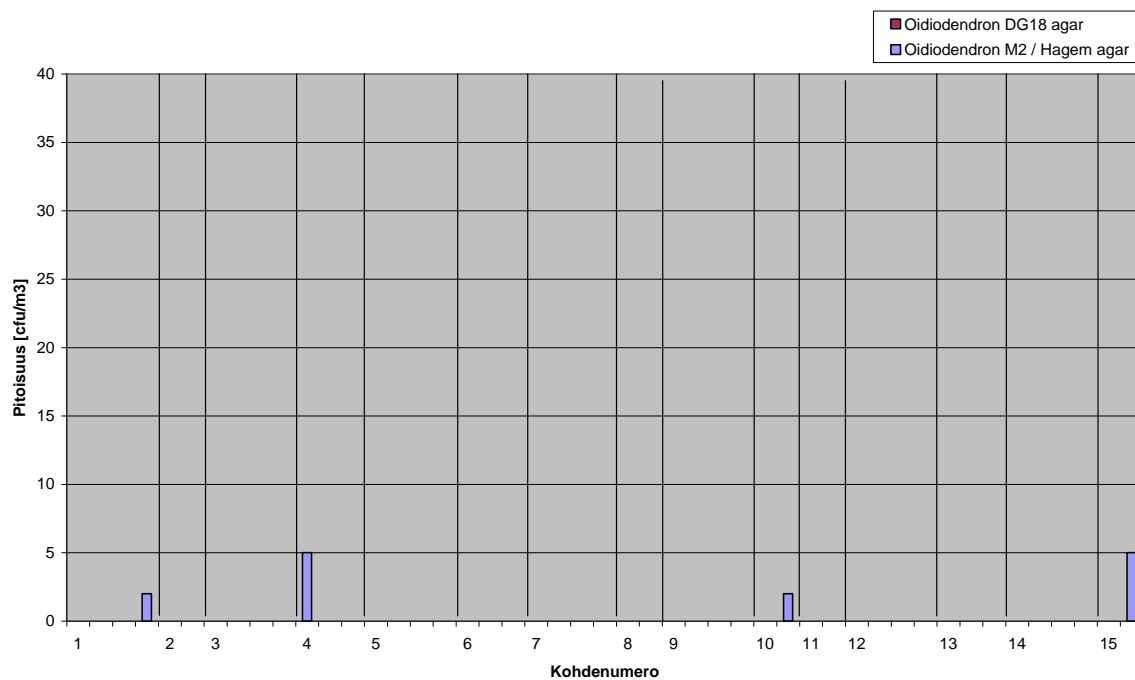
Kuva 94 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus versicolor* -pitoisuudet.



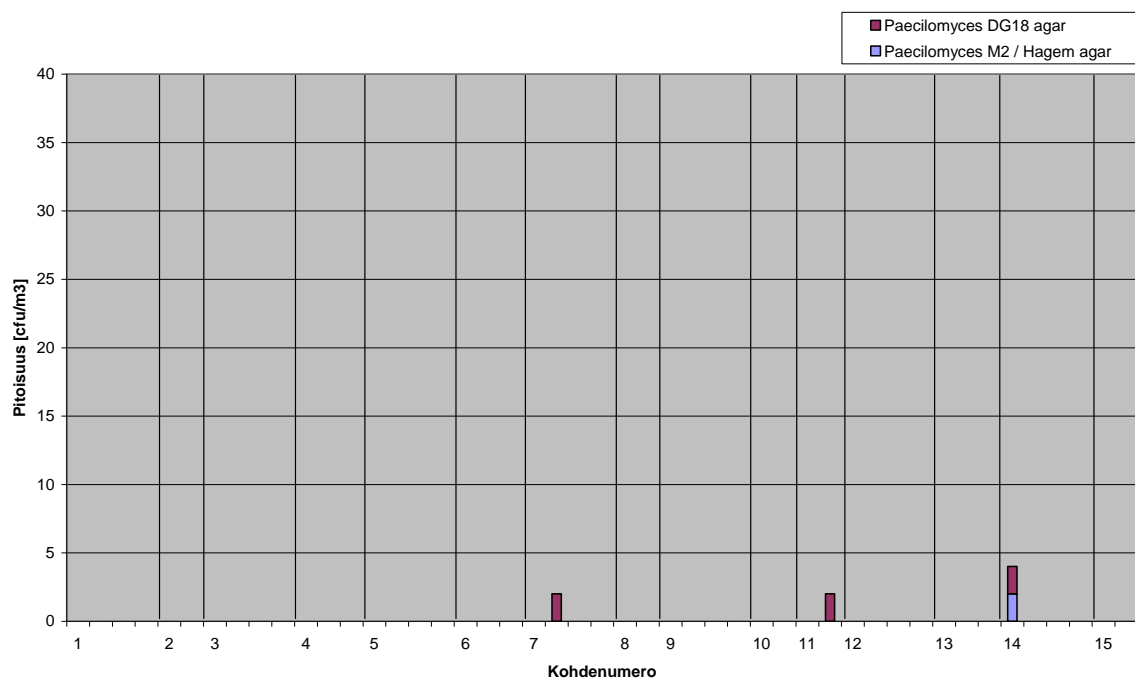
Kuva 95 Toimistotilojen sisäilman *Eurotium*-pitoisuudet.



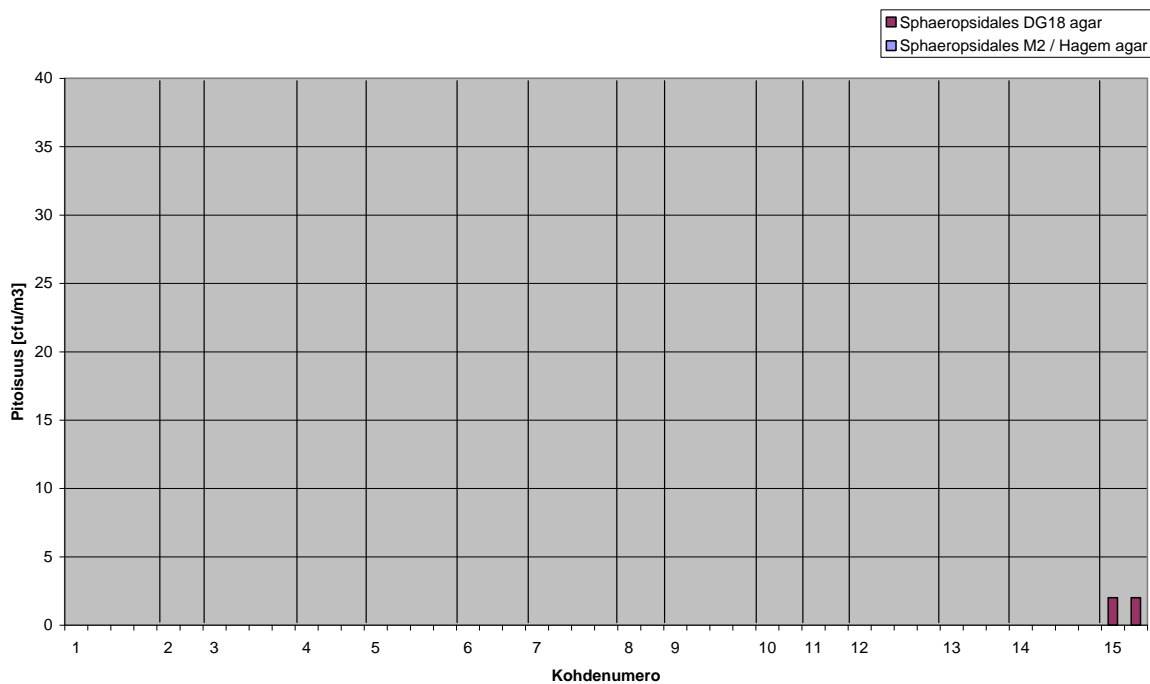
Kuva 96 Toimistotilojen sisäilman *Geomyces*-pitoisuudet.



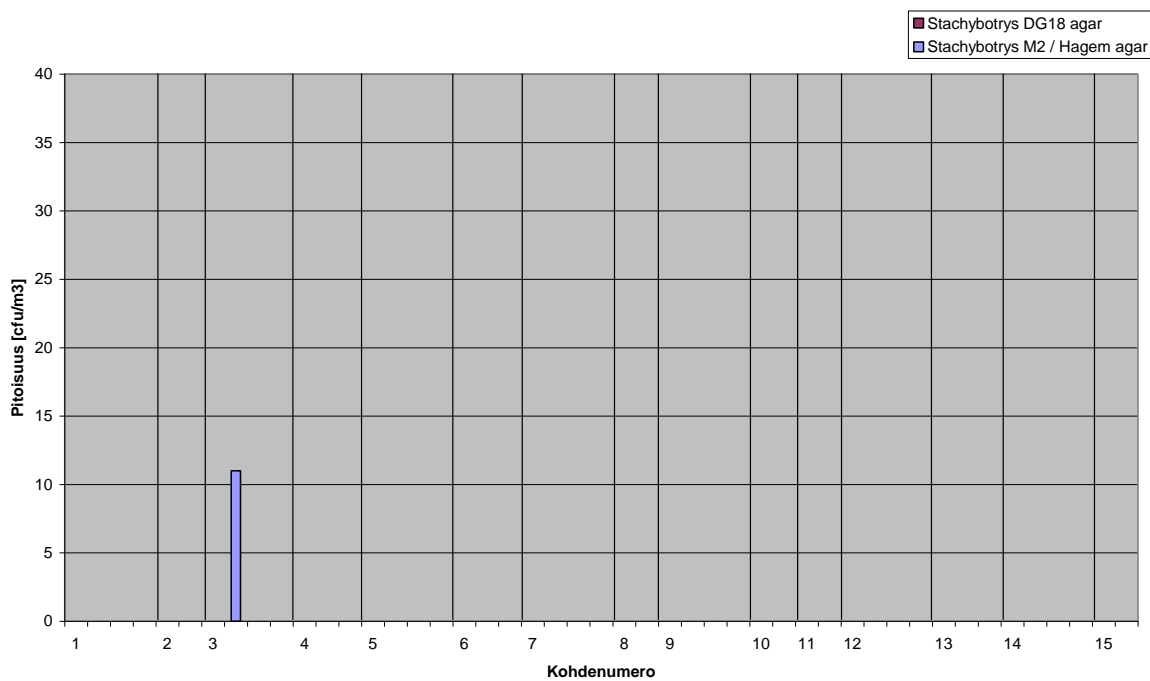
Kuva 97 Toimistotilojen sisäilman *Oidiodendron*-pitoisuudet.



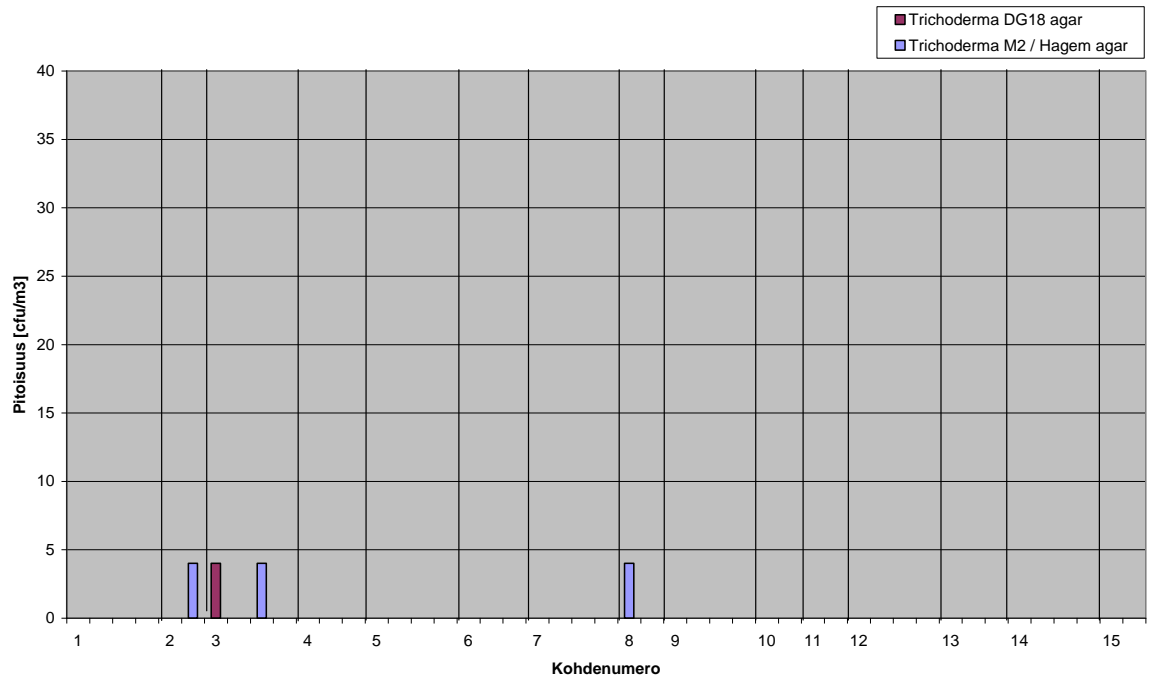
Kuva 98 Toimistotilojen sisäilman *Paecilomyces*-pitoisuudet.



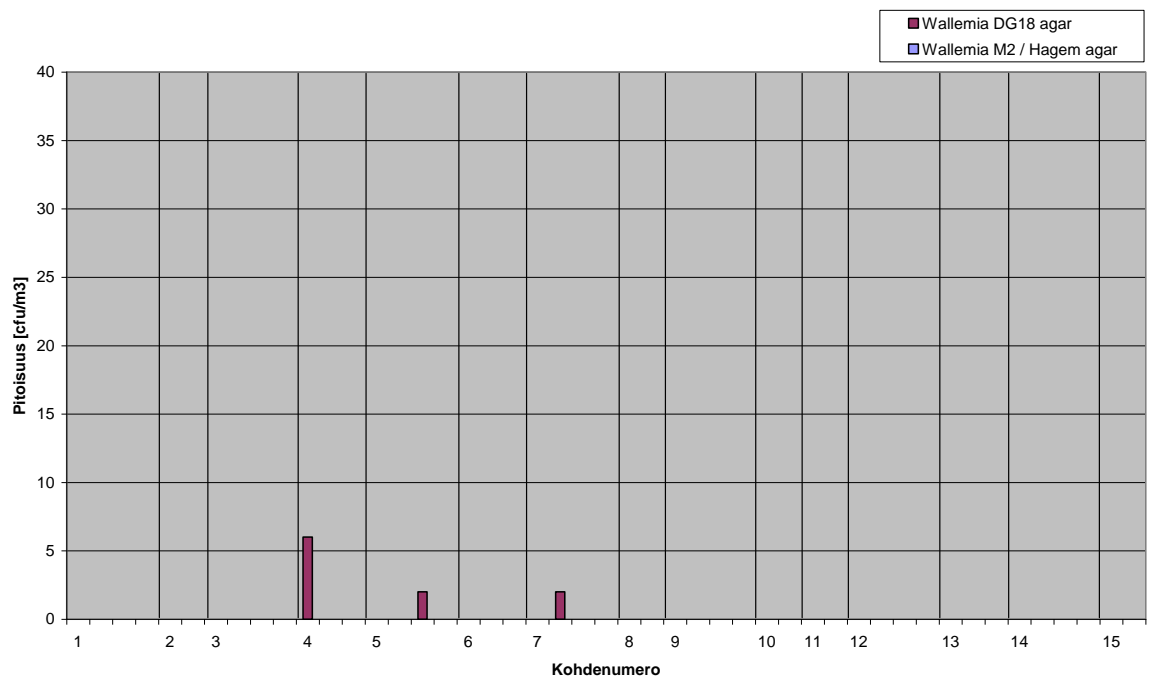
Kuva 99 Toimistotilojen sisäilman *Sphaeropsidales*-pitoisuudet.



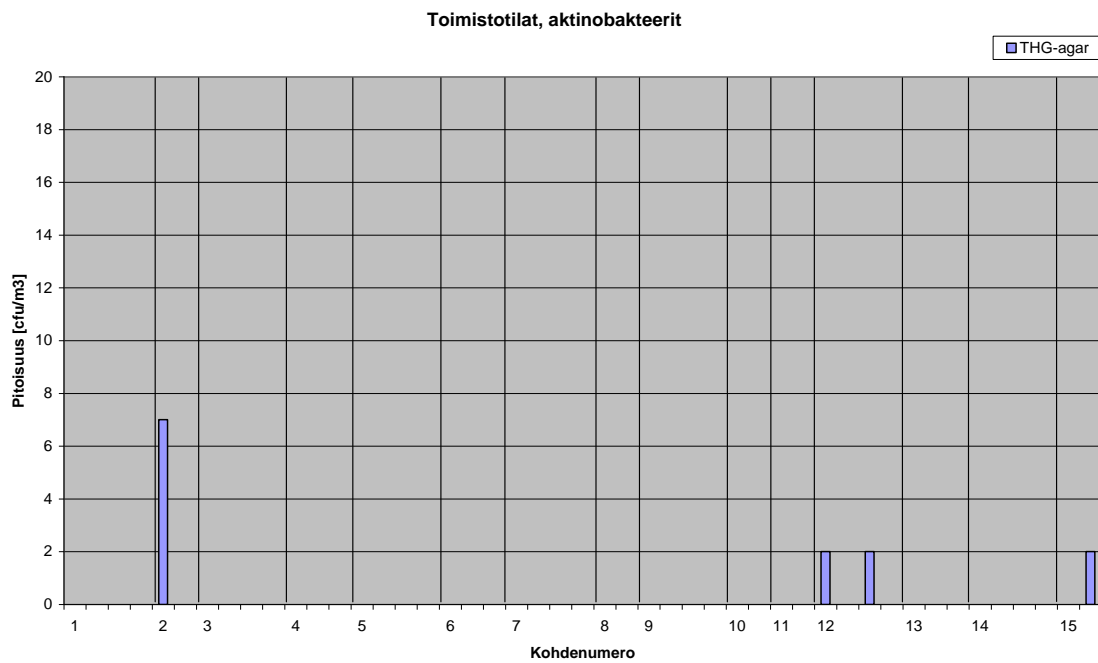
Kuva 100 Toimistotilojen sisäilman *Stachybotrys*-pitoisuudet.



Kuva 101 Toimistotilojen sisäilman *Trichoderma*-pitoisuudet.

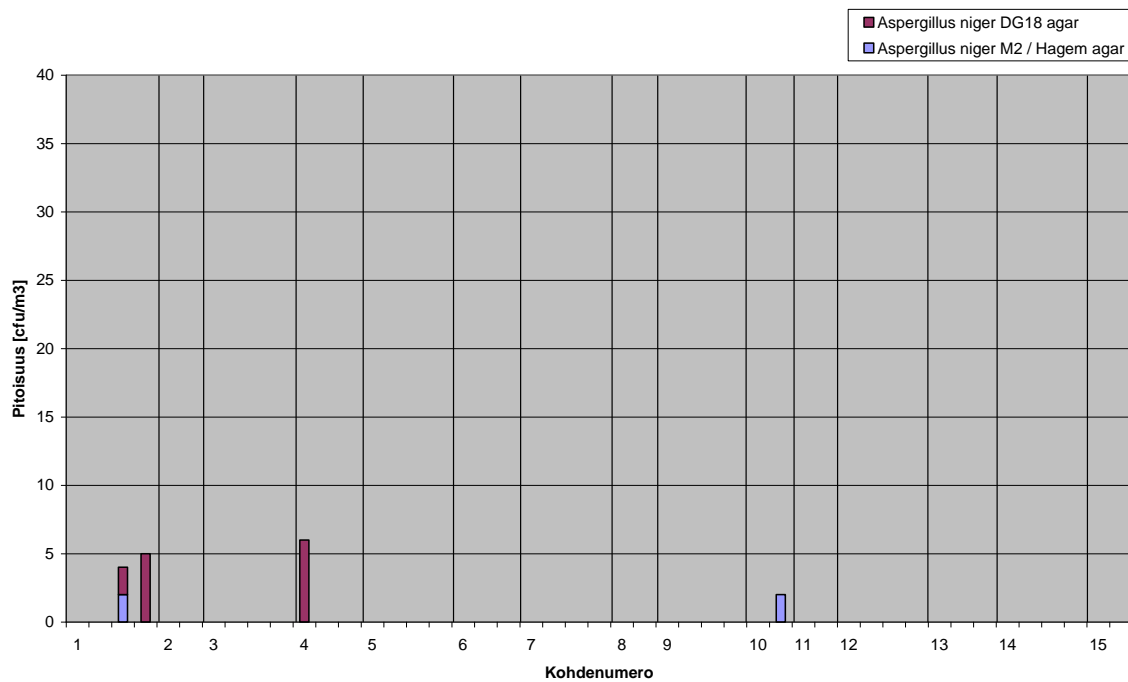


Kuva 102 Toimistotilojen sisäilman *Wallemia*-pitoisuudet.

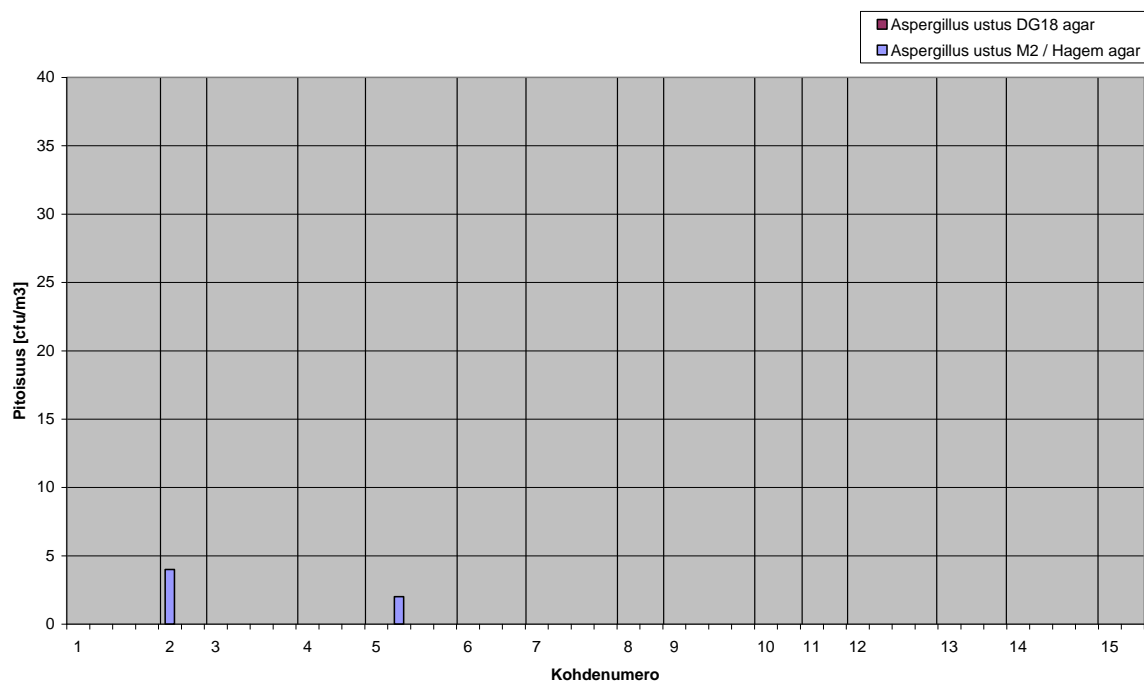


Kuva 103 Toimistotilojen sisäilman aktinobakteeripitoisuudet.

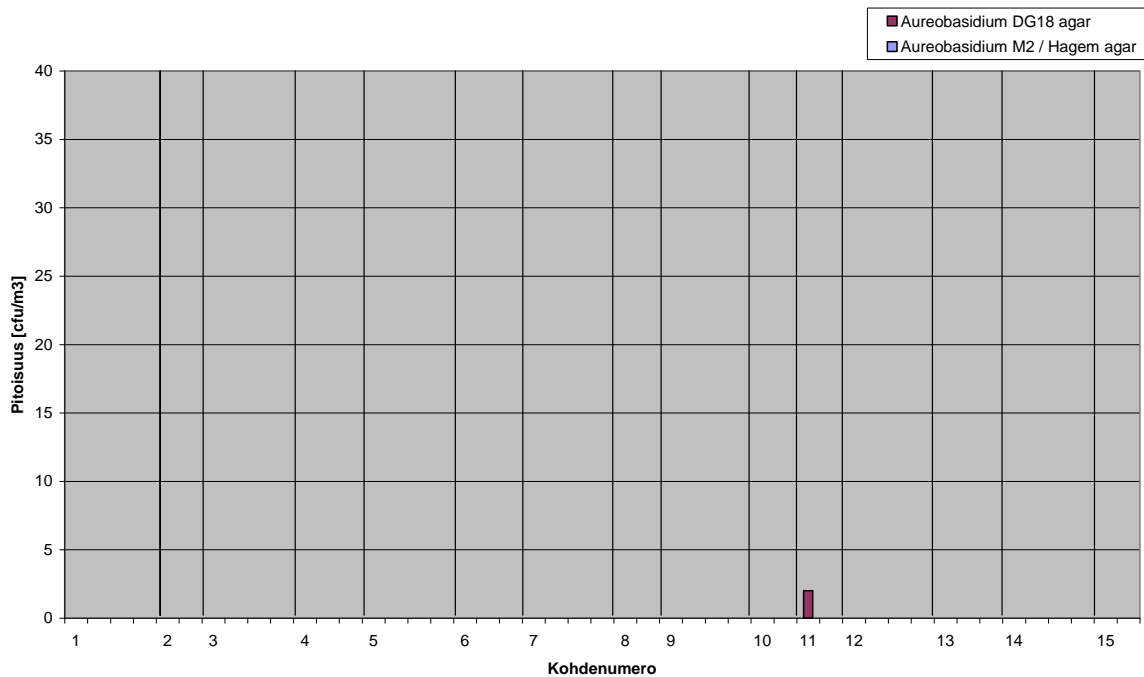
Toimistotilojen sisäilman indikaattorimerkitykseltään avoimet mikrobit



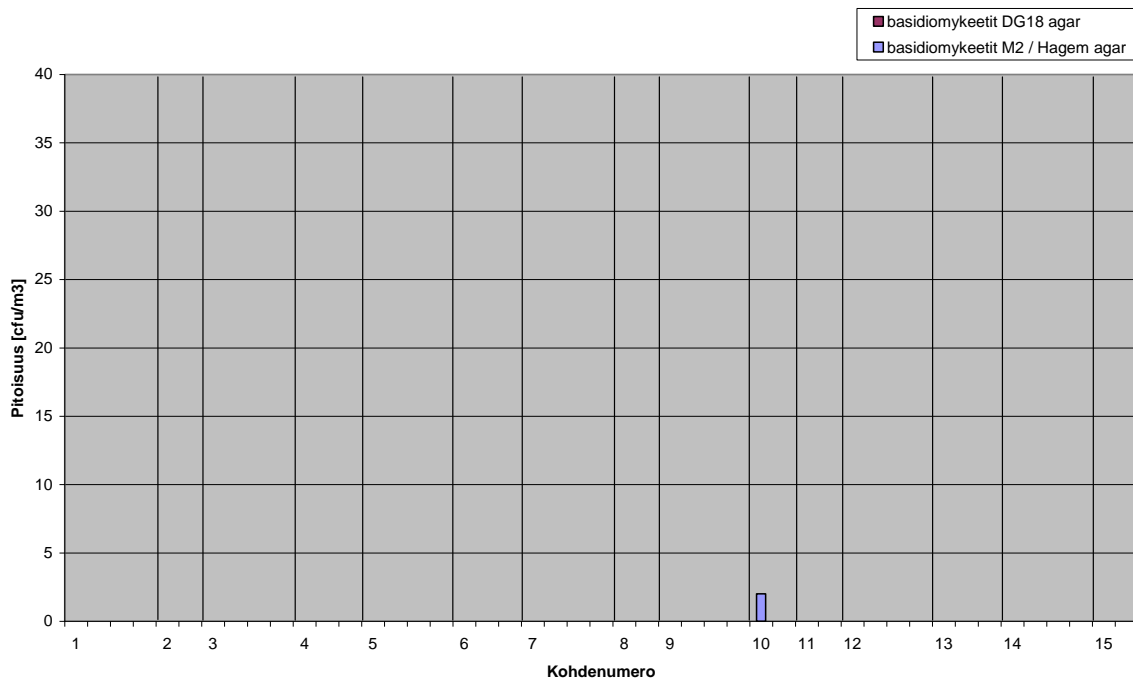
Kuva 104 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus niger* -pitoisuudet.



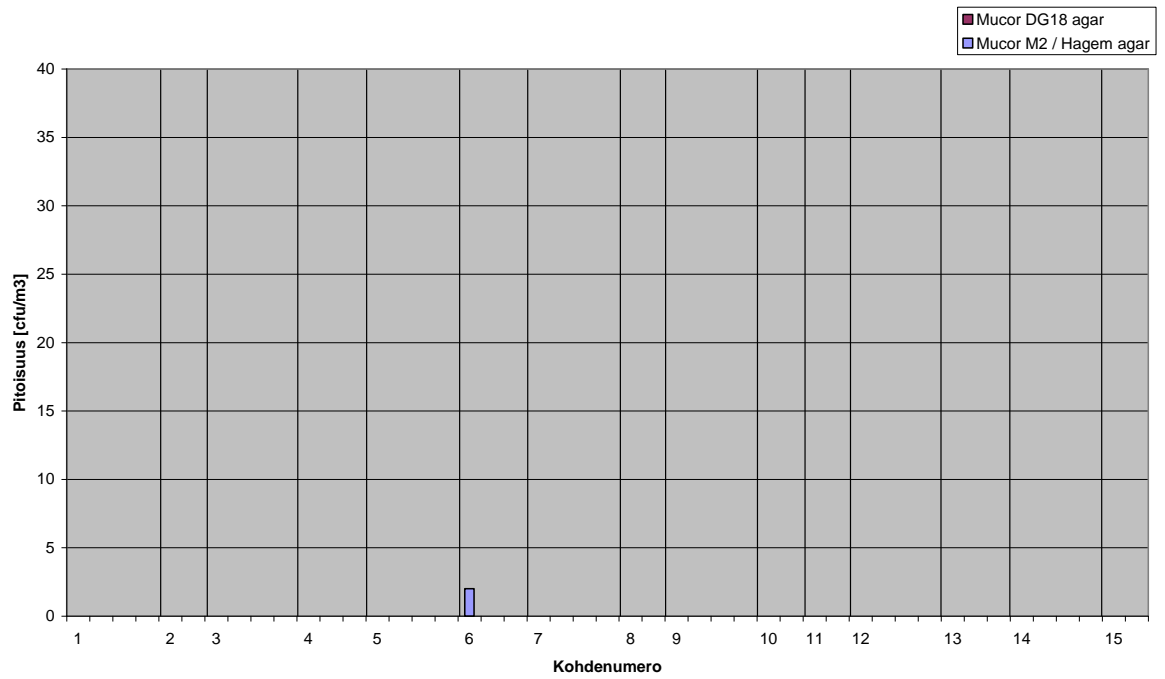
Kuva 105 Toimistotilojen sisäilman *Aspergillus ustus* -pitoisuudet.



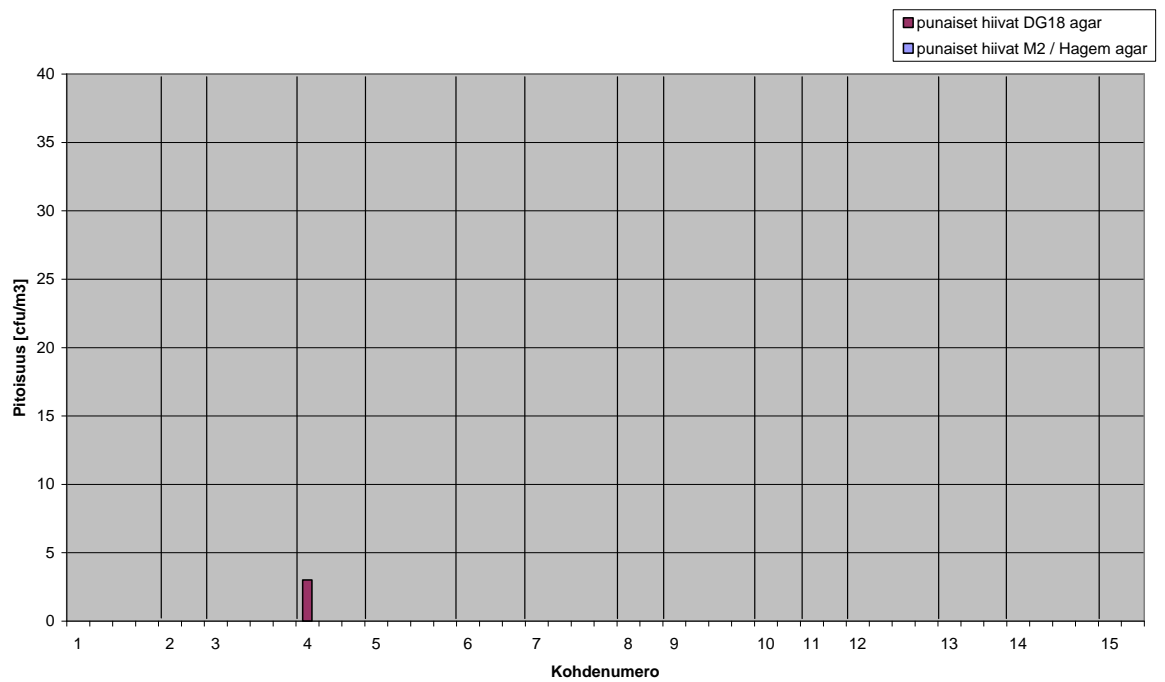
Kuva 106 Toimistotilojen sisäilman *Aureobasidium*-pitoisuudet.



Kuva 107 Toimistotilojen sisäilman basidiomykeetti -pitoisuudet.



Kuva 108 Toimistotilojen sisäilman *Mucor*-itoisuudet.



Kuva 109 Toimistotilojen sisäilman punaisten hiivojen pitoisuudet.