

Leena Järvinen

RAKENNUSHANKKEIDEN
LOPPUSIIVOUKSEN
ONNISTUMINEN
Case: Kotkan kaupungin Tilapalvelu

Opinnäytetyö

Palveluliiketoiminta


Maaliskuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

| | | |
|--|--|--|
|  <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p> | | Opinnäytetyön päivämäärä 8.3.2010 |
| Tekijä(t) Järvinen Leena | | Koulutusohjelma ja suuntautuminen Palveluliiketoiminta |
| Nimeke Rakennushankkeiden loppusiivouksen onnistuminen Case: Kotkan kaupungin Tilapalvelu | | |
| Tiivistelmä <p>Rakennushankkeen loppusiivous on uudis- ja korjausrakentamisen viimeisiä tehtäviä ennen kuin tilat luovutetaan asiakkaalle. Loppuvaiheen kiire ja taloudellinen tilanne heijastuu usein loppusiivouksen tasoon.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, onnistuuko puhtauspalvelu tehtävässään tarjota tilaan muuttavalle asiakkaalle puhtaat työskentelytilat Kotkan kaupungin Tilapalvelussa.</p> <p>Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelee pintapölylle raja-arvot ja niitä tulisi noudattaa kaikissa P1 tason rakennushankkeissa.</p> <p>Opinnäytetyössäni mittaan pölyn määrää heti tilojen lopputarkastuksen jälkeen, toisen kerran noin kolme vuorokautta edellisen mittauskerran jälkeen ja kolmannen kerran noin kuusi vuorokautta ensimmäisten mittausten jälkeen. Mittauksessa käytän BM-DustDetectoria pintapölyn mittaamiseen, ATP luminometriä orgaanisen lian mittaamiseen ja AERO TRAK 8820 hiukkaslaskuria ilmassa leijuvien pölypartikkelien mittaamiseen. Hiukkaslaskurilla pystyy erottelemaan kuutta eri kokoista partikkelia (0,3-0,5µm, 0,5-1,0µm, 1,0-3,0µm, 3,0-5,0µm, 5,0-10,0µm ja yli 10,0µm). Pienimmät pölypartikkelit eli 0,3- 1,0µm eivät laskeudu pinnoille.</p> <p>Puhtauspalvelualalla on tehty viime vuosina vain vähän tutkimuksia ja sen vuoksi olen hakenut muilta aloilta omaan opinnäytetyöhöni kirjallisuutta ja tutkimuksia. Käytettävissäni on ollut sisäilmatutkimuksia, ilmanvaihdon puhtaanapitoon liittyviä tutkimuksia ja hiukkastutkimuksia.</p> <p>Mikäli loppusiivous suoritetaan ammattitaidolla, asianmukaisilla siivousvälineillä ja työhön varataan riittävä aika ilman, että tiloissa työskennellään yhtäaikaan siivouksen kanssa, päästään Sisäilmastoluokitus 2008 mukaisiin arvoihin pintapölymittauksissa. Rakennuksen loppusiivouksen jälkeen tiloissa ei ole juuri lainkaan orgaanista likaa, mikäli siellä ei ole henkilöitä liikkumassa. Hiukaspölyn määrä on suoraan verrannollinen tiloissa tapahtuvaan toimintaan.</p> <p>Hyvän rakentamistavan mukainen toiminta kaikissa rakentamisen vaiheissa helpottaa puhtauspalvelua sen omassa tehtävässään tarjota asiakkaille turvallista puhtautta.</p> | | |
| Asiasanat (avainsanat) pöly, hiukkaset, lika, siivous, siivoustyö, rakentaminen, mittaus, | | |
| Sivumäärä 95+liitteet 15 | Kieli suomi | URN URN-NBN:fi mamk-opinn 2010A5613 |
| Huomautus (huomautukset liitteistä) | | |
| Ohjaavan opettajan nimi Lehtori Päivi Lahikainen | Opinnäytetyön toimeksiantaja Kotkan kaupunki Tilapalvelu tilapalvelujohtaja Osmo Pehkonen Työelämän ohjaaja FT Tuula Suontamo Tuula Suontamo Oy | |

DESCRIPTION

| | | |
|---|---|---|
|  <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p> | | Date of the master's thesis 8. March 2010 |
| Author(s) Järvinen Leena | Degree programme and option Master of Hospitality Management | |
| Name of the master's thesis Successful cleaning service for construction projects Case: Facility services of Kotka | | |
| Abstract The final cleaning of construction projects was one of the last things to do before releasing the premises to the customer. The hurry of the final phase and the financial situation often influence the result of the final cleaning. The purpose of this master thesis was to find out if the cleaning service could provide the new customer with clean office space in the facility service of Kotka. The indoor air classification of 2008 defined a limit value for surface dust which should be always reached in every construction project with a P1 classification. Very few cleaning service studies have been made in the recent years, of which is why I used theory, literature and studies from other sectors. Such as studies on indoor air researches and particle inspections related to the sanitation of ventilation systems. In my thesis, I measured the amount of dust directly after the final inspection and the second time after approximately three days from the first measurement. I completed the final dust measurement about six days after the first one. I accomplished the measuring by using the BM-Dust Detector for surface dust, the ATP luminometer for organic dust and the AERO TRAK 8820 particle counter for dust particles in the air. The particle counter allowed the measurement of particles of six different sized (0.3-0.5µm, 0.5-1.0µm, 1.0-3.0µm, 3.0-5.0µm, 5.0-10.0µm and over 10.0µm). The smallest dust particles 0.3- 1.0µm, would not descend on surfaces. The study showed that if the final cleaning was made with expertise, proper cleaning equipment, with enough time reserved for the process and without any disturbances, it was possible to achieve the values that the indoor air classification has set for surface dust. After the final cleaning of the building there should not be any organic dirt in the premises, if there are no persons present. The amount of particle dust was directly comparable with the events in the premises, a proper construction practices in every phase makes it easier for the cleaning service to provide their customers with safer sanitation. | | |
| Subject headings, (keywords) Dust, particles, dirt, cleaning, cleaning work, construction, measement | | |
| Pages 95+ attachments 15 | Language Finnish | URN URN-NBN:fi mamk-opinn 2010A5613 |
| Remarks, notes on appendices | | |
| Tutor Lecturer Päivi Lahikainen | Master's thesis assigned by Facility services of Kotka Chief of facility services Osmo Pehkonen Director of profession FT Tuula Suontamo Tuula Suontamo Oy | |

SISÄLTÖ

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | TYÖN TAVOITE JA TOTEUTUS | 1 |
| 3 | SIIVOTTAVA LIKA | 3 |
| | 3.1 Hiukkaslika | 4 |
| | 3.1.1 Ilmassa leijuvat hiukkaset..... | 5 |
| | 3.1.2 Pinnoille laskeutuneet hiukkaset | 5 |
| | 3.1.3 Rakennustyömaalla oleva lika..... | 5 |
| | 3.1.4 Pölyn määrään vaikuttavat tekijät rakennustyömaalla | 7 |
| | 3.2 Pinnoille laskeutunut ja kiinnittynyt orgaaninen lika..... | 9 |
| 4 | RAKENNUSSIIVOUS JA SISÄILMASTOLUOKITUKSET..... | 9 |
| | 4.1 Sisäilmastoluokitus 2008 | 11 |
| | 4.1.1 Sisäilmaston laatuluokat S1,S2 ja S3 | 12 |
| | 4.1.2 Puhtausluokitus P | 13 |
| | 4.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus (P)..... | 15 |
| | 4.2 Kaksivaiheinen loppusiivous | 16 |
| 5 | AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET..... | 18 |
| | 5.1 Siivous ja sisäilma..... | 18 |
| | 5.2 Sisäilmatutkimuksia..... | 19 |
| | 5.3 Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaanapitoon liittyviä tutkimuksia..... | 21 |
| | 5.4 Hiukkastutkimuksia..... | 23 |
| 6 | KENTTÄKOKEET..... | 24 |
| | 6.1 Laitteet ja välineet..... | 24 |
| | 6.1.1 BM-Dust Detector pintapölymittari | 25 |
| | 6.1.2 INSTA 800-standardi..... | 26 |
| | 6.1.3 Hygiena System ATP-mittari | 28 |
| | 6.1.4 AERO TRAK 8820 hiukkaslaskuri..... | 30 |
| | 6.2 Työn suorittamisen haasteet..... | 31 |
| | 6.3 Mittauskohteet ja mittausolosuhteet..... | 32 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.3.1 | Kiinteistö 1, luokkatila 1..... | 32 |
| 6.3.2 | Kiinteistö 2, toimistotila 2, varastotila 1 ja miehistöhuone..... | 33 |
| 6.3.3 | Kiinteistö 3, toimistotila 2..... | 34 |
| 6.3.4 | Kiinteistö 4, varastotila 2..... | 35 |
| 6.3.5 | Kiinteistö 5, luokkatilat 2 ja 3..... | 35 |
| 6.3.6 | Kiinteistö 6, varastotila 3..... | 37 |
| 7 | TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU..... | 38 |
| 7.1 | Kiinteistö 1, luokkatila 1..... | 38 |
| 7.2 | Kiinteistö 2..... | 45 |
| 7.2.1 | Toimistotila 1..... | 45 |
| 7.2.2 | Varastotila 1..... | 52 |
| 7.2.3 | Miehistöhuone..... | 56 |
| 7.3 | Kiinteistö 3, toimistotila 2..... | 61 |
| 7.4 | Kiinteistö 4, varastotila 2..... | 68 |
| 7.5 | Kiinteistö 5..... | 74 |
| 7.5.1 | Luokkatila 2..... | 74 |
| 7.5.2 | Luokkatila 3..... | 77 |
| 7.6 | Kiinteistö 6, varastotila 3..... | 81 |
| 7.7 | Tulosten yhteenveto..... | 85 |
| 7.7.1 | Pintapölymittaus lattioilta..... | 85 |
| 7.7.2 | Pintapölymittaus tasopinnoilta..... | 86 |
| 7.7.3 | ATP-mittaus lattioilta..... | 87 |
| 7.7.4 | ATP-mittaus tasopinnoilta..... | 88 |
| 7.7.5 | Hiukkasmittaus..... | 89 |
| 8 | LUOTETTAVUUSTARKASTELU..... | 93 |
| 9 | KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET..... | 94 |

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Korjaus- ja uudisrakentaminen tehdään suunnitelmallisesti siten, että aikataulu sovi-
taan rakennuttajan, rakentajan ja tilassa työskentelevien ammattiryhmien kesken ennen
itse rakentamisen aloittamista. Jos rakentamisessa tapahtuu viivytyksiä, urakan loppu-
vaiheessa tulee kiire. Loppuvaiheeseen sijoittuva tilojen siivous on työvaihe, joka on
pakotettu antamaan tilaa rakentamiselle ja tiloihin muutolle.

Tiloihin muuttava asiakas joutuu kärsimään kiireellä ja mahdollisesti ammattitaidot-
tomasti tehdystä loppusiivouksesta. Loppusiivous on pakollinen menoerä rakentajalle
ja sen vuoksi loppusiivouksen määrittely pitää tapahtua jo urakka-asiakirjoissa.

Loppusiivouksella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla poistetaan taso- ja lattiapinnoille
laskeutunut hieno rakennuspöly ja tahrat. Lisäksi lattiapinnat puhdistetaan ja suojataan
valmistajan ohjeiden mukaan (Andersson 2004, 32).

Nopeasti lisääntyneet sisäilmassa havaitut ongelmat ja työntekijöiden oireilu ovat he-
rättäneet mielenkiinnon myös korjaus- ja uudisrakentamisen loppusiivoukseen. Vuon-
na 2008 ilmestyneeseen Sisäilmastoluokitus 2008 – ohjeistukseen on otettu mukaan
ensimmäisen kerran arviointi pölykertymän määrästä ennen rakennuksen luovutusta.

Rakennustyömaat ovat mahdollisuus siivoukselle, sillä ilman hyvää siivousta ei ole
hyvää sisäilmaa (Salmikivi 2008). Sisäilmalla tarkoitetaan hengitettävää ilmaa (Lavo-
nen 2008). Sisäilmasto taas koostuu sisäilmasta, ilmanvaihdosta lämpöolosuhteista,
ilman liikkeestä (veto), ääniympäristöstä ja valaistuksesta (Lapinlampi 2008).

2 TYÖN TAVOITE JA TOTEUTUS

Toimin siivouspäällikkönä Kotkan kaupungin Elinkeino - ja liiketoimintayksikön Ti-
lapalvelun siivoustoimessa. Siivoustoimi myy puhtauspalvelua kaupungin eri hallinto-
kunnille ja myös oman osaston eri yksiköille. Tilapalveluun kuuluu siivoustoimen
lisäksi arkkitehtisuunnittelu, talokunnossapito, rakennuttaminen ja isännöinti. Talo-
kunnossapidon ja siivoustoimen yhteistyö on ollut tiivistä viime vuosina runsaan raken-

tamisen vuoksi. Siivoustoimi on tehnyt poikkeuksetta kaikki talokunnossapidon työkohteiden loppusiivoukset. Myös isännöinti teettää pienempiä remonteja ulkopuolisilla rakennusliikkeillä ja ostaa siivoustoimelta niihin loppusiivouksen. Rakennuttajayksikkö kilpailuttaa ja tilaa rakennustöitä rakennusliikkeiltä ja he ovat ottaneet kilpailutusasiakirjoihin mukaan siivoustoimen laatiman Rakennuksen aikaisen puhtaanapidon oppaan ja loppusiivousohjeistuksen. Rakennusliikkeet tilaavat loppusiivouksen puhtauspalvelualan yrityksiltä kilpailutuksen perusteella.

Siivoustoimi tekee runsaasti yhteistyötä oman osaston eri yksiköiden kanssa osallistumalla esimerkiksi talokunnossapidon ja rakennuttajayksikön tuotantopalavereihin joka toinen viikko ja kerran kuukaudessa arkkitehtisuunnittelun suunnittelupalaverihin. Palavereissa siivoustyönjohtajat ja siivouspäällikkö antavat oman ammattitaitonsa rakentajien käyttöön. Kuitenkaan rakentamisen aikainen toiminta työmaalla ei toteudu parhaalla mahdollisella tavalla ja sen vuoksi siivouksen osuus rakentamisen loppuvaiheessa korostuu. Tiloista on saatava mahdollisimman puhtaat ja pölyttömät ennen asiakkaiden tiloihin muuttoa. Ongelma ei ole vain Kotkan kaupungin vaan tilanne on sama koko Suomessa ja kansainvälisestikin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, pystyykö puhtaanapito suorittamaan oman osuutensa rakennushankkeen läpiviennissä luovuttamalla puhtaat ja turvalliset tilat asiakkaalle. Siivouksella on suuri vaikutus tilojen puhtauteen, mutta kaikkien rakennushankkeessa työskentelevien osapuolten toiminta vaikuttaa valmiin rakennuksen pölyn ja lian määrään.

Sisäilmastoluokitus 2008 on määritellyt suositusarvot pintapölyn määrälle ennen tilojen luovutusta. Vertaan omassa tutkimuksessani sitä, päästäänkö Kotkan kaupungin Tilapalvelun rakentamissa ja rakennuttamissa kohteissa suositusarvoihin. Lisäksi mitataan orgaanisen lian määrää samoista kohteista kuin mitataan pintapölyn määrää. Hiukkaslaskurilla mitataan ilmassa olevan pölyn määrää kuudessa eri partikkelikokoluokassa. Kaikkein pienimmät hiukkaset (0,3-1 μ m) eivät laskeudu pinnoille, joten siivouksella ei voida niihin vaikuttaa, mutta suuremmat hiukkaset voidaan poistaa siivouksella.

Aikaisemmin ei ole mitattu loppusiivouksen jälkeen orgaanisen lian määrää. Orgaanisen lian määrän mittaaminen antaa viitteitä siitä, mistä lika on peräisin: tiloissa liikkuvista henkilöistä vai rakentamisen eri vaiheista. Tavoitearvoja ilmassa oleville partikkelien määrälle ei ole saatavilla. Mutta voin vertailla omia saamiani tuloksia toisiinsa.

Opinnäytetyön ohjaajina ovat lehtori Päivi Lahikainen Mikkelin Ammattikorkeakoulusta ja FT Tuula Suontamo Tuula Suontamo Oy:stä. Työn tilaaja on Kotkan kaupungin Tilapalvelu.

Työ toteutettiin normaaleissa rakennusolosuhteissa Kotkan kaupungissa. Tein ensimmäiset mittaukset syksyllä 2008 ja viimeiset syksyllä 2009 yhteensä yhdeksässä eri kohteessa. Kohteet valikoituivat rakentamisen aikataulun mukaan.

3 SIIVOTTAVA LIKA

Suomen Standardoimisliiton Siivoussanastossa (SFS 4619) lika määritellään pintojen käyttöarvoa alentavaksi epäpuhtaudeksi. Lika on peräisin luonnosta, ihmisestä ja ihmisen toiminnoista. Noin 80% liasta kulkeutuu sisätiloihin käyttäjien jaloissa ja ilmavirran mukana (Kivikallio 2005, 39).

Lika ryhmitellään Suomen Standardoimisliiton Siivoussanastossa sen kiinnittymistavan mukaan. Lika on irtolikaa tai kiinnittynyttä likaa. Irtolika ei ole kiinnittynyt tai tunkeutunut pintaan. Irtolikaa ovat roskat, kuiva irtolika ja märkä irtolika. Kiinnittynyt lika on kuivunutta tai nihkeää likaa, joka on kiinnittynyt tai tunkeutunut pintaan. Kiinnittynyttä likaa ovat tahrat ja pinttynyt lika (SFS 4619).

Roskat ovat käsin poimittavissa olevaa likaa, esimerkiksi paperisilppu, kasvien lehdet, tulitikut, kuolleet hyönteiset. Kuiva irtolika on raemainen, jauhemainen, kuitumainen tai hiukkasmainen, esimerkiksi hiekka, pöly, hiukset, leivänmuru ja tuhka. Märkä irtolika on nestemäinen tai kostea, esimerkiksi kura, lumisohjo, vesipisarot, eritteet (SFS 4619). Tämä likatyyppi on yleensä tuore, mutta kun tahrassa oleva neste haihtuu, lika tarttuu kiinni alustaansa (Aulanko 2006, 10).

Tahrat ovat pienellä alalla olevaa kiinnittynyttä likaa, esimerkiksi vesiliukoiset tahrat (kuivuneet nestejäljet), rasvatahrat (sormenjäljet, öljyläikät), koholla olevat tahrat (purukumi-, pikitahrat), väritahrat kuten tussi, muste, värilliset nestejäljet (SFS 4619). Pinttynyt lika on laajalla alueella oleva tiukasti kiinnittynyt lika (SFS 4619). Pinttynyttä likaa ovat esimerkiksi vahakerrostumat ja kalkkisaostumat. Pinttyneen lian poisto vaatii perussiivousmenetelmiä (Valkosalo 2009, 127).

Lika voidaan määritellä sen poistamistarpeen mukaan vaaralliseksi, haitalliseksi, häiritseväksi tai hyväksyttäväksi. Lika, joka vaarantaa tilojen käyttäjien turvallisuutta tai terveyttä, on poistettava pinnoilta mahdollisimman nopeasti (Kivikallio 2005, 40).

Tässä työssä lian alkuperä on tärkeää, sillä rakentamisen aikana tilaan kantautuu runsaasti hiukkaslikaa.

3.1 Hiukkaslika

Hiukkaslikaa tulee sisäilmaan ulkoilmasta ja rakennuksen ulkoympäristöstä, ihmisen omasta toiminnasta, eläimistä sekä rakennus-, sisustus - ja tekstiilimateriaaleista (Personen-Leinonen 2003, 18). Ulkoa tulevat hiukkaset kulkeutuvat sisään avointen ikkunoiden ja ovien, rakennuksen ulkovaipan rakojen ja ilmanvaihtokanavien kautta (Hautamäki & Pasanen, 2005, 216). Sisä- ja ulkoilman hiukkaspitoisuuksien suhde laskee ultrapienien hiukkasten ja kasvaa suurempien hiukkasten osalta ilmanvaihdon ollessa pois päältä (Hautamäki & Pasanen 2005, 216).

Hiukkasten koostumus ja kokojakauma vaihtelevat sen mukaan, mistä näytteet otetaan. Myös vuorokauden ajalla on merkitystä sisäilmassa havaittuihin hiukkasten määriin. Asuinrakennuksissa huonepöly on useimmin orgaanista kun esimerkiksi taas päiväkodeissa huonepöly on epäorgaanista, sisältäen savea ja hiekkaa. Suurin osa huonepölyhiukkasista on halkaisijaltaan 50-125 μm . (Hautamäki & Pasanen 2005, 217). Pölyn määrä korreloi myös mikrobien kanssa, sillä jokaisen pölyhiukkasen yhteydessä on 5 mikrobia (Laitinen 2009)

Huonepölyn hiukkaset pääsevät ilmaan resuspension seurauksena (Hautamäki & Pasanen 2005). Resuspensiolla tarkoitetaan pinnalle laskeutuneiden hiukkasten pää-

semistä takaisin ilmaan erilaisen liikkeen seurauksena. Karkeat hiukkaset resuspendoituvat pien- ja ultrapieniä hiukkasia nopeammin, koska hiukkaskokoon vaikuttavat adheesio- eli takertumisvoimat. Resuspensio on voimakkainta yli $5\mu\text{m}$:n hiukkasilla kun alle $1\mu\text{m}$:n hiukkaset eivät resuspendoidu juuri lainkaan (Hautamäki & Pasanen 2005, 217).

3.1.1 Ilmassa leijuvat hiukkaset

Hiukkaset, joiden aerodynaaminen koko on $<0,02\mu\text{m}$, käyttäytyvät kaasun tavoin tunkeutuen keuhkorakkuloiden läpi keuhkokudokseen (Valjus 2001,13). Kooltaan $3-10\mu\text{m}$ suuruiset hiukkaset läpäisevät alemmat hengitystiet ja $>10\mu\text{m}$ partikkelit läpäisevät ylähengitystiet, henkitorven ja suuret keuhkoputket. Partikkelit, joiden koko on noin $20\mu\text{m}$, eivät pääse alemmaksi hengitysteihin nenänielun anatomisen rakenteen vuoksi (Valjus 2001, 13)

Pienhiukkasten lähteitä ovat sekä luonnonlähteet että ihmistoiminnan aikaansaamat lähteet. Ilmakehän kokonaishiukkasmassasta noin 90% on luonnonlähteistä. Ne ovat kooltaan lähinnä karkeita $>2,5\mu\text{m}$ hiukkasia (Valjus 2001,38).

Alle $1\mu\text{m}$ hiukkaset eivät laskeudu koskaan ilmasta pinnalle, mutta niiden määrään voidaan vaikuttaa ilmanvaihdolla ja tuuletuksella (Lapinlampi 2009).

3.1.2 Pinnoille laskeutuneet hiukkaset

Pienimmät pinnoille laskeutuvat hiukkaset ($1\mu\text{m}$) laskeutuvat noin kahdeksan tunnin aikana, $5\mu\text{m}$ hiukkaset laskeutuvat 20 minuutissa, $10\mu\text{m}$ hiukkaset laskeutuvat 5 minuutissa ja $15\mu\text{m}$ hiukkaset 2,5 minuutissa (Hämäläinen 2009). $10\mu\text{m}$:n suuruiset hiukkaset ovat silmillä havaittavia, kuten siitepöly.

Ihmisen oma toiminta sisätiloissa aiheuttaa suurimmat hiukkaspäästöt. Siivous ja normaalit kotitaloustyöt lisäävät hiukkasten liikkumista ja kulkeutumista ilmavirtojen mukana (Schneider 2008).

3.1.3 Rakennustyömaalla oleva lika

Rakennushankkeen eri vaiheissa rakennustyömaalla olevan lian ja pölyn koostumus vaihtelee. Runkovaiheessa tiloissa on lähinnä betonipölyä. Sisävalmistusvaiheessa tiloissa betoni-, tasoite-, kivi-, tiili-, puu- ja eristevillapölyn määrä on suuri. Valmiista rakennuksesta löytyy teollisia mineraalikuuituja (MMVF) ja rakennuspölyä (Asikainen ym. 2009, 51).

Rakentamisen pölyisimmät työvaiheet ovat betoniliiman poisto, piikkaus- ja betoninhiointatyö, seinä- ja kattotasoitteen hionta, lattiatasoitteen hionta, puuntyöstö sirkkelillä, ruiskumaalaus ja laatoitustyö (Asikainen ym. 2009, 52).

Betoni, jota rakennuspöly on pääosin, koostuu sementistä, kiviaineksesta, mahdollisista lisäaineista ja vedestä. Sementti ei sisällä kvartseja, mutta betonin kiviaines on kvartsipitoista. Kivilaatuksen kvartsipitoisuus vaihtelee siten, että harmaassa ja punaisessa graniitissa sitä on noin 20-40%, mustassa 0-15%, gneississä noin 15%. Kvartsipöly voi aiheuttaa pitkäkestoisessa voimakkaassa altistuksessa pölykeuhkosairauden, silikoosin. Altistuminen kvartsipölylle on voimakkainta betonin työstössä, purkutyössä ja siivouksessa (Riala 2003a).

Puupölyä koskeva haitalliseksi tunnettu pitoisuus eli HTP-arvo on Suomessa tällä hetkellä $5\text{mg}/\text{m}^3$. Työterveyslaitoksen tekemissä kenttäkokeissa on havaittu, että puupölylle altistuneilla oli hengitysoireita jo kotimaisista puulajeista huomattavasti pienemmillä ($1\text{mg}/\text{m}^3$) pitoisuuksilla (Husgafvel-Pursiainen 2003).

Yli puolessa suomalaisista rakennuksista eli noin 700 000:ssa arvioidaan olevan kosteusvaurion jälkiä ja yli 100 000 rakennuksessa hoitamaton kosteusvaurio on homehduttanut rakenteita (Riala 2003b).

Kosteusvauriomikrobien esiintyminen rakennuksen materiaaleissa ja ilmassa on merkki rakenteiden kostumisesta (Riala 2003b). Homesienet ovat yleisimpiä kostuneen rakenteen mikrobeja. Mikrobit ovat paljaalle silmälle näkymättömiä eliöitä kuten bakteerit, homeet, hiivat ja virukset (Kivikallio 2005, 42). Homeet kasvavat parhaiten ilman suhteellisen kosteuden ollessa 70-100% ja lämmön ollessa $20\text{-}25^\circ\text{C}$ (Riala

2003b). Mikrobivaurioituneiden materiaalien puhdistus - ja poistotyössä pöly sisältää runsaasti homeitiöitä ja rihmastoja. Purku - ja korjaustyöt tuleekin suunnitella niin, ettei altistumista tapahdu työvaiheiden aikana (Riala 2003b).

Rakennuspölylle on määritelty vuonna 2007 haitalliseksi tunnetut pitoisuudet eli HTP-arvot. HTP-arvoja on määritelty esimerkiksi epäorgaaniselle pölylle $10\text{mg}/\text{m}^3$, orgaaniselle pölylle $5\text{ mg}/\text{m}^3$, puupölylle $1\text{-}2\text{mg}/\text{m}^3$, alveolijakeen kvartsipölylle $0,05\text{mg}/\text{m}^3$ ja alveolijakeen mineraalikuidulle $1\text{ kuitu}/\text{cm}^3$.

Teolliselle mineraalikuitujen lukumäärälle pinnoilla ei ole virallisia ohjearvoja. Tutkimusten perusteella pinnat tulisi luokitella siivoustiheyden mukaan. Synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta terveysongelmia, jos kuitujen lukumäärät säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (tasopinnat) ovat alle $0,2\text{ kuitua}/\text{cm}^2$ ja harvoin siivotuilla pinnoilla alle $3\text{ kuitua}/\text{cm}^2$ (Schneider 2000). Teollisia mineraalikuituja ovat lasivillasta, lasin mikrokuidusta, kivistä ja metallista peräisin olevat kuidut. Lasi-villan kuidun koko on $4\text{-}6\mu\text{m}$, lasimikrokuidun koko on $0,1\text{-}3\mu\text{m}$, kivistä peräisin olevan kuidun koko on $4\text{-}6\mu\text{m}$ ja metallikuidun koko on $3\text{-}8\mu\text{m}$ (De Vuyst ym.1995, 2153)

3.1.4 Pölyn määrään vaikuttavat tekijät rakennustyömaalla

Pölyn määrään rakennustyömaalla vaikuttaa puhtausketjun katkeamattomuus suunnittelusta valmiin rakennuksen ylläpitoon saakka. Rakentamisen puhtaanapidon tavoitteet määritellään jo urakka-asiakirjoissa ja sen toteutumista seurataan ja ohjataan viikoittain. Puhtaudenhallinta dokumentoidaan omaan suunnitelmaan ja sitä käsitellään urakoitsijapalaverissa ja työmaakokouksissa. Koko työmaan työntekijöiden perehdyttämisestä ja kouluttamisesta huolehditaan koko hankkeen keston ajan. Puhtaudenhallinnan tulee ulottua jälkitöihin ja muuttoon saakka (Andersson 2008b).

Pölynhallintaan on monia keinoja. Työmaaliikenne tulee ohjata omista sisäänkäynneistä varsinkin, jos osa rakennuksesta on normaalissa toiminnassa. Työmaa-alue tulee osastoida ja mahdollisesti alipaineistaa koko rakentamisen ajaksi (Andersson 2008b). Jos tilassa on havaittu kosteusvaurioita, tulee osastointi tehdä aina, tällöin osaston

sisällä pölyn ja kaasujen poistoa on tehostettava kohdepoistoilla (Riala 2003b). Osastoinnin voi purkaa vasta puhtaista tiloista (Lapinlampi 2009).

Uudisrakentamisessa ei ole samoja ongelmia kuin korjausrakennuskohteissa, joissa on työn aikaista toimintaa. Rakennusaikana ei pidä lainkaan käyttää ilmanvaihtolaitteita likaantumisongelman vuoksi (Sundman 2009). Rakennussiivous on suoritettava päivittäin samoin kuin jätteiden poisviennistä on huolehdittava (Andersson 2008b). Pölyävä purkujäte pudotetaan kerroksista esimerkiksi tiiviitä putkistoja pitkin suoraan suojattuun säiliöön (Riala 2003b). Alueen jätehuollosta ja jätteiden lajittelusta on huolehdittava. Purkutöiden jälkeen pinnoille tehdään perusteellinen imurointi. Kaikissa pölyä synnyttävissä työvaiheissa on käytettävä kohdepoistoja. IV-asennustöissä noudatetaan puhtaan ilmanvaihdon edellyttämää asennustapaa. Pölyäviä ja likaavia työvaiheita suunnitellaan ja tehdään hallitusti: laastin sekoitus suljetussa tilassa, kipsilevyn työstö alipaineistetussa tilassa, talotekniikka-aukkojen leikkaus ennen kattolevyjen asennusta (Andersson 2008b). Tarvikkeiden varastointi ei saa olla rakennussiivouksen esteenä eikä rakennustarvikkeet saa likaantua varastoinnin aikana.

Työmaan siivoukseen betonipölystä ei saa käyttää kuivaharjausta, vaan lastaa tai imurointia teollisuusimurilla tai keskuspölynimurilla.

Pölyn määrään vaikuttaa kaikkein eniten jokaisen rakennuksella työskentelevän oma asenne rakennushankkeen puhtaudenhallintaan.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta on astunut voimaan 1.6.2009. Siinä 70§:n 3 momentin mukaan pölyntorjunnassa on käytettävä riittävän tehokkaita paikallispoistolaitteita. Tällöin on tarvittaessa esimerkiksi osastoitava työtilat (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2009).

Rakennustyön turvallisuutta koskevaan asetukseen on 1.6.2009 alkaen lisätty pykälä, jonka mukaan jokaisella rakennushankkeella on oltava turvallisuuskoordinaattori. Tiedotteessa, jonka Talonrakennusteollisuuden Uudenmaan piiri ry on lähettänyt, sanotaan turvallisuuskoordinaattorista seuraavaa: ”Vaikka rakennuttaja (henkilö tai organisaatio) nimeää rakennushankkeeseen rakennuttajan vastuullisen edustajan (turvallisuuskoordinaattorin), niin rakennuttajaa koskevat ne velvoitteet ja vastuut, mitä työ-

turvallisuuslaissa (738/2002), tässä rakennustyön turvallisuutta koskevassa asetuksessa sekä rikoslain 47 kappaleessa (578/1995) säädetään. Edellä mainitun lainsäädännön mukaan hän on Suomessa aina henkilö”.

Kun rakentamisen pölynhallintaan on puututtu lainsäädännöllisin keinoin, voisi odottaa, että sillä olisi vaikutusta hyvän rakennustavan leviämiseen.

3.2 Pinnoille laskeutunut ja kiinnittynyt orgaaninen lika

Lika kiinnittyy pinnoille mekanismein, jotka jaetaan neljään ryhmään: muotoon perustuva kiinnittyminen, kiinteiden aineiden välinen vetovoima, nestemäisten aineiden kiinnittyminen sekä sitovan aineen välityksellä tapahtuva kiinnittyminen (Pesonen-Leinonen 2003, 19).

Muotoon perustuvaa kiinnittymistä kiinteillä aineilla ovat lukkiutuminen, kuten pinnan epätasaisuus tai huokoisuus sekä geometrinen efekti, kuten lian kiinnittyminen tekstiilikuitujen väleihin. **Kiinteiden aineiden välisiä vetovoimia** ovat molekulaariset ja sähköstaattiset adheesiovoimat. Tällöin kiinnittyvien aineiden väliin muodostuu rajapintakerros, jossa molekyylivoimat ovat erilaisia kiinteän aineen sisäisten molekyylivoimiin nähden. Positiivisesti varautuneet pinnat likaantuvat negatiivisia voimakkaammin, sillä ilmassa leijuvat partikkelit ovat pääsääntöisesti negatiivisesti varautuneita. Pintajännitysvoimat ja kapillaarivoimat vaikuttavat **nestemäisten aineiden kiinnittymiseen** kiinteälle pinnalle. **Sitovana aineena** öljy on tehokas partikkelilian kiinnittäjä varsinkin tekstiilipinnoissa. (Pesonen-Leinonen 2003, 20–23).

Puhdistusmenetelmän valintaa ohjaa lian ja pinnan fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. Puhdistuksessa vaikuttavat kemialliset ja mekaaniset tekijät sekä aika ja lämpötila (Pesonen-Leinonen 2003, 24).

Sairaaloissa pinnoilla oleva lika voi olla indikaattori kontaminaatioissa ja pahimmillaan lattiapinnoilla olevat tahrat ovat turvallisuusriski (Reijula 2008).

Rakennussuunnittelussa otetaan huomioon koko rakennuksen elinkaaren aikainen siivottavuus ja puhtaanapito. Suunnitteluvaiheen aikana huomioidaan rakentamisen aikainen siivous, joka määritellään jo urakkarajaliitteessä. Materiaalivalintojen ja teknisten ratkaisujen osalta huomioidaan sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien puhtausluokat. Rakentamisen aikana otetaan huomioon rakennustarvikkeiden varastointi ja suojaus kosteudelta ja liialta samoin kuin rakentamisen aikainen pintojen suojaus ja puhtaanapito. Myös käyttööntovaiheen loppusiivous ja varsinaisen käytön aikainen puhtaanapito tulevat huomioiduksi jo rakennussuunnittelussa (Rakennustieto 1998).

Rakennustietosäätiön Ratu-suunnitteluohjeessa 1214-S on esitetty lähtötietoja rakennustöiden apu- ja huoltotöiden suunnittelemiseksi. Ohjeita on rakennuksen suojauksesta, työmaatilojen hoidosta, työmaakuljetuksesta, työnaikaisesta siivouksesta sekä loppusiivouksesta. Ohje sisältää myös määräyksiä, asetuksia, standardeja ja ohjeita sekä malleja tarkastuslistoista (Rakennustieto 2005). Viranomaismääräykset, -asetukset ja -ohjeet liittyvät lähinnä työturvallisuuteen. Lisäksi hyvän rakennustavan mukaisia työmenetelmiä ja rakennustarvikkeiden asennusohjeita esitetään Ratu-kortistossa

Rakennussiivouksella tarkoitetaan rakentamisen aikaista siivousta ja loppusiivousta. Rakennussiivouksen tehtävänä on poistaa rakentamisesta syntynyt lika ja jäte sekä näkyviltä että ei-näkyviltä pinnoilta (Andersson 2004, 9). Ei-näkyviä pintoja ovat kalusteiden taakse ja alle jäävät pinnat sekä esimerkiksi kattorakenteiden yläpuolelle jäävät pinnat.

Rakennussiivous aloitetaan muutos- ja peruskorjaushankkeissa heti kun purkutyöt ovat käynnistyneet. Uudisrakennuskohteissa siivous aloitetaan runkotyövaiheen lopulla ennen sisärakennustöitä. Rakentamisen aikaista siivousta jatketaan, kunnes alkaa loppusiivouksen ensimmäinen vaihe.

Muutos- ja peruskorjaushankkeiden purkutyön aikana tapahtuvan siivouksen tavoitteena on poistaa purkujäte ja estää lian leviäminen. Lisäksi säilytettäviä pintoja este-

tään likaantumasta ja vaurioitumasta. Jos alueella on toiminnassa olevia alueita, vähennetään siivouksella pölyhaittojen leviäminen (Andersson 2004, 11).

Uudisrakentamisen runkovaiheen aikaisen siivouksen tarkoituksena on poistaa jäte ja lika, joka hidastaa pintojen kuivumista. Lisäksi jotkut työvaiheet edellyttävät tiettyä puhtaustasoa (Andersson 2004, 11).

Sisärakennusvaiheen aikaisella siivouksella on samat tavoitteet kuin purkutyön ja runkovaiheenkin aikana, mutta lisäksi siivous estää lian jäämisen rakenteiden ja kalusteiden alle ja taakse (Andersson 2004, 11).

Rakentamisen puhtauden hallintaa edistää myös suunnitelmallisen jätehuollon järjestäminen. Rakennuksen jätehuollon kustannukset koostuvat jätteiden keruusta ja lajittelusta, vaihtolavojen vuokrista ja tyhjennyksistä sekä jätteen käsittelymaksuista vastaanottopisteissä (Puukka 2009, 5). Lajitellulla rakennusjätteellä on pienemmät käsittelymaksut kuin sekalaisella rakennusjätteellä. Lisäksi huolellinen jätehuolto parantaa työmaan tehokkuutta ja turvallisuutta.

Korjausrakentamisen osuus koko rakennustuotannosta vuonna 2000 oli 40%. Korjausrakentaminen eroaa uudisrakentamisesta purkuvaiheen osalta. Purkuvaiheessa syntyy jätettä runsaasti. Korjaustoiminnan jätteet YTV:n alueella vuonna 2000 sisälsivät puujätettä 46 %, kiveä 9%, metallia 21% ja muuta jätettä 25% (Puukka 2009, 6).

Rakennussiivouksen arvostus nousi, jos se mielletäisiin osaksi rakennusprosessia, jolla tuetaan rakentamiselle asetettujen laatuvaatimusten saavuttamista.

4.1 Sisäilmastoluokitus 2008

Vuonna 1995 julkaistiin Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus ja sen päivitetty versio Sisäilmastoluokitus 2000, julkaistiin vuonna 2001. Uusin versio Sisäilmastoluokitus 2008 Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset, julkaistiin nimensä mukaisesti vuonna 2008. Asiakirjan laati Sisäilmastoyhdistys ry DI Jorma Säterin johdolla. Käsikirjoituksen laatimiseen osallistuivat myös restonomi (AMK) Tarja Andersson, TkT Valtteri Hongisto ja TKT Jarek Kurnitski.

Asiakirjan rahoituksesta vastasivat ympäristöministeriö, Sisäilmayhdistys ry, Fläkt Woods Oy, HB Sisäilmatutkimus Oy ja Sisäilmamestarit Oy (Sisäilmastoluokitus 2008, 3).

Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden avuksi. Sitä voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi soveltuvien osin myös korjausrakentamisessa. Luokitus antaa sisäilmaston tavoite ja suunnittelu-arvot. Luokitus täydentää rakentamiseen liittyviä asiakirjoja, mutta ei kumoa viranomaissäännöksiä eikä niistä julkaistuja tulkintoja. Sisäilmastoluokitus ei ole viranomaisohje tai sellaisen tulkinta, mutta luokituksessa mainitut asiat muuttuvat sopimusosapuolia sitoviksi, mikäli niihin viitataan yksilöidysti hankkeen sopimusasiakirjoissa (Sisäilmastoluokitus 2008, 5-7).

4.1.1 Sisäilmaston laatuluokat S1, S2 ja S3

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen. Laatuluokat ovat S1, S2 ja S3.

S1 eli yksilöllinen sisäilmasto saavutetaan silloin kun tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllälämpenemistä esiinny ja tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja yksilöllisesti säädettävä valaistus tukemassa hyviä valaistusolosuhteita (Sisäilmastoluokitus 2008, 8).

S2 eli hyvä sisäilmasto saavutetaan kun sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät eikä vetoa yleensä esiinny, mutta kesäpäivinä voi yllälämpeneminen olla mahdollista. Tiloissa on lisäksi niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet (Sisäilmastoluokitus 2008, 8).

S3 on tyydyttävä sisäilmasto. Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Luokka S3

vastaa maankäyttö - ja rakennuslain sekä terveydensuojelulain 309/2006 vaatimuksia. Nykytietämyksen mukaan S3 tavoitearvojen toteutuessa ei terveille henkilöille aiheudu terveyshaittaa, jos ilmanvaihto toimii suunnitellulla tavalla eikä rakennuksessa ole erityisiä epäpuhtauslähteitä (Sisäilmastoluokitus 2008, 8).

Eri suureiden tavoite - ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista. Lämpöolosuhteiden tavoitearvot koostuvat operatiivisesta lämpötilasta ja olosuhteiden pysyvyydestä. Ilman liikenopeuden (m/s) tavoitearvo määritellään 21, 23 ja 25 asteen celsiusta lämpötiloissa. Ilman laadun tavoitearvot koostuvat hiilidioksidipitoisuudesta, radonpitoisuudesta ja olosuhteiden pysyvyydestä. Ääniolosuhteiden tavoitearvot on määritelty standardin SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus- mukaisesti. Valaistuksen tavoitearvot suunnitellaan standardin SFS –EN 12464-1 mukaisesti. S1 – luokassa työpis- tevalaistuksen tulee olla käyttäjän säädeltävissä. Valaistussuunnittelussa otetaan huomioon valaistusvoimakkuus työalueella ja lähialueella, häikäisyindeksi sekä värin- toindeksi (Sisäilmastoluokitus 2008, 9-13).

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajan, tilaajan tai rakennuttajakonsultin tulee yhdessä suunnittelijoiden kanssa määrittellä ja valita sisäilmastoa, siihen vaikuttavien rakennustöiden puhtautta ja rakennusmateriaalien päästöjä koskevat tavoitearvot. Päätökset tulee antaa tiedoksi kaikille hankkeeseen osallistuville suunnittelijoille. Tässä vaiheessa asetetaan yleistavoitteet määrittelemällä keskeisten tilatyyp- piin sisäilmasto- luokat (Sisäilmastoluokitus 2008, 15).

Rakennustöiden suunnittelua ja ohjausta varten valitaan rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka sekä rakennusmateriaalien valintaa varten rakennus- materiaalien päästöluokka (Sisäilmastoluokitus 2008, 15).

Mikäli rakennushankkeelle valitaan S1- ja S2- luokan laatutavoite, tulee rakennustyöt ja ilmanvaihtojärjestelmä olla P1 –luokkaa sekä rakennusmateriaalit M1-luokkaa (Si- säilmastoluokitus 2008, 15).

4.1.2 Puhtausluokitus P

Rakennustöiden puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että tilat ovat puhtaat kun ne luovutetaan käyttäjille (Sisäilmastoluokitus 2008, 20). Tilojen tulee olla luovutusvaiheessa, loppusiivouksen jälkeen, niin puhtaat, että ne voidaan ottaa välittömästi käyttöön.

Rakennustöiden puhtausluokitus P1 määritellään työ- ja asuintiloissa, joissa pyritään sisäilmastoluokituksen S1 tai S2 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun. Tällöin rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Pinnoilla ei saa olla hienojakoista likaa, joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirran mukana. Tilassa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja eikä jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu. Tiloissa voidaan tehdä ilman erityistoimia pölyämättömiä töitä.

Puhtausluokka P2 toteutuu tavanomaisissa asuin- ja toimistotiloissa, joissa pyritään sisäilmastoluokan S3 mukaiseen sisäilman laatuun. Tällöin rakennustöiden puhtaudelle ei ole asetettu erityisvaatimuksia (Sisäilmastoluokitus 2008, 20).

Rakennuksen puhtautta arvioidaan ennen toimintakokeita silmämääräisesti. Tällöin arvioidaan myös niiden pintojen puhtautta, jotka eivät jää valmiissa rakennuksessa näkyviin. Arviointi tehdään katto-, seinä-, kaluste-, ja lattiapinnoille sekä alakattojen yläpuolella oleville pinnoille (Sisäilmastoluokitus 2008, 20).

Ennen luovutusta arvioidaan kaikki näkyvät pinnat sekä kalusteiden sisäpinnat. Puhtaus arvioidaan kattopinnoista myös valaisinkoteloista, kattoikkunoiden puitteista, jäähdytyspalkeista ja ilmanvaihdon päätelaitteista. Seinäpintojen osalta arvioidaan putket, ikkunat, ovet, karmit, listat, valaisimet ja kaiteet. Kalusteita ovat saniteettikalusteet, kiinteät kaapit ja hyllyt sekä rakennukseen kuuluvat koneet ja laitteet. Lattiapintojen puhtauden arviointiin kuuluu lattiapintojen lisäksi lattiaritilät - ja kaivot, kynnykset ja portaat (Sisäilmastoluokitus 2008, 20).

Valitun puhtausluokan vaatimusten täyttyminen arvioidaan pääsääntöisesti silmämääräisesti. Tarvittaessa pintojen pölykertymä mitataan geeliteippimenetelmällä INSTA 800 – standardin mukaisesti. Puhtausluokan P1 sallitut pölykertymät ennen ilmanvaihdon toimintakokeita alakaton yläpuolella, pinnoilla yli 180 cm korkeudella ja pin-

noilla alle 180cm (ei lattiapinnat) on 5%. Ennen rakennuksen luovutusta pinnoilla yli ja alle 180 cm sallitaan pölykertymä 1% ja lattiapinnoilla 3%.

Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelemät raja-arvot pintapölylle perustuvat TPA Andersson Oy:n vuosina 2006-2008 keräämiin pintapölynäytteisiin. Näytteet on kerätty 12 uudis- ja peruskorjaushankkeesta, joissa oli noudatettu puhtausluokan P1 rakentamistapaa (Andersson 2008a, 197). Pintapölymittaukset oli otettu BM-DustDetector-mittauslaitteella. Luokittelussa sovellettiin INSTA 800-standardin mukaista luokitusta. Siivousmenetelmiä ja -välineitä ei ole vakioitu ja mittaus on suoritettu 2-24 tuntia siivouksesta. Aikaisemmin kuin 2008 julkaistussa Sisäilmastoluokituksissa ei ollut mainintaa puhtaustason määrittämisestä.

4.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus (P)

Ilmanvaihdon tarkoituksena on terveellisen ja viihtyisän sisäilman ylläpitäminen rakennuksessa. Ilmanvaihtojärjestelmä poistaa syntyvät epäpuhtaudet ja tuo ulkoilmaa korvausilmaksi (Sisäilmastoyhdistys ry. Terveelliset tilat).

Epäpuhtaudet johtuvat ihmisten aineenvaihdunnasta ja toiminnoista, asumisesta, rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä ulkoilmasta ja joskus myös maaperän radonista. Toimiva ilmanvaihto on hyvän sisäilman perusta. Hyvä ilmanvaihtojärjestelmä on riittävän tehokas, meluton, ei aiheuta vetoa ja on helposti huollettavissa ja säädettävissä. Se ei myöskään aiheuta viihtyvyys- tai terveyshaittaa (Sisäilmayhdistys ry, Terveelliset tilat).

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan tuloilman hyvä laatu. Tuloilmassa ei saa olla ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevia terveydelle tai viihtyisyydelle haitallisia aineita kuten mikrobeja, kuituja tai hiukkasia (Sisäilmastoluokitus 2008, 28). Pölyjen haitat valmiissa rakennuksessa ovat usein seurausta rakennusaikaisen pölyn kertymisestä ilmakehään, josta sitä voi joutua huoneilmaan. Kanavaan kertynyt pöly voi toimia myös kasvualustana homeille ja muille mikrobeille (Rakennustietosäätiö 1995, 2).

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksessa käytetään kahta puhtausluokkaa eli P1 ja P2. Myös ilmanvaihdon puhtausluokka valitaan suunnitteluvaiheessa. Jos valitaan sisäilmastoluokituksiksi S1 eli yksilöllinen sisäilma, tulee ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka olla P1 ja suodatusluokka F8. Hyvä sisäilma eli S2 edellyttää myös ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkaa P1, mutta suodatusluokka voi olla F7. Tyydyttävä sisäilma edellyttää ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkaa P2 ja suodatusluokkaa F6. Kuitenkin vilkkaiden liikenneväylien ja muiden hiukkaslähteiden läheisyydessä tulee S1- ja S2 – luokissa käyttää yhtä luokkaa tehokkaampaa tuloilman suodatusta (Sisäilmastoluokitus 2008, 28).

Ilmastointilaitteiden puhtaus määritellään keskimääräisen pöykertymän mukaan. Vaatimus puhtausluokka P1:ssä on alle $0,7\text{mg}/\text{m}^2$ ja puhtausluokka P2 alle $2,5\text{mg}/\text{m}^2$. Visuaalista tarkastusta varten on laadittu ”Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastusohje”, jossa varmistus tehdään 5 erillisestä mittauskohdasta, jolloin 1 kohta arvioidaan joka vaakakanavan alkavaa 200 metriä kohti. Isoissa kohteissa kanavisto jaetaan pienempiin osiin (Sundman 2009, Sisäilmastoluokitus 2008, 28-29).

Ilmanvaihtosuodattimien luokitus on kaksijakoinen. Kaikki luokitellut suodattimet kuuluvat M1- puhtausluokkaan, mutta lisäksi ne on jaoteltu eri luokkiin niiden hiukkaserotusasteen perusteella. Siitepölysuodatin F5/F6 on hienosuodatin, joka erottaa vähintään 20% yli $1,0\mu\text{m}$ hiukkasista. Kaupunkipölysuodatin F7 on hienosuodatin, joka erottaa vähintään 80% yli $1,0\mu\text{m}$ hiukkasista ja vähintään 50% yli $0,4\mu\text{m}$ hiukkasista. Pienhiukkassuodatin F8 ja F9 on hienosuodatin, joka erottaa vähintään 90% yli $1\mu\text{m}$ hiukkasista ja vähintään 70% yli $0,4\mu\text{m}$ hiukkasista (Sisäilmastoluokitus 2008).

4.2 Kaksivaiheinen loppusiivous

Loppusiivouksen toteutus määritellään urakka-asiakirjoissa. Urakka-asiakirjoissa tulee lisäksi mainita, toteutetaanko rakentaminen Sisäilmastoluokitus S1 tai S2 tasoisesti, jolloin loppusiivouksessa noudatetaan P1 puhtausluokkaa.

Loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen tavoitteena on poistaa pinnoilta pöly, että se ei kulkeudu toimintakokeiden aikana ilmanvaihtokanaviin (Andersson 2004, 10). Toimintakokeen aikana testataan kaikkien rakennuksen teknisten laitteiden, kuten ilmas-

toinnin, toiminta. Ennen toimintakoetta rakennustyömaalla on rakennettu järjestelmäseinien osat, tehty tasoite-, hionta- ja laatoitustyöt, maalattu katot, asennettu akustolevyt, rakennettu alakaton rungot, asennettu jäähdytyspalkit suojattuina sekä tehty sähkö ym. asennukset (Rakennustieto 2003,18).

Ensimmäisessä vaiheessa tehtäviä siivoustöitä ovat ikkunoiden pesu, pattereiden, jäähdytyspalkkien yms. suojiin poisto, lattiasuojien poisto, alakaton ylärakenteen puhdistus, irtolian poisto taso- ja pystypinnoilta sekä kalusteista, IV-konehuoneen ja IV-laitteiden ulkopintojen puhdistus (Andersson 2004). Mikäli pinnoilla on näkyvää pölyä toimintakokeiden aikana ja koe ei sen vuoksi onnistu, vaikutus kohdistuu koko työmaan aikatauluun ja mahdollisesti myös luovutusaikatauluun.

Ensimmäisen vaiheen jälkeen tiloja siivotaan säännöllisesti, ettei rakennuksen puhtauden taso pääse laskemaan. Toimintakokeen jälkeen rakennustyömaalla paikkamaalataan, asennetaan päätelaitteet, tehdään toimintakokeita ja säätötöitä sekä asennetaan alakattokasetit (Rakennustieto 2003, 18). Loppusiivouksen toinen vaihe tehdään ennen tilojen vastaanottoa. Tällöin kaikki tilat tarkistussiiivotaan, tahrat poistetaan, pölyt poistetaan kaikilta pinnoilta ja lattiamateriaaleille tehdään käyttöönottopuhdistus (Andersson 2004).

Loppusiivouksessa käytettävät menetelmät ja välineet valitaan siten, että ne nostavat mahdollisimman vähän pölyä ilmaan, näin siivouksella ei lisätä sisäilman hiukkaspitoisuutta. Tämä on tärkeää varsinkin, jos korjausrakentamisen syynä ovat olleet sisäilmaongelmat ja rakennuksessa on havaittu mikrobikasvustoa.

Puhtaustaso P1-tiloissa käytetään pölynimuria, joka on varustettu hiukkaspölysuodattimella, jonka suodatus on vähintään 98% 3µm hiukkasille (Andersson 2004, 28), myös keskuspölynimuri on puhtaan sisäilman kannalta hyvä vaihtoehto.

Useissa tutkimuksissa on todettu mikrokuituliinan teho pölynsidonnessa perinteiseen pyyhkeeseen verrattuna. Mikrokuituliinalla tehtävässä kuivapyyhinnässä hiukkaslika ja mikrobit poistuvat pinnoilta staattisen sähköistymisen avulla ja ne pysyvät pyyhkeessä eivätkä lähde leijumaan uudelleen ilmaan ja puhdistettaville pinnoille. Nihkeä ja kosteapyyhinnässä lika poistuu pinnoilta kapillaarivoimien avulla, jolloin vesi ja

mikrokuitu poistavat pinnoilta noin 70% liasta (JohnsonDiversey 2007). Kuitenkin sairaalaympäristössä tehdyn tutkimuksen mukaan pinnat puhdistuvat mikrobiologisesti liasta parhaiten käyttämällä mikrokuituliinaa ja puhdistusaineliuosta (Kymäläinen ym.,2008). Mikäli mikrokuituliinalla pyyhitään erittäin kovaa ja terävsärmäistä hiukkaslikaa, se voi saada hankausjälkiä esimerkiksi pleksimuoviin (Roiko-Jokela ym. 2004). Tämän vuoksi loppusiivouksessa välineiden puhdistuksella ja huollolla on tärkeä merkitys. Myös mahdolliset mikro-organismit tuhoutuvat päivittäisessä pyykinpesuprosessissa (Phelps 2008).

Loppusiivouksen ensimmäinen vaihe vastaa työtehtäviltään ja kuormitukseltaan kiinteistön perussiivousta, kun taas toisen vaiheen loppusiivous vastaa ylläpitosiivousta (Andersson 2004, 28).

Loppusiivouksen jälkeen tilojen tulee olla niin puhtaat, että rakennus on mahdollista ottaa käyttöön. Vastaanoton jälkeen tiloissa ei tehdä mitään rakennustöitä, jotka tuottavat likaa ja pölyä.

5 AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

5.1 Siivous ja sisäilma

TPA Andersson Oy on tutkinut rakennushankkeiden, joissa on noudatettu P1 rakentamistapaa, pölykertymiä ennen toimintakokeita ja loppusiivouksen jälkeen. Pölynäytteet on otettu 12 uudis- ja peruskorjaushankkeesta vuosina 2006 - 2008 (Andersson 2008a, 197). Saatujen tulosten perusteella määriteltiin Sisäilmastoluokitus 2008 raja-arvot sallitulle pintapölymäärälle. Aikaisemmissa Sisäilmastoluokituksissa ei ole ollut pintapölymääriä.

TPA Andersson Oy ohjasi tutkimushanketta ja toteutuksesta vastasi Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologiayksikön rakennuslaboratorio, jossa mitattiin ja määriteltiin raja-arvot puhtausluokan P1 ilmanvaihdon asennusolosuhteiden ja toimintakoevaiheen ilman pölypitoisuuksille (Jansson & Andersson 2009, 45-47). Tutkimuksessa otettiin näytteitä 74:stä eri tilasta, jotka sisältyivät 15 erilliseen kohteeseen neljässä eri

uudis - ja korjausrakennushankkeessa. Menetelminä käytettiin ilman laserfotometriä (optista) pölymonitorointia, gravimetriä pölyn suodatinkeräystä ilmasta ja lattiapinnoilta sekä lattiapintojen mikrobipitoisuuksien määrittystä mikrobimenetelmällä (Jansson & Andersson 2009, 49). Tulokset osoittivat, että työmaan puhtaudenhallinnalla voidaan edistää merkittävästi työmaan sisäilman laatua. Vaikka pintojen ja ilman puhkaus korreloivat keskenään, pölymittaukset ilmasta ja pinnoilta ovat toisiaan täydentäviä, eivät poissulkevia menetelmiä seurata rakennushankkeiden puhtautta (Jansson & Andersson 2009, 49).

Marja Aulanko, Leila Kakko ja Eija Pesonen-Leinonen ovat tutkineet sisäilman laatua toimistokiinteistöissä ja laboratorio olosuhteissa. Tutkimus oli osa Tekesin rahoittamaa Terve talo- tutkimusohjelmaa (Aulanko ym. 2000, 5). Mittalaitteina he käyttivät BM-DustDetector- mittaria, jolla mitataan pintapölyä, Climet CI 500 – mittaria, ilman hiukkasjakaumamittaria, sekä ilmapumppua ja kaasukelloa mittaamaan ilman hiukkas-ten massaa. Tutkimuksen mukaan siivouksen vaikutus sisäilmahiukkaspitoisuuden muutokseen oli pienempi ja vaikeammin tulkittavissa kuin oli oletettu (Aulanko ym. 2000, 74). Siivousmenetelmät valittiin aiempien tutkimusten mukaisesti eniten käytössä olevista menetelmistä. Menetelmiä oli kuusi (Aulanko ym. 2000, 58). Eri menetelmien välille ei saatu selkeitä eroja vaan kaikki tutkimuksessa mukana olleet välineet ja menetelmät olivat sisäilman hiukkas- pitoisuuden kannalta yhtä hyviä. Pölymittauksia oli kaikkiaan 18 ja ne suoritettiin pääsääntöisesti ennen siivousta. Näin saatiin selville pinnoille laskeutunut pölymäärä. Johtopäätöksenä tutkimuksesta oli se, että sisäilman hiukkas- pitoisuuden mittauksissa pitäisi voida säädellä myös ilmanvaihtoa (Aulanko ym 2000, 74).

5.2 Sisäilmatutkimuksia

”Sairaana rakennuksen” peruskorjaus- haasteena luottamuksen saavuttaminen on tapaututkimus vuodelta 2008, jossa kuvataan ”hometalon” maineessa olevan rakennuksen peruskorjauksen yhteydessä toteutettua interventiota. Interventiolla pyrittiin edistämään viestintää, yhteistoimintaa ja luottamusta eri asiantuntijoiden kesken ja asiantuntijoiden ja tilan käyttäjien välillä sekä edesauttaa hyvän sisäilman saavuttamista. Tutkimuksessa oli mukana asiantuntijoita Työterveyslaitokselta, Helsingin yliopistolta ja Insinööritoimisto Mikko Vahanen Oy:stä (Lahtinen ym. 2008). Tutkimuksen mu-

kaan hyvän tuloksen kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että peruskorjatut tilat ovat remontin jälkeen terveet ja turvalliset, sillä hyvällä viestinnällä ei voi paikata huonon rakentamisen laatua. Sen sijaan huonolla viestinnällä voidaan pilata hyvän rakennustyön arvostus. ”Sairaana rakennuksen” tai ”hometalon” maineessa olevan kohteen peruskorjauksessa tarvitaan teknisen osaamisen lisäksi vankkaa vuorovaikutus- ja riskiviestinnän osaamista (Lahtinen ym. 2008).

Heidi Salonen väitteli tohtoriksi syyskuussa 2009 Kuopion yliopistossa Luonnon- ja ympäristötieteiden tiedekunnassa aiheesta Indoor Air Contaminants in Office Building. Tutkimuksessa selvitettiin Työterveyslaitoksen tutkimusaineistoon perustuen mikrobien, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden, formaldehydin ja teollisten mineraalikulitujen laadullista ja määrällistä esiintymistä pääkaupunkiseudun toimistorakennuksissa. Puhtaanapidon kannalta tutkimuksen tuloksista mielenkiintoisin oli teollisten mineraalikulitujen esiintyminen. Teolliset mineraalikulidut olivat yleisiä huonepinoilla sekä tuloilmakanavistoissa. Tulosten perusteella tutkimuksessa ehdotetaan viitearvoksi teollisten mineraalikulitujen kahden viikon laskeumapölylle tasoa 0,2 MMVF/cm². Teolliset mineraalikulidut, joiden pituus on $\geq 20\mu\text{m}$, voivat liittyä toimistotyöntekijöiden ylempien hengitysteiden ja silmien ärsytysoireisiin.

Suomen ympäristöterveyden tutkimusohjelmaan (SYTTY) kuuluvassa Sisäilman laadun hallinta-projektissa selvitettiin korrelaatioita rakennusten sisäilmaongelmia aiheuttaneiden materiaalipäästöjen ja sisäilmaperäisten oireiden/sairauksien sekä asunnon viihtyvyystekijöiden välillä. Projektissa oli mukana sisäilmaongelmaisia potilaita HYKSin Iho- ja allergiasairaalan sisäilmapoliklinikalta sekä verrokkiryhmä sellaisilta Helsingin asuinalueelta, joilta ei ollut tullut sisäilmavalituksia. Kaikki mukana olleet perheet täyttivät kyselylomakkeen, jossa kartoitettiin asunnon pintamateriaaleja sekä erilaisia asuinympäristöön vaikuttavia tekijöitä ja asukkaiden kotona kokemia oireita (Villberg ym 2004,3). Kyselylomakkeessa kysyttiin perheiden siivoustottumuksia sekä eri puhdistuskemikaalien käyttöä. Tapausperheistä jopa 18 % imuroi 30 kertaa kuukaudessa eli päivittäin, kun taas verrokkiperheissä imuroitiin 1-2 kertaa viikossa eli 4-8 kertaa kuukaudessa. Imurointikertojen määrässä ei ollut selkeää korrelaatiota tunkkaisuuden kokemisen kanssa, mutta yskän kokemisessa 45 % tapauksista, jotka eivät koskaan raportoineet yskästä joka viikkoisena haittana, imuroi kerran viikossa. Niistä tapauksista 66%, jotka kärsivät yskästä joka viikko, imuroivat vähintään kaksi kertaa

viikossa, osa jopa päivittäin (Villberg ym. 2004, 42). Lattiamateriaalina asunnoissa oli sekä tapaus - että verrokiasunnoissa muovimatto, parketti ja korkki (Villberg ym. 2004, 41).

Helsingin ammattikorkeakoulun Stadian Tekniikan ja liikenteen toimialan Rakennustekniikan koulutusohjelmassa opiskellut Merja Lavonen teki vuonna 2008 insinööri-työnsä aiheesta Sisäilman laadun osatekijät. Työ on tehty kirjallisuustutkimuksena. Usein painotetaan teknisten laitteiden ja rakenteiden osuutta sisäilman laadun epäkoh- tien osatekijänä, ulkoilman laatu, rakennus - ja sisustusmateriaalien päästöt, ilman- vaihdon toimivuus sekä asuinhuoneistoissa asukkaiden omat toiminnot voivat kuiten- kin olla yhtä lailla syyllisiä sisäilmaongelmiin. Hyvä sisäilma on mahdollisimman pölytön, hajuton, vedoton ja mauton. Se on hyvä silloin, kun tilaa käyttävät henkilöt ovat sisäilmaan tyytyväisiä ja kun sisäilmasta ei aiheudu terveystahittoja (Lavonen 2008, 1).

Teemu Multisilta ja Sakari Niittymäki tekivät vuonna 2009 opinnäytetyön Tampereen ammattikorkeakoulun Kemianteeniikan koulutusohjelmassa aiheena Sisäilmanlaatu- tutkimus Tampereen oppilaitoksien laboratoriotiloissa. Työn tarkoituksena oli selvittää millaiset työskentelyolosuhteet valituissa oppilaitoksissa vallitsee laboratoriotiloissa. Työssä selvitettiin myös miten kiinteistön ikä, kunto ja erilaiset työskentelymenetel- mät vaikuttavat ilman laatuun ja kuinka olosuhteita voidaan parantaa. Mittaukset teh- tiin vuosina 2007 - 2009 (Multisilta & Niittymäki 2009). Joissakin laboratoriotiloissa ilman hiilidioksidipitoisuus nousi erittäin korkealle tasolle ja joissakin tiloissa oppi- tuntien aikana sisäilman lämpötila kohosi voimakkaasti. Nämä ongelmat johtuvat il- manvaihtojärjestelmän toimimattomuudesta (Multisilta & Niittymäki 2009, 62). Myös tässä opinnäytetyössä otettiin kantaa siivouksen vaikutukseen sisäilman laatu- tekijänä, mutta vain Sisäilmastoyhdistyksen kirjallisuuteen perustuen (Multisilta & Niittymäki 2009, 12).

5.3 Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaanapitoon liittyviä tutkimuksia

Sirpa Kolari julkaisi lisensiaattitutkimuksen vuonna 2003 aiheesta Ilmanvaihtojärjes- telmien puhdistuksen vaikutus toimistorakennusten sisäilman laatuun ja työntekijöiden työoloihin. Tutkimuksessa selvitettiin ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen vaiku-

tusta toimistorakennusten tulo - ja sisäilman laatuun, tulokanaviston hygieniaan sekä työntekijöiden viihtyvyyteen ja oireiluun. Yhteensä 15 toimistossa, joissa ei ollut tiedossa sisäilmaongelmia, tehtiin sisäilmatutkimus vuosina 1997-2000. Tutkimuksessa selvitettiin ilmanvaihtoparametrit, hiukkasten lukumäärä - ja massapitoisuus, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja mikrobien pitoisuudet sekä CO₂-pitoisuudet. Tulokanaviston hygieniaa tarkasteltiin pöly - ja mikrobikertymänäytteiden avulla. Työntekijöiden viihtyisyyttä ja oireilua selvitettiin sisäilmastokyselyllä (ns. Örebro-kysely). Mittaukset ja kysely toteutettiin muutamaa päivää ennen kanavistojen puhdistusta ja vähintään kuukausi puhdistuksen jälkeen. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksella ei havaittu olevan vaikutusta käytetyillä mittausmenetelmillä tutkittujen toimistojen tulo - ja sisäilman epäpuhtauspitoisuuksiin. Työntekijät kuitenkin kokivat työympäristöolosuhteet puhdistuksen jälkeen paremmiksi useimpien tekijöiden suhteen ja oireilu oli vähentynyt (Kolari 2003).

Kolarin tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli koota ilmanvaihtojärjestelmien likaantumista ja puhdistusta käsittelevä tutkimustieto. Tutkimuksen kirjallisuuskatsauksessa viitataan Pasasen (1994) tutkimukseen, jonka mukaan ilmanvaihtojärjestelmän elinkaaren aikana on useita vaiheita, jolloin järjestelmä voi likaantua. Ilmanvaihtotuotteet voivat olla likaisia jo työmaalle tullessaan, jolloin ne ovat likaantuneet tehtaalla valmistusvaiheessa tai matkalla työmaalle. Toisaalta varastointi työmaalla ja asennuspäikällä voi olla suojaamattomana alttiina likaantumiselle. Luoman (2000) mukaan merkittävin syy uusien ilmanvaihtojärjestelmien likaantumiseen on asentamisen aikana työmaan rakennuspölystä ja asennuksessa käytettävän kulmahiomakoneen tuottamasta metallipölystä (Kolari 2003, 13).

Franssonin (1995) matemaattisen laskentamallin mukaan EU5-luokan suodattimella varustetussa ilmanvaihtojärjestelmässä tuloilmakanavien pohjalle kertyy pölyä vuosittain 0,3g ja EU 7 -luokan järjestelmissä 0,1g, jos molemmissa laskentatapauksissa ulkoilman hiukkaspitoisuus on sama (Kolari 2003, 14).

Pasanen (1998) ja Holopainen (1999) ovat tutkineet ilmanvaihtojärjestelmien epäpuhtauksia ja todenneet niiden olevan suurelta osin epäorgaanista alkuperää, mikä viittaa siihen, että lika on rakennusaikaista epäpuhtautta (Kolari 2003, 14).

Puhakka (1992), Augar (1994) ja Ahmad (2001) totesivat tutkimuksissaan, että huoneilman pölypitoisuus nousi ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen aikana kolminkertaiseksi ennen puhdistusta vallinneeseen tilanteeseen, lisäksi sädesienienpitoisuudet kohosivat puhdistuksen aikana. Tämän vuoksi on tärkeää estää lian kulkeutuminen ympäröiviin työtiloihin puhdistuksen aikana (Kolari 2003, 18).

Kovanen ym. ovat tehneet tutkimuksen nimeltä Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöjä Altistumista, mittaamista ja tuotetestausta. Tutkimus on Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) ja teollisuuden rahoittama ILMI- tutkimushanke. Vuosina 2003-2005 tutkittiin 10 toimistorakennuksen ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöjä ja henkilöstön altistumista hiukkaspäästöille. Lisäksi kehitettiin uusia mittaus – ja analysointimenetelmiä. Tutkimuksessa havaittiin, että ilmanvaihtolaitteiden ääneneristysmateriaalit ovat yksi syy kohonneisiin kuitupäästöihin ja työntekijöiden kärsimiin hengitys- ja iho-oireisiin (Kovanen ym., 2006).

5.4 Hiukkastutkimuksia

Jones, Thornton, Mark ja Harrison tutkivat vuonna 2000 Iso-Britannian eri asuinalueiden sisäilman hiukkasia. He käyttivät mittauksissa lähes reaaliaikaisesti osoittavaa TEOM-mittalaitetta 10 μ m, 2,5 μ m ja 1 μ m massapitoisuuksien mittaamiseen ja PTFE- ja QMA- suodattimia kemiallisen koostumuksen määrittämiseen. Tulokset antoivat viitteitä ulkoilman hiukkasten merkittävästä vaikutuksesta sisäilman hiukkaspitoisuuksiin. Sisäilmalähteet, kuten ruuan valmistus, tupakointi, siivous ja normaali toiminta sisällä, vaikuttivat sisäilman 10 μ m hiukkaspitoisuuksiin. Ruuan valmistus ja tupakointi lisäsivät lisäksi 2,5 μ m ja 1 μ m kokoluokan hiukkasten määrää sisällä. Siivous ja normaali toiminta saivat aikaan yli 2,5 μ m hiukkasten resuspension (Jones ym. 2000).

Myös yhdysvaltalaiset tutkijat Ferro, Kopperud ja Hildeman ovat tutkineet hiukkasmittausten ja matemaattisen mallin avulla ihmisen toimintaa sisäilmaan nousevan pölyn lähteenä. He tutkivat peittojen taittelun, vaatteiden viikkauksen, kuivapölytyksen, vuoteen sijaamisen, tanssimisen matolla, tanssimisen puulattialla, imuroimisen, kävelemisen ympäriinsä ja istumisen pehmustetulla huonekalulla vaikutuksen pölyn määrään. Tutkimus tehtiin yhdessä asunnossa viitenä peräkkäisenä päivänä. Näytteet kerät-

tiin integroivilla 2,5 μ m- ja 5 μ m-syklonisodatinkeräimillä samanaikaisesti sekä reaaliaikaisilla hiukkaslaskureilla. Pienimmät mitattavat hiukkaset olivat 0,3-0,5 μ m ja suurimmat kokoluokkaa >5 μ m. Imuroiminen vaikutti voimakkaimmin 2,5 μ m-hiukkasten pitoisuuksien nousuun suhteessa muihin toimintoihin, kun taas kahden ihmisen kävely ympäriinsä nosti eniten 5 μ m-hiukkasten pitoisuutta. Kahden ihmisen kävely ja istuminen oli kolme kertaa voimakkaampi hiukkaslähte kuin yhden ihmisen vastaava toiminto. Päästövaikutusten voimakkuus riippui siis henkilöiden määrästä, aktiivisuuden voimakkuudesta, aktiviteetin luonteesta, pölykuormasta sekä lattiatyy-pistä ja huonekalujen tyylistä (Farro ym, 2004).

Vesa Asikainen ja Pertti Pasanen Kuopion yliopiston Ympäristötieteen laitokselta ja Jari Palonen Teknisen korkeakoulun Energiatekniikan laitokselta ovat tutkineet vuonna 2009 Pölyisyyden ja pölyaltistumisen vähentämistä uudisrakentamisessa. He keskittyivät mittauksissa pöly - ja eristevillakuitupitoisuuksien selvittämiseen sekä työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä että kiinteistä mittauspisteistä. Lisäksi he tarkastelivat pinnoille kertyvän pölyn määrää työmaan eri rakentamisvaiheissa (Asikainen ym 2009, 52). Neljästä tutkimuskohteesta kahdessa he mittasivat testattavien pölyhallintatoimenpiteiden vaikutusta työntekijöiden altistumiseen, ilman pölypitoisuuteen ja pintojen pölykertymiin. Loput kaksi tutkimuskohdetta olivat vertailurakennuksia, missä rakennustyö suoritettiin normaalin hyvän rakennuskäytännön mukaisesti. Myös näissä kohteissa suoritettiin vastaavat mittaukset. Tutkimuksen mukaan useissa työvaiheissa syntyvän pölyn määrää voidaan vähentää merkittävästi nykyisin markkinoilla olevilla työvälaineillä ja yksinkertaisilla työtavoissa tehtävillä muutoksilla. Esimerkiksi timanttihiomalaitteella saavutetut pölynpoistotehokkuudet olivat kaikki yli 97%, kun niiden tehoa verrattiin ilman pölynpoistoa tapahtuvaan timanttihiontaan (Asikainen ym. 2009, 54). Kahden vierekkäisen portaan pölykertymissä havaittiin samojen työvaiheiden aikana noin 10-kertainen vähentyminen (83 \rightarrow 8g/m²) kun rakennuksen pölyhallintaan kiinnitettiin huomiota (Asikainen ym. 2009, 51). Syntyvää pölyn määrää vähentämällä voidaan vaikuttaa rakennustyömaan pinnoille kertyvän pölyn määrään ja näin ollen siivoustyön tarpeeseen (Asikainen ym. 2009, 56).

6 KENTTÄKOKEET

6.1 Laitteet ja välineet

Aloitin kenttäkokeiden suorittamisen marraskuussa 2008 ja viimeiset kokeet tein elokuussa 2009. Tutkimuksen tarkoituksena oli mitata loppusiivouksen onnistumista rakennushankkeissa. Pintapölyn mittaamiseen käytin BM-DustDetectoria. Se kuuluu pohjoismaiseen INSTA 800 siivouksen laatustandardiin. Pinnan likaisuuden mittaamisessa käytin Hygiena SystemSURE II- luminometria, koska sen avulla saa tuloksen heti. Hiukkasten mittaamiseen käytin AEROTRAK 8820 partikkelilaskuria. Hiukkaslaskurilla mitattiin kuutta eri partikkelikokoa: 0,3-0,5 μm , 0,5-1 μm , 1-3 μm , 3-5 μm , 5-10 μm ja yli 10 μm .

Tähän tutkimukseen on otettu kolme erilaista mittaria, koska halusin selvittää monipuolisesti tilojen puhdistumista loppusiivouksen aikana. Pintapölyn lisäksi pinnalla voi olla orgaanista likaa, joka ei näy pintapölymittauksessa. Hiukkaslaskurin avulla taas pystyy näkemään, mikä määrä hiukkaslikaa jää siivouksen ulottumattomiin, kun tilat otetaan käyttöön.

6.1.1 BM-Dust Detector pintapölymittari

Pintapölyn mittaaminen BM-DustDetector laitteella aloitetaan siten, että pinnalla oleva pöly telataan geeliteippiin. Teippiin tarttunut pöly mitataan laser-säteen avulla BM-DustDetector-laitteella (KUVA 1). Tulos saadaan teipin läpi kulkevan laservalon intensiteetin alenemana eli teippiin tarttunut pöly estää valon läpikäymisen. Laite ilmoittaa pölymäärän suoraan pölyprosentteina (Suontamo 2007c). Jos mitattava pinta on epätasainen tai pinnalla on runsaasti näkyvää pölyä, saatu tulos voi olla epätarkka.

BM Dustlifter geeliteippi on noin 1,5x5cm suuruinen teippi, jonka reunoilla on vahvikkeet. Näytönoton aikana teipistä on otettava kiinni vahvikkeista, ettei näytteenottajan sormista tartu jälkiä. Aluksi teippi asetetaan mittausrakoon ja teipille tehdään referenssimittaus. Sen jälkeen teippi siirretään mitattavalle pinnalle ja telataan huolellisesti molempiin suuntiin 1 kp paineella. Teippi irrotetaan pinnasta ja laitetaan uudestaan mittalaitteeseen. Painamalla % merkkiä, näyttöön tulee pölyprosenttilukema.



KUVA 1. BM-DustDetector

Geeliteippimenetelmää käytetään yleisesti pintapölyn keräysmenetelmänä, kun tutkitaan sileän pinnan pölymäärää (Pesonen-Leinonen 2003, 29).

6.1.2 INSTA 800-standardi

Euroopan laajuisessa työryhmässä laadittiin viitekehys siivousalan laadunmittauksen yhdenmukaistamiseksi. Työryhmän työn tuloksena julkaistiin vuonna 2001 standardi EN 13549 ”Cleaning services- Basic requirements and recommendations for quality measuring systems”. Ruotsalaisten, norjalaisten ja tanskalaisten muodostama työryhmä kehitti siivouksen teknisen laadun pohjoismaisen mittausjärjestelmän eurooppalaisen viitekehysten pohjalta (Seppälä 2009).

Järjestelmän tavoitteeksi määriteltiin Seppälän (2009) mukaan seuraavat asiat:

- järjestelmän tulee olla helppotajuinen ja – käyttöinen ja valvonnan on oltava kustannustehokas
- järjestelmän tulee kuvata puhtaustasot, niiden mittaus –ja arviointitavat
- standardissa ei tule käsitellä sitä, miten puhtaustasot saavutetaan
- järjestelmän tulee soveltua kaikentyyppisiin tiloihin
- järjestelmän tulee olla dokumentoitavissa ja tilastotieteellisesti oikea
- mittausten tulee olla suoritettavissa ilman erityiskoulutusta
- mittausten tulee perustua visuaalisesti mitattavien epäkohtien määrään
- visuaalinen tarkastus on varsinainen osa standardia

-objektiiviset mittaukset ovat informatiivinen osa standardia

Standardi on vaatimusperuste siivouspalvelun tarjoamisessa, tilaamisessa ja suorittamisessa. Lisäksi se on perusteena, kun tarkastetaan ja arvioidaan saavutettua puhtaustasoa ja likaantumista tai käyttökuormitusta (Seppälä 2009).

INSTA 800 on otettu käyttöön Ruotsissa, Tanskassa ja Norjassa vuonna 2000. Toinen uusittu painos julkaistiin maaliskuussa 2006. Ruotsinkielinen standardi on **SS 62 78 01 Utg 2** ”Städskvalitet- System för fastställande och bedömning av städskvalitetet”. Tanskassa on vastaava standardi **DS / INSTA 800 Utg 2** ja Norjassa **NS INSTA 800 Utg 2** (Seppälä 2009).

Mikäli visuaalinen puhtaustason tarkastelu ei ole riittävä, voidaan INSTA 800- standardista saada keinot objektiivisten mittausten suorittamiseksi. Objektiivisiä mittaumenetelmiä ovat pintapölyn määrän mittaaminen BM DustDetectorilla, lattiapinnan askelvarmuuden (kitka) mittaaminen kitkamittarilla, pintojen kiiltoasteen mittaaminen kiiltomittarilla ISO 2813 (heijastus 60°), hygieniatason mittaaminen kontaktimaljoilla tai ATP- bioluminenssimittarilla, staattisen sähköisyyden mittaaminen ja lattioiden sähkönjohtavuuden mittaaminen (Seppälä).

BM DustDetectorilla geeliteippinäytteiden määrä määräytyy huonetilan kokoluokan mukaan. Tilat joiden pinta-ala on alle 15m², otetaan 1 näyte, 15–35 m² tiloissa 2 näytettä ja 35–100 m² tiloissa otetaan kolme näytettä (Seppälä).

INSTA 800 – standardissa pöly - ja likakertymät luokitellaan 5 eri puhtaustasoksi. Yhdessä huonetilassa voidaan määrittellä eri puhtaustasot 4-6 pintakategorialle, näin saadaan tilan puhtaustasoprofiili (Seppälä).

TAULUKKO 1. INSTA 800-standardin 5 puhtaustasoa

| PUHTAUS- TASO | HENKILÖÄ LÄHELLÄ OL.PINNAT | HELPOSTI LUOKSE PÄÄST. | VAIKEASTI LUOKSE PÄÄST. | KOVAT LATTIAT HLP | KOVAT LATTIAT VLP | TEKSTIILI LATTIAT HLP |
|------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| TASO 1 | >4,0 | >5,0 | >8 ,0 | >12,0 | >18,0 | >20,0 |

| | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|------|------|------|
| TASO2 | 4,0 | 5,0 | 8,0 | 12,0 | 18,0 | 20,0 |
| TASO 3 | 2,0 | 2,5 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 10,0 |
| TASO 4 | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 3,0 | 5,0 | 5,0 |
| TASO 5 | 0,7 | 1,0 | 2,0 | 1,5 | 2,5 | 3,0 |

INSTA 800-standardia ei ole käännetty suomen kielelle eikä sitä ole vahvistettu SFS-standardiksi. Suomessa SFS valmistelee uutta siivoussanastoa ja Rakennustietosäätiö on RYL-hankkeessa (Rakennusalan yleiset laatuvaatimukset) määritellyt siivouspalvelujen laatuvaatimukset. Syyskuussa 2009 ilmestyneessä Kiinteistö RYL Kiinteistöpalvelujen yleiset laatuvaatimukset puhtaustasovaatimukset esitetään viidelle puhtaustasolle: välttävä, tyydyttävä, siisti, puhdas ja edustava, sekä puhdas ja hygieeninen (Valkosalo 2009, 128). Puhdastilojen laatuvaatimuksia ei esitetä. Vaatimukset on kuvattu siivouskertojen välillä ja ylläpitosiivouksen jälkeen sekä kirjallisesti että kuvin.

6.1.3 Hygiena System SURE II ATP- mittari

ATP (adenosiinitrifosfaatti) on kaikissa eliöissä esiintyvä solujen energialähde. Bioluminenssi-ilmiö tarkoittaa biologista valontuottoa. ATP-bioluminesenssimenetelmä perustuu tulikärpäsen entsyymien ja ATP:n väliseen reaktioon, jossa syntyy valoa. Reaktiossa muodostuvan valon määrä on suoraan verrannollinen näytteessä olevaan ATP:n määrään (Suontamo 2007a).

Entsyymien (lusiferaasin) toimiminen vain ATP:n kanssa tekee reaktiosta hyvän menetelmän orgaanisen lian osoittamiseen. ATP-bioluminesenssimenetelmän etuna puhtaustamäärityksissä on sen kyky havaita erilaiset orgaaniset jäämät sekä elävät organismit (Suontamo 2007a). ATP-menetelmä sopii vaikeasti saavutettaviin kohteisiin ja testipuikkoihin saadaan pinnoilta enemmän orgaanista likaa ja mikrobeja kuin esimerkiksi Hygicultin elatusalustoisiin. Lisäksi ATP-menetelmä ilmoittaa pinnan mikrobien kasvualustan (Suontamo 2007b).

Bioluminenssien analyttinen hyödyntäminen on aloitettu 1940-luvun lopulla ja yleisesti käytettäväksi välineeksi tutkijoille se tuli 1970-luvulla. Hygieniavalvontaan ATP-bioluminenssiin perustuva menetelmä tuli 2000-luvun vaihteessa (Suontamo 2007a).

ATP-bioluminesenssia voidaan mitata luminometrilaiteella (KUVA 2). Luminometri koostuu näytekammiosta, detektorista (tunnistimesta), signaalin käsittelymenetelmästä ja näytöstä. Testiputki sijoitetaan kammioon, josta detektori mittaa näytteen luminesenssin eli valomäärän (Suontamo 2007a).

Tässä opinnäytetyössä on käytetty Hygiena SystemSURE II- hygieniamittaria. Laitteeseen kytketään virta ja laite suorittaa 60 sekunnin automaattisen kalibroinnin, jonka jälkeen se on käyttövalmis. Näyte otetaan sivelemällä neljään suuntaan 10x10 cm alue Ultra-Snap-vanupuikolla. Kun vanupuikko on laitettu takaisin testiputkeen, venttiilitappi katkaistaan ja neste puristetaan näytteeseen. Testipuikkoa ravistetaan 5-10 sekunnin ajan. Ultra-Snap-vanupuikko asetetaan laitteeseen, ja painetaan ok nappia. 15 sekunnin kuluttua näytteeseen tulee RLU lukema (Käyttöohjeet).

Tällä hetkellä suosituksia käytettäviksi raja-arvoiksi pintapuhtausnäytteissä on sairaalan instrumenteille ja välineille, astianpesukoneille ja teollisuuden kriittisille kohteille. Lisäksi suosituksia on sairaaloiden puhtaille potilas - ja välinetiloille, suurkeittiöiden työvälineille, uimahalleille ja kylpylöille ja saniteettitilojen kaakeli - ja metallipinnoille sekä käsihygienialle. Suositukset perustuvat Hygiena Internationalin antamiin ohjeistuksiin ja suomalaisten käyttäjien kokemuksiin (Net-Foodlab Oy 2007).



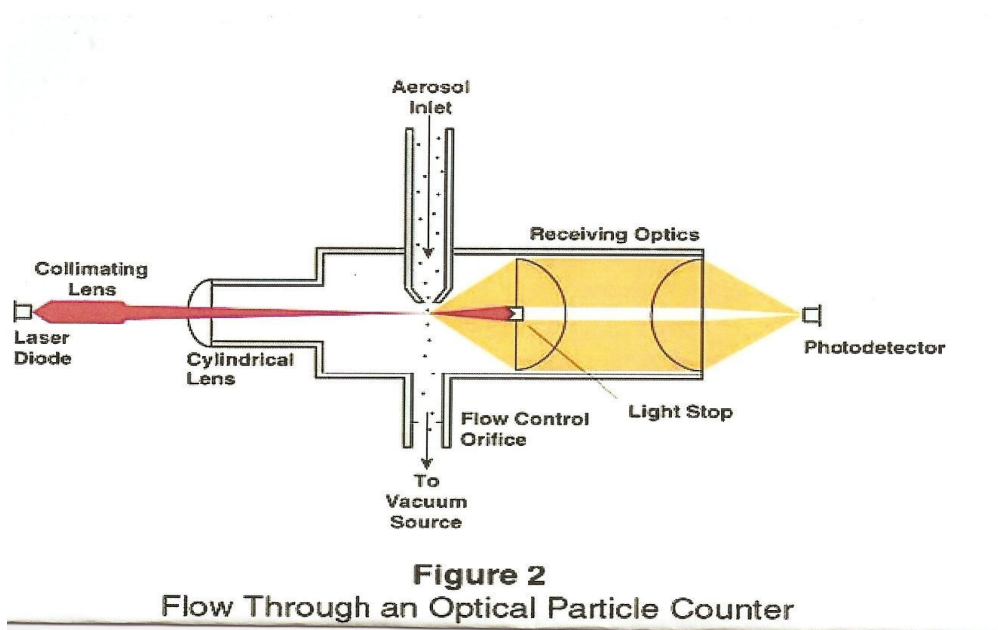
KUVA 2 Hygiena System SURE II

Valitsin ATP mittalaitteen orgaanisen lian mittaamiseen. Toinen vaihtoehto olisi ollut elatusalusta, jolla olisi voinut määrittää pinnalla olevan mikrobin määrän, mutta se olisi edellyttänyt viljelyn kasvattamista ja tulosta olisi pitänyt odottaa useita päiviä. ATP mittalaitteella tulos tulee kuvaruutuun viidessätoista sekunnissa.

Luminometrissä menetelmää käytetään yleisesti, kun tutkitaan lian ominaisuuksiin perustuvia määrittämenetelmiä (Pesonen-Leinonen 2003, 31).

6.1.4 AERO TRAK 8820 hiukkaslaskuri

AEROTRAK 8820 hiukkaslaskurilla mitataan ilmassa olevaa hiukkasmäärää (KUVA 3). Anturi kerää ilmasta valikoidun kokoisia ($0,3\mu\text{m}$ - $20\mu\text{m}$) hiukkasia. Hiukkaset kulkevat laserin läpi saaden aikaan välähdyksen. Jokainen välähdys vastaa yhtä partikkelia. Valon sykkeet lasketaan ja sykkeen paino määrittelee partikkelin koon.



KUVA 3. AEROTRAK 8820 hiukkaslaskurin toimintaperiaate.



KUVA 4. AEROTRAK 8820 hiukkaslaskuri

Tässä työssä partikkelien kooksi on valittu $0,3-0,5\mu\text{m}$, $0,5-1,0\mu\text{m}$, $3,0-5,0\mu\text{m}$, $5,0-10,0\mu\text{m}$ ja yli $10\mu\text{m}$. Lisäksi mittarilla saadaan mitattua ilman lämpötila, kosteus ja ilman liikenopeus (KUVA 4).

Mittaus tapahtuu tässä työssä 10 minuutin jaksoissa. Laskurista tulostetaan lukuarvot suoraan tietokoneelle, jonka avulla tehdään tarvittavat laskutoimenpiteet ja muokataan tulokset luettavaan muotoon.

Erilaisia partikkelikeräimiä käytetään ilmassa leijuvien partikkelien määrittämiseen (Pesonen-Leinonen 2003, 16)

6.2 Työn suorittamisen haasteet

Tutkimus on kvasikokeellinen. Kvasikokeellinen tutkimus muistuttaa varsinaista kokeellista tutkimusta. Se ei kuitenkaan pysty kontrolloimaan ja manipuloimaan kaikkia asiaan liittyviä muuttujia (Anttila 2005, 274). Minun on opinnäytetyön tekijänä tiedostettava mitä tilanteissa tapahtuneet kompromissit merkitsevät tutkimuksen luotettavuudelle.

Koska työ on tehty normaaleissa rakennus - ja työolosuhteissa, jouduin tekemään kompromisseja mittauspäivien suhteen. Tarkoituksena oli tehdä mittaukset heti tilojen vastaanoton jälkeen, kolme päivää vastaanoton jälkeen ja kuusi päivää vastaanoton jälkeen. Viikonloppuisin oli hankaluuksia päästä tiloihin, enkä sen vuoksi tehnyt mittauksia lauantaina ja sunnuntaina. Lisäksi omassa virassani tuli tilanteita, jolloin en

voinut mennä mittaamaan tiettyinä päivinä. Tällaisia tilanteita olivat esimerkiksi työmatkat tai muut kiireelliset tehtävät. Myös ulkopuoliset henkilöt aiheuttivat häiriötilanteita. Olin kiinnittänyt oveen lapun: HIUKKASTUTKIMUS, PÄÄSY KIELLETTY ja alle oman nimeni ja puhelinnumeroni. Lapusta huolimatta ovia avattiin ja tiloissa käytiin.

Siivoustoimen tekemissä loppusiivouksissa siivouspyyhkeinä ja – moppeina käytettiin mikrokuitutuotteita ja imurina hepa-suodattimella varustettua imuria. Palveluliikkeiden tekemissä loppusiivouksissa välineitä ei vakioitu.

Tein mittauksia useampana päivänä, jotta pystyn vertaamaan heti vastaanoton jälkeisen puhtauden tason ja tason sen jälkeen, kun toiminta tilassa on rauhoittunut. Otin sekä ATP-mittarilla että BM-DustDetectorilla lattiapinnoilta kuusi näytettä, sillä näytteiden runsas määrä lisää tutkimuksen luotettavuutta. Tasopinnoilta otin vaihtelevan määrän näytteitä. Jos tilassa oli vain sähkökouru tai ikkunalaute otin 2 näytettä, jos tilassa oli kalusteita, otin 6 näytettä.

6.3 Mittauskohteet ja mittausolosuhteet

6.3.1 Kiinteistö 1, luokkatila 1

Luokkatila 1 oli ensimmäinen tutkimuskohde. Kiinteistössä oli tehty peruskorjaus, jolloin myös pintamateriaalit uusittiin. Rakennuttajana toimi Kotkan kaupungin Tilapalvelu ja valvojana Tilapalvelun rakennuttajayksikön valvojarakennusmestari. Rakentajana toimi rakennusalan yritys ja loppusiivouksen teki Kotkan kaupungin Tilapalvelun siivoustoimi. Tein ensimmäiset pintapöly ja ATP-mittaukset luokassa perjantaina 21.11.2008 kello 8 lopputarkastuksen jälkeen. Asensin hiukkaslaskurin opettajanpöydälle kello 8.30 (LIITE 1). Luokan lattiamateriaali on Upofloorin Lifeline-mattoa ja tila näytti puhtaalta. Kun astuin ulos luokasta, käytävässä oli rakennusliikkeen mies sirkkelin kanssa leikkaamassa lautoja. Sirkkelissä ei ollut kohdepoistoja. Käytävästä johti ovet neljään luokkaan, kolmen luokan ovet olivat auki, tulin itse ulos neljännestä (KUVA 5).



KUVA 5. Käytävällä sahattiin lautoja loppusiivouksen jälkeen. Käytävästä johti ovet neljään luokkaan, kolmen luokan ovet olivat auki, tulin itse ulos neljännestä.

Seuraavat mittaukset tein luokkatilassa maanantaina 24.11.2008 noin kello 10 ja keskiviikkona 26.11.2008 noin kello 14. Tiloja ei siivottu mittausten välillä.

6.3.2 Kiinteistö 2, toimisto 1, varastotila 1, miehistöhuone

Toinen kohde, jossa tein mittauksia oli remontissa lähes kahden vuoden ajan. Rakentamisesta vastasi Kotkan kaupungin Tilapalvelun Talokunnossapito ja loppusiivouksen teki Siivoustoimi rakentajan tilauksesta. Kiinteistössä oli todettu sisäilmaongelma ja henkilökunta muutti korvaaviin tiloihin korjaustöiden ajaksi. Korjausten kohteena olivat rakenteet, ilmastointi sekä pintamateriaalit. Kiinteistöstä otettiin käyttöön osia kerrallaan ja joissakin tiloissa jo remontoituja tiloja korjattiin uudelleen. Vaikka korjatut tilat luovutettiin ja vastaanotettiin, muutti henkilökunta tiloihin kokonaisuudessa vasta elokuussa 2009.

Tarkoitukseni oli mitata kolmen eri tilan pöly- ja likamäärää. Myös Työterveyslaitos teki tiloissa kuitumittauksia. Ensimmäisen kerroksen toimistossa 1 mittasin perjantaina 5.12.2008. Siivous oli lopetettu kello 7.30 ja aloitin mittaukset kello 8.30. Seuraavat mittaukset tein maanantaina 8.12.2008 kello 8.30 ja torstaina 11.12.2008 kello 9 (LIITE 2). Tilaa ei siivottu mittausten välissä, mutta se oli puhtaan näköinen.

Vein hiukkaslaskurin varastotilaan 1 kiinteistön kellarikerrokseen 12.12.2008 (LIITE 3). Työmaamestari oli ohjannut tilaan, joka oli siivottu ja jonne kenelläkään ei ollut asiaa. Vein hiukkaslaskurin ja kiirehdin sisäilmakokoukseen. Pintapöly- ja luminometrimittaukset suunnittelin tekeväni heti kokouksen jälkeen. Kokouksen aikana ilmastointia kuitenkin korjattiin ja tilassa löytyi porattavaa, joten jätin muut mittaukset tekemättä. Jätin hiukkaslaskurin kuitenkin tilaan.

Kolmas remontoitun kiinteistön tila oli miehistöhuone toisessa kerroksessa. Ensimmäisen mittauksen tein perjantaina 23.1.2009 kello 11.35 alkaen, seuraavan maanantaina 26.1.2009 kello 12.50 alkaen ja kolmannen perjantaina 30.1.2009 kello 12.30 alkaen (LIITE 4). Tila oli silmämääräisesti puhdas kaikilla käyntikerroilla.

6.3.3 Kiinteistö 3, toimistotila 2

Seuraavaksi valmistui peruskorjattu hoivakoti. Ilmastointi ja kaikki pintamateriaalit sekä ikkunat uusittiin. Tein mittauksia toimistossa, toimistotilassa 2. Rakennuttajana oli Kotkan kaupungin Tilapalvelun rakennuttajayksikkö ja rakentajana rakennusalan yritys, siivous oli tilattu siivousliikkeeltä. Vastaanottotarkistuksen yhteydessä siivoustoimen siivoustyönjohtaja kieltäytyi ottamasta loppusiivousta vastaan, koska tilat olivat silmin nähden pölyiset. Lattioille ei ollut tehty käyttöönottopuhdistusta valmistajan ohjeiden mukaisesti. Lattiamateriaalina oli Upofloorin Estrad-matto.

Rakennusliike tilasi työn uudelleen Kotkan kaupungin Tilapalvelun siivoustoimelta. Loppusiivouksen tekeminen vastaanottotarkastuksen jälkeen on hankalaa, koska tiloihin muuttavien asiakkaiden muuttopäivä lähestyy. Niin kävi tässäkin tapauksessa. Samaan aikaan kun asukashuoneissa lattioille tehtiin käyttöönottopesuja, sinne kannettiin potilassänkyjä.

Ensimmäiset mittaukset tein toisen kerroksen toimistotila 2:ssa torstaina 19.3.2009, seuraavat maanantaina 23.3.2009 ja keskiviikkona 25.3.2009. Hiukkaslaskurin asensin 19.3.2009 kello 9.40 (LIITE 5). Mennessäni maanantaina tekemään mittauksia, tilassa oli porattu hyllyjä seinään ja poraamisen jäljet olivat pöytäpinnoilla.

6.3.4 Kiinteistö 4, varastotila 2

Seuraavaksi mittasin peruskorjatun tilan, jossa rakentajana toimi Kotkan kaupungin Tilapalvelun Talokunnossapito ja loppusiivouksen teki Kotkan kaupungin Tilapalvelun siivoustoimi. Vein hiukkaslaskurin vastaanottotarkastuksen jälkeen tiistaina 28.4.2009 kello yhdeksän aikaan varastotilaan 2. Samalla otin ATP näytteet luminomertillä ja pintapölynäytteet BM-DustDetectorilla (LIITE 6). Kun irrotin geeliteipin maalatusta betonista lattiapinnalta, teippiin jäi maalia. Samoin kävi ikkunalautoilla, kun mittasin pintapölyä. Kirjasin yhdet näytteet, mutta en jatkanut pintapölynäytteiden ottoa enempää. Jätin kuitenkin hiukkaslaskurin mittaamaan ilmassa olevien hiukkasten määrää. Irronneiden maalien kohdat paikattiin viikon aikana. Tilat näyttivät puhtailta ja pölyttömiltä.

6.3.5 Kiinteistö 5, luokkatilat 2 ja 3

Koulukiinteistön saneeraus valmistui heinäkuussa 2009. Rakennuttajana toimi Kotkan kaupungin Tilapalvelun rakennuttajayksikkö ja valvojana Tilapalvelun rakennuttajayksikön valvojarakennusmestari. Rakentaja oli rakennusalan yritys, joka tilasi siivouksen puhtauspäalvelualan yritykseltä. Rakennusliike kutsui rakentamisen alkuvaiheessa Tarja Anderssonin TPA Anderson Oy:stä puhumaan rakentamisen aikaisesta pölyn hallinnasta ja P1 tason rakentamisesta. Käydessäni rakentamisen aikana tiloissa huomasi, ettei oppi ollut mennyt perille, sillä sisäarakennusvaiheen aikana tiloissa tupakoitiin eikä työkoneissa ollut kohdepoistoja. P1 tason rakentaminen ei tässä kohteessa toteutunut. Osa rakennuksesta oli uudisrakennusta, kouluun rakennettiin voimisteluhallasali ja teknisten töiden luokka sekä keittiö ja ruokasali. Kaikissa tiloissa uusittiin pintamateriaalit sekä ilmastointi uusittiin.

Entiseen talonmiehen asuntoon saneerattiin esikoulun käyttöön luokkatila 2 ja 3, joista otin näytteet. Otin näytteet kahdesta tilasta ja minulla oli käytössä kaksi hiukkaslaskuria. Molempien hiukkaslaskureiden asetukset olivat virheelliset muihin hiukkasmittauksiini nähden, joten tämän kiinteistön tulokset eivät ole vertailukelpoisia muiden tekemiäni hiukkasmittausten kanssa. Mittalaitteet mittasivat pölyn määrän tunnin välein, kun kaikissa muissa mittauksissa pölyn määrä mitattiin 10 minuutin välein. Ensimmäiset mittaukset tein keskiviikkona 8.7.2009 kello 14 aikaan vastaanottotarkas-

tuksen jälkeen. Seuraavat mittaukset tein perjantaina 10.7.2009 puolen päivän aikaan ja kolmannet maanantaina 13.7.2009 noin kello 14.20 (LIITE 7 ja 8). Toiseen tilaan, luokkatila 2, oli tuotu mittausten välipäivinä kalusteita. Tiloja ei siivottu mittausten välillä, mutta silmämääräisesti ne näyttivät pölyttömillä. Lattiamateriaali oli Freudenbergin Noraplan-mattoa (kumimatto) ja ikkunalaudat olivat keraamista laattaa.

Esikoulun tiloista johtaa käytävä koulun tiloihin, joten kävelin käytävän läpi lähtiessäni tilasta 8.7.2009. Käytävällä oli hitsauslaitteet (KUVA 6) ja vaatenaulakot oli porattu paikoilleen käytävälle. Porauksen jäljet oli selkeästi nähtävissä käytävän betonimosaikkilattiassa. Lisäksi kaluston purkujätteet olivat tilassa odottamassa koulun siivoojan saapumista töihin elokuun alussa (KUVA 7).



KUVA 6. Koulun ja esikoulun välisellä käytävällä oli loppusiivouksen jälkeen hitsauslaitteet.



KUVA 7. Kaluston purkujätteet olivat tilassa odottamassa koulun siivoajan saapumista töihin elokuun alussa.

6.3.6 Kiinteistö 6, varastotila 3

Elokuussa valmistui koulun remontti. Ensimmäisessä kerroksessa oli esikoulun tilat, joissa oli putkiremontti, mutta samalla uusittiin lattiamateriaaleja. Rakennustyön teki Kotkan kaupungin Tilapalvelun Talokunnossapito ja loppusiivouksesta vastasi Kotkan kaupungin Tilapalvelun siivoustoimi. Lattiamateriaalina oli Freudenbergin Noraplan-kumimatto. Kumimaton käyttöönottopesu tehdään pesemällä pinta kuumalla vedellä ja heikosti emäksisellä puhdistusaineella. Tämän jälkeen pinta kuivakiillotetaan nopeakierroksisella lattiahoitokoneella (1000r/min). Vein hiukkaslaskurin varastotilaan 3, kun kuivakiillotus alkoi keskiviikkona 5.8.2009 noin kello 9. Laskurin asetukset olin jälleen laittanut mittaamaan tunnin pölymäärää, joten en saanut vertailutulosta. Toisaalta tehdessäni pintapöly- ja likamittaukset perjantaina 7.8.2009 kello 10.20 alkaen, havaitsin, että kaikki mikä voi mennä pieleen, meni pieleen tässä kohteessa. Osastoinnit yläkerran remontoimattomiin tiloihin oli purettu ennen kuin ensimmäisen kerroksen pölyävät työt oli suoritettu loppuun ja tilat siivottu. Lisäksi ovet loppusiivottujen ja keskeneräisten tilojen välissä oli auki ja rakennustyöntekijät käyttivät jo siivottua pitkää käytävää kulkureittinä keittiön tiloihin, jotka olivat edelleen remontissa. Seuraavat pintapölymittaukset tein kuitenkin maanantaina 10.8.2009 ja tilassa, jonka mittauksia tein, oli siivottu sillä välillä. Lisäksi tilaan, joka oli tauluvarasto, oli kannettu

koulun kuvataulut. Viimeisen mittauksen tein torstaina 13.8.2009 ja silloin tilat olivat silminnähdyn pölyiset, kuten olivat olleet myös 7.8–09 (LIITE 9).

Taulukko tehdyistä mittauksista on liitteessä 10.

7 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Otin tutkimusta varten lattiapinnoilta 130 ja tasoilta 77 pintapölynäytettä. ATP-mittarilla otin näytteitä lattiapinnoilta 130 ja tasoilta 64 kappaletta. Hiukkaslaskuri oli toiminnassa yhteensä 612 tuntia.

BM-DustDetectorilla ja ATP-mittarilla saamistani tuloksista laskin keskiarvot ja mediaanin. Mediaani (Md) on suuruusjärjestykseen järjestettyjen muuttujan arvojen keskimäinen arvo, jos arvoja on pariton määrä. Jos arvoja on parillinen määrä, mediaanina pidetään kahden lähinnä keskimäisen arvon keskiarvoa (Karjalainen 2004, 73). Mielestäni mediaanin käyttö keskiarvon lisäksi on perusteltavissa, koska aineistossa on yksittäisiä arvoja, jotka poikkeavat suuresti muista arvoista. Tällöin ne eivät pääse liikaa vaikuttamaan tulosten arviointiin.

Hiukkaslaskuri mittasi kuuden erisuuruisen partikkelin määrää 10 minuutin jaksoissa. Päädyin ottamaan mittaustulokset koko vuorokauden ympäri, koska näin sain kokonaiskuvan tilan hiukkasten määrästä.

Esitän BM-DustDetectorilla ja HygienaSystem SURE II:lla saamani tulokset pylväsdiagrammilla. Pylväskuvion avulla kuvataan epäjatkuvan muuttujan arvojen jakaumaa (Holopainen & Pulkkinen 2008, 53). Käytän ryhmiteltyjä pylväitä, koska esitän samassa kuviossa eri päivinä otettujen näytteiden arvot.

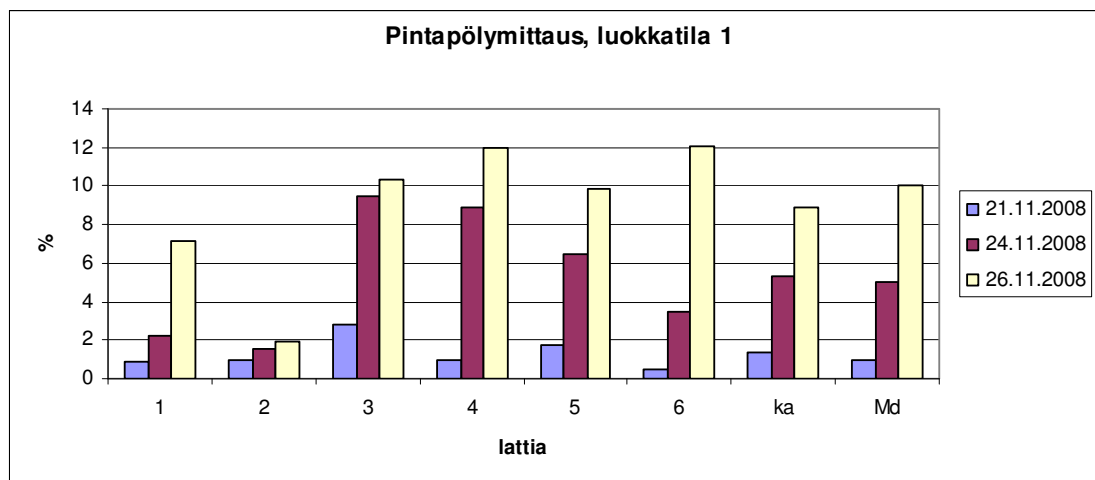
Hiukkasten määrän esitän viivadiagrammilla. Viivadiagrammia käytetään ajan mukana muuttuvien suureiden eli aikasarjojen graafiseen esittämiseen. Viivadiagrammeilla pystytään esittämään yleiskuva tutkittavan suureen suunnasta ja muutosnopeudesta eri aikoina (Holopainen & Pulkkinen 2008, 61).

7.1 Kiinteistö 1, luokkatila 1

Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan loppusiivouksen jälkeen, ennen tilojen luovutusta, on lattiapinnoilla sallittu pölykertymä BM-DustDetectorilla mitattuna 3 % puhtausluokan P1 tiloissa. Käytävässä tehdyt sahaustyöt ovat mahdollisesti vaikuttaneet huonetilan pintapölyn määrään toisella ja kolmannella mittauskerralla (TAULUKKO 2).

TAULUKKO 2. Lattialta mitatut pintapölyprosentit luokkatilassa 1.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELUVÄLI | KESKIARVO | MEDIAANI |
|-------------|---------------|-----------|----------|
| 21.11.2008 | 0,5 % -2,8 % | 1,32 % | 1 % |
| 24.11.2008 | 1,5 % -9,5 % | 5,35 % | 5 % |
| 26.11.2008 | 1,9 % -12,1 % | 8,87 % | 9,55 % |

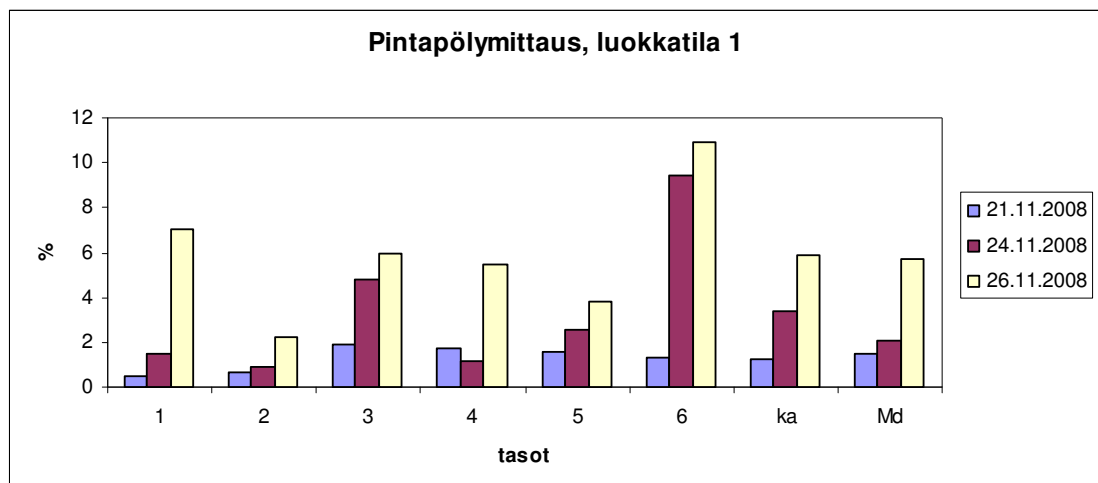


KUVIO 1. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät luokkatilassa 1. Näyte 1 on otettu seinän vierestä, näyte 2 huoneen takaosasta, näyte 3 kaapiston takaa, näyte 4 keskilattialta, näyte 5 ikkunan edustalta ja näyte 6 oven edustalta (LIITE 1)

Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan ennen rakennuksen luovutusta loppusiivouksen jälkeen pinnoilla yli 180cm ja alle 180 cm on sallittu pölykertymän määräksi 1 %.

TAULUKKO 3. Tasopinnoilta mitatut pölyprosentit luokkatilassa 1.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|-------------|-------------------|----------------|----------|
| 21.11.2008 | 0,5 % -1,9 % | 1,28 % | 1,45 % |
| 24.11.2008 | 0,9 % -9,4 % | 3,4 % | 2,05 % |
| 26.11.2008 | 2,2 % -10,9 % | 5,9 % | 5,75 % |

**KUVIO 2. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pintapölymäärät luokkatilassa 1.**

Näyte 1 on otettu hyllyltä noin 130cm korkeudelta, 2 ja 3 on otettu luokan takana olevalta hyllyltä, näyte 4 on luokan välissä olevan kaapiston päältä, näyte 5 pulpetilta ja 6 ikkunalaudalta.

Luokkatilan 1 pintapölymittaus osoittaa, että loppusiivouksella on päästy alle puhtausluokan P1 tason pölykertymämäärään lattioiden osalta. Tasopintojen osalta vaatimus on 1 % eikä sitä tasoa saavutettu, mutta hyvin lähelle päästiin.

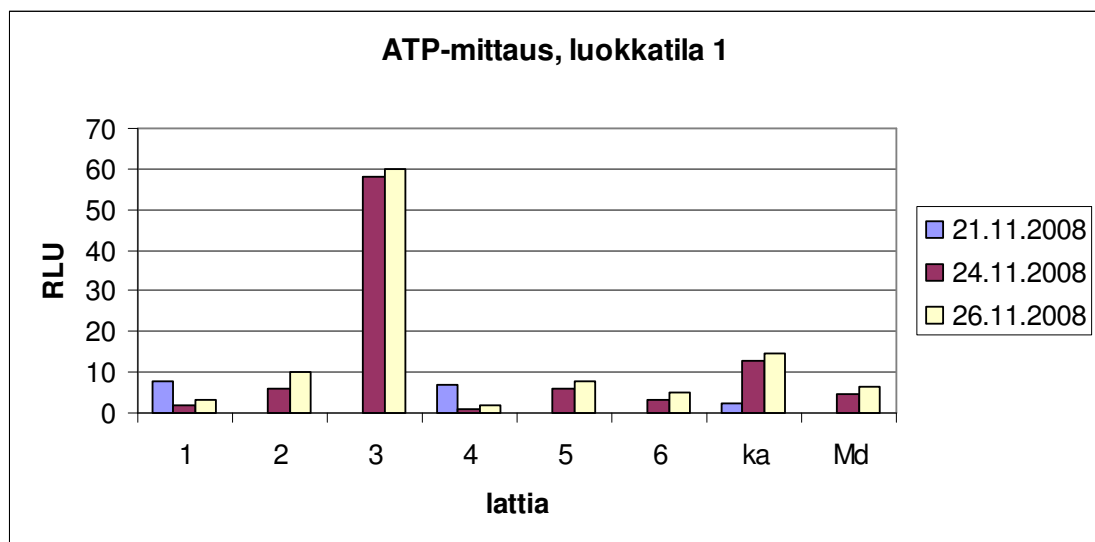
ATP-mittarille ei ole raja-arvoja kuiville luokka- ja toimistotiloille. Sallittu raja elintarviketiloille on RLU lukema 60.

TAULUKKO 4. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät luokkatilassa 1.

| RLU | VAIHTELU- | KESKI- | MEDIAANI |
|-----|-----------|--------|----------|
|-----|-----------|--------|----------|

| LUKEMA | VÄLI | ARVO | |
|------------|------|-------|-----|
| 21.11.2008 | 0-8 | 2,5 | 0 |
| 24.11.2008 | 1-58 | 12,67 | 4,5 |
| 26.11.2008 | 2-60 | 14,67 | 6,5 |

Luokkatilan 1 lattialta 21.11.2008 otetut ATP-mittaustulokset olivat 0- 8 välillä. 0 tuli neljästä testistä ja se ihmetyttikin (TAULUKKO 4). Testipuikko tuntui kuivalta kun sivelin sillä lattiapintaa ja oletankin, että testipuikoissa oli vikaa. Net-Foodlab Oy:n laboratoriopäällikkö Anu Johanssonin kuitenkin kertoi, että pinta voi olla niin puhdas, ettei siinä ole ollut mitattavaa määrää soluperäistä epäpuhtautta. Yksi syy voisi hänen mukaansa olla myös se, että puikon aktivoinnin ja mittauksen välinen aika venyy yli minuuttiin eli kysymyksessä olisi suoritusvirhe.

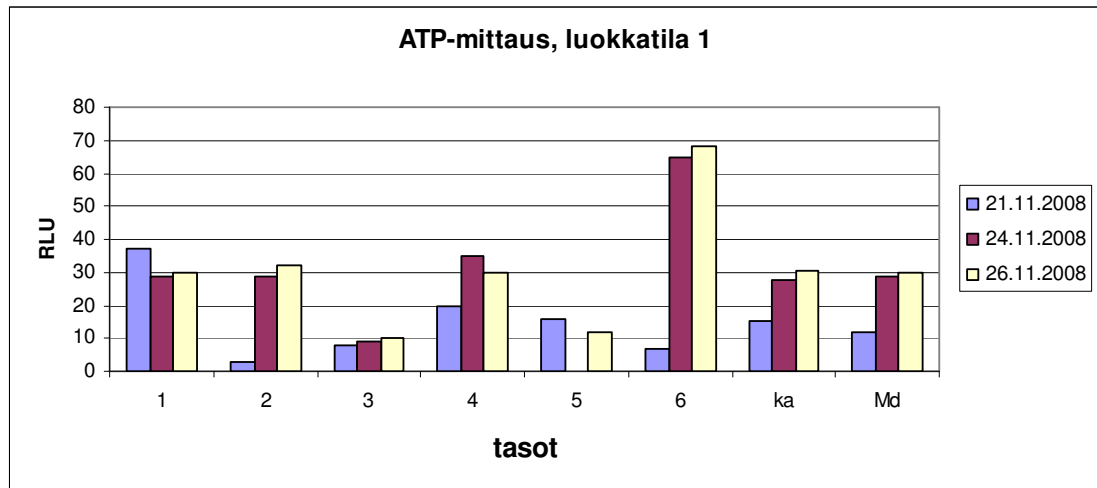


KUVIO 3. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät luokkatilassa 1. Näyte 1 on otettu seinän vierestä, näyte 2 huoneen takaosasta, näyte 3 kaapiston takaa, näyte 4 keskilattialta, näyte 5 ikkunan edustalta ja näyte 6 oven edustalta.

TAULUKKO 5. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät luokkatilassa 1.

| RLU | VAIHTELU- | KESKI- | MEDIAANI |
|-----|-----------|--------|----------|
|-----|-----------|--------|----------|

| LUKEMA | VÄLI | ARVO | |
|------------|-------|-------|----|
| 21.11.2008 | 7-37 | 15,7 | 12 |
| 24.11.2008 | 0-65 | 27,83 | 29 |
| 26.11.2008 | 10-68 | 30,33 | 30 |



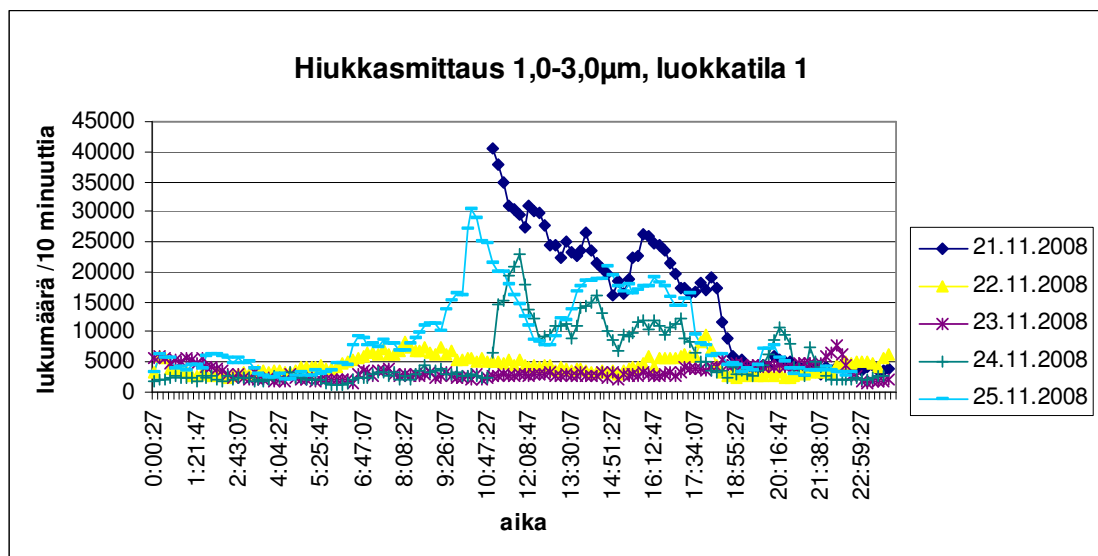
KUVIO 4. Tasopintojen mittauskohtaiset orgaanisen lian määrät luokkatilassa 1. Näyte 1 on otettu hyllyltä noin 130cm korkeudelta, 2 ja 3 on otettu luokan takana olevalta hyllyltä, näyte 4 on luokan välissä olevan kaapiston päältä, näyte 5 pulpetilta ja 6 ikkunalaudalta.

Sekä lattia- että tasopintojen ATP-mittarilla saadut tulokset osoittavat, että pinnoilla ei ole orgaanista likaa juuri lainkaan. Eli siivouksella on saatu pois eloperäinen lika eikä sitä ole tullut pinnoille, vaikka tiloja ei ole siivottu kuin ennen ensimmäistä näytteenottoa.

Hiukkaslaskuri oli toiminnassa 21.11.2008 kello 9.05 alkaen ja se oli sijoitettu luokan etuosaan noin 1,2 metrisen tason päälle. Laskuri mittasi hiukkasten määrää 10 minuutin välein. Graafinen esitys osoittaa, että hiukkasia, joiden kokoluokka on 0,3-0,5 μ m, oli enimmillään noin 8 miljoonaa kappaletta 21.11.2008 kello 16–17 välillä ja toinen samansuuruinen piikki on 22.11.2008 kello 23 ja puolenyön välillä (LIITE 11 KUVIO 1). Muuten hiukkasten määrä vaihteli alle 200 000 ja 5 miljoonan välillä. Näytteiden otto tapahtui 24.11.2008 kello kymmenen aikaan aamupäivällä, joten sen vaikutusta ei

näy pienten 0,3-0,5 μ m:n hiukkasten määrässä. Tämä partikkelikoko ei laskeudu koskaan pinnoille, joten niiden poistamiseen siivouksella ei ole vaikutusta.

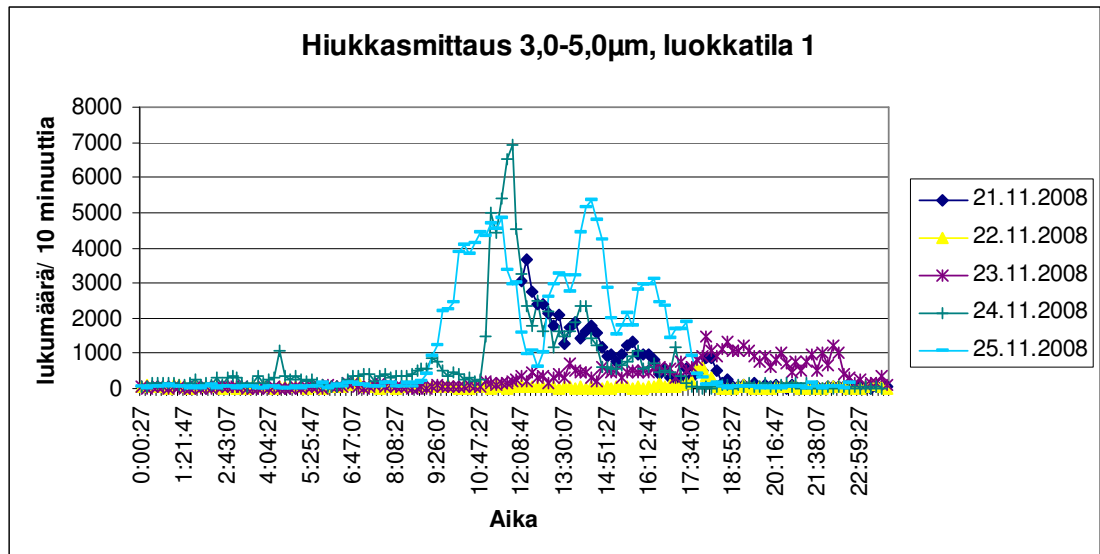
Partikkelikoon 0,5-1,0 μ m hiukkasten määrä on hyvin samansuuntainen kuin pienempien 0,3-0,5 μ m:n hiukkasilla. Partikkelien määrä vaihtelee 26 000 ja hiukan yli miljoonan välillä (LIITE 11, KUVIO 2). Tämän kokoluokan partikkelit eivät myöskään laskeudu pinnoille, joten siivouksella ei ole vaikutusta niiden määrään.



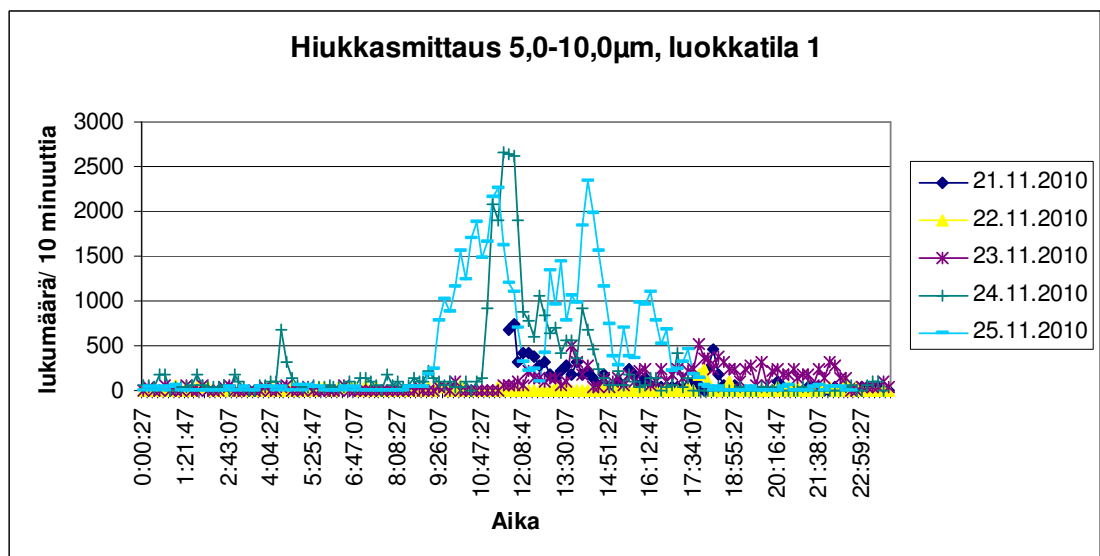
KUVIO 5. Kokoluokan 1,0-3,0 μ m hiukkasmäärä luokkatilassa 1.

Partikkelit, joiden koko on 1 μ m, laskeutuvat pinnoille kahdeksan tunnin aikana. Kokoluokan 1,0-3,0 μ m suuruisten partikkelien määrä vaihteli 2 000:sta 65 000:een. Suurimmat partikkelimäärät olivat heti 21.11.2008 kello 9 ja 10 välillä kun tein mittauksia tilassa. Olen poistanut ensimmäiset arvot grafiikasta, koska pienemmällä hiukkasten vaihteluvälillä grafiikan muoto tulee paremmin esille. Toinen hiukan korkeampi piikki on 25.11.2008 kello 10 ja 11 välillä. Mutta silloin partikkelien määrä on enimmillään alle 30 000 (KUVIO 5).

Partikkelit, joiden koko on 5 μ m, laskeutuvat pinnoille noin 20 minuutissa. Luokkatila 1:n 3,0-5,0 μ m:n suuruisten hiukkasten määrä vaihteli nolasta 38 000. Hiukkasten määrässä näkyi tilassa liikkuminen 24.11.2008 kello kymmenen jälkeen. Lisäksi pölymäärästä näkyy, että tilassa on käyty 25.11.2008 kello 10 ja 11 välillä (KUVIO 6). Kuitenkin pinnoille laskeutunut pöly oli saatu siivouksella hyvin hallintaan.



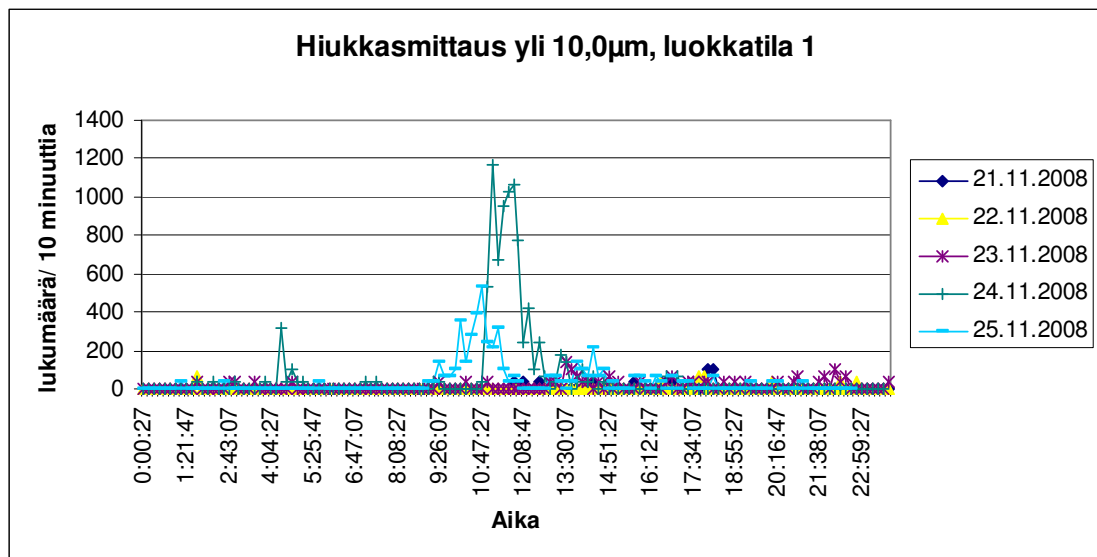
KUVIO 6. Kokoluokan 3,0-5,0 μ m hiukkasmäärä luokkatilassa 1



KUVIO 7. Kokoluokan 5,0–10,0 μ m hiukkasmäärä luokkatilassa 1.

Kokoluokaltaan 10 μ m:n suuriset partikkelit laskeutuvat pinnoille viidessä minuutissa. Luokkatilassa 1 näiden 5,0–10,0 μ m suuristen partikkelien määrä oli runsaimmillaan heti ensimmäisenä testipäivänä. Partikkelien määrä oli suurimmillaan liki 20 000 heti laskurin asentamisen jälkeen ja sen jälkeen jopa tunteja nollassa. Suuremmissa hiukkasten kokoluokissa näkyy selkeästi tiloissa oleminen ja askareiden tekeminen (KUVIO 7).

Samansuuntainen hiukkasten määrän diagrammi on yli 10,0 μ m suuruisten kuin pienempien 5,0–10,0 μ m suuruisten hiukkasten määrä. Suurimmillaan määrä on heti lasurin asentamisen jälkeisen tunnin aikana hiukan yli 3000 partikkelia kun taas alhaisimmillaan partikkeleita ei ole yhtään kappaletta moneen tuntiin (KUVIO 8). Tilassa olemisen näkyy kahtena piikkinä sekä 24 että 25 marraskuuta 2008. Pisin jakso, jolloin tilasta ei ole mitattu yli 10 μ m:n suuruisia partikkeleita oli 22.11.2008 kello 01.52 ja saman vuorokauden kello 16.26 välisenä aikana.



KUVIO 8. Kokoluokan yli 10,0 μ m hiukkasmäärä luokkatilassa 1.

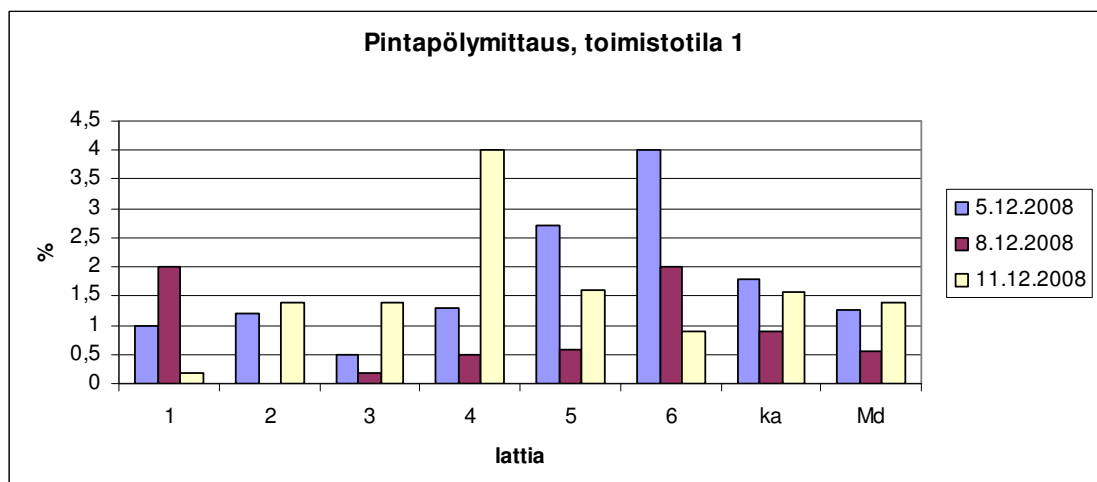
7.2 Kiinteistö 2

7.2.1 Toimistotila 1

Kaksi vuotta remontissa olleesta kiinteistöstä tein mittauksia kolmesta eri kohteesta. Toimistotilassa 1 pintapölymittaukset tein 5, 8 ja 11. joulukuuta 2008. Tila oli siivottu tuntia ennen ensimmäistä eli 5.12.2008 mittauksen tekoa. Suurin arvo lattiapinnalta otetusta pintapölynäytteestä eli 4 %, tuli oven edustasta otetusta näytteestä (TAULUKKO 6). Suurin arvo kolmannella mittauskerralla eli 4 % tuli seinän vierestä otetusta näytteestä. Siivouksella päästiin Sisäilmastoluokitus 2008:n määrittelemään 3 %:n arvoon. Mielenkiintoista on, että pölyn määrä ei noussut tilassa pinnoilla, vaikka siivousta ei välillä suoritettu. Se voi olla osoitus toimivasta ilmanvaihdosta.

TAULUKKO 6. Lattialta mitatut pintapölyprosentit toimistotilassa 1

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|-------------|-------------------|----------------|----------|
| 5.12.2008 | 0,5 % -4,0 % | 1,78 % | 1,28 % |
| 8.12.2008 | 0 % -2,1 % | 0,88 % | 0,55 % |
| 11.12.2008 | 0,2 % -4,0 % | 1,58 % | 1,40 % |



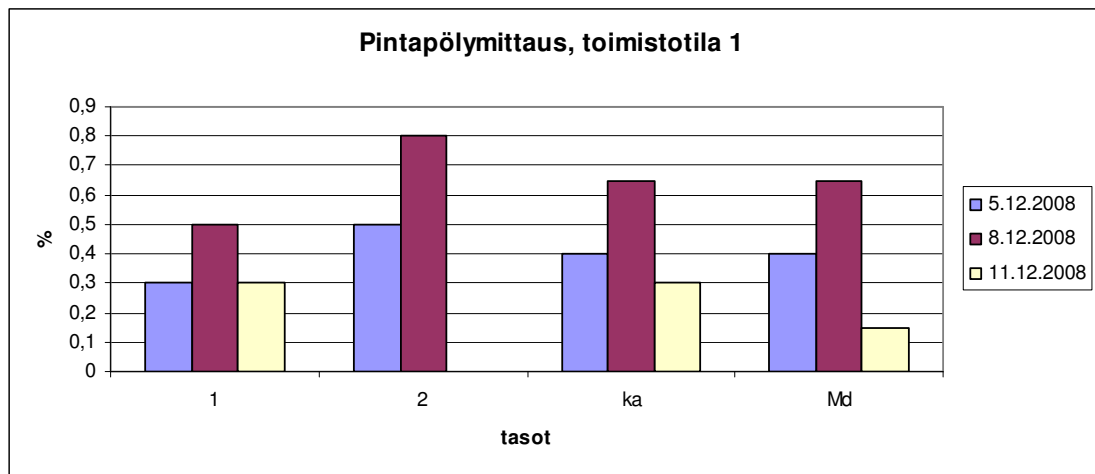
KUVIO 9. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät toimistotilassa 1. Näyte 1 on otettu ikkunaseinustan nurkasta, näyte 2 ikkunan edestä, 3 on keskilattialta, 4 seinän vierestä ovesta oikealle, 5 heti ovesta oikealle ja 6 näyte oli oven edestä (LIITE 2).

Toimistotilassa 1 tasopintoina mittasin sähkökourujen päällisen, koska muuta kalustusta ei ollut. Sähkökouru on noin 80cm korkeudella.

TAULUKKO 7. Tasopinnoilta mitatut pölyprosentit toimistotilassa 1.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|-------------|-------------------|----------------|----------|
| 5.12.2008 | 0,3 % -0,5 % | 0,4 % | 0,40 % |
| 8.12.2008 | 0,5 % -0,8 % | 0,65 % | 0,65 % |

| | | | |
|------------|------------|--------|--------|
| 11.12.2008 | 0 % -0,3 % | 0,15 % | 0,15 % |
|------------|------------|--------|--------|



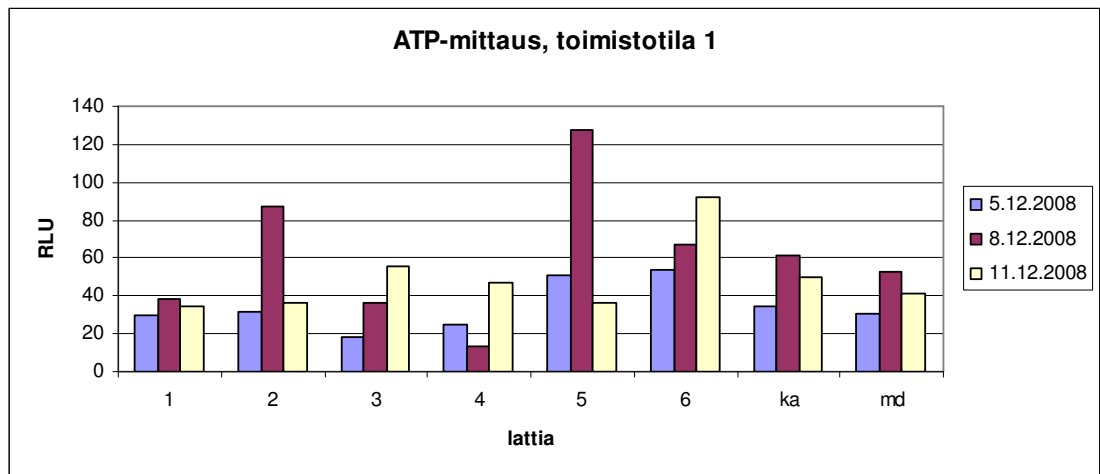
KUVIO 10. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pölymäärät toimistotilassa 1.

Tasojen pintapölynäytteet alittivat Sisäilmastoluokitus 2008 sallitun pölykertymän, joka oli 1 %.

Orgaanisen lian määrä on melko suuri, mutta sen saattaa selittää jäljempänä esiintyvä partikkelimitauksissa havaittava tilassa oleminen mitausten välillä (TAULUKKO 8).

TAULUKKO 8. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät toimistotilassa 1.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 5.12.2008 | 18–54 | 35 | 31 |
| 8.12.2008 | 13–128 | 61,5 | 52,5 |
| 11.12.2008 | 35–92 | 50,33 | 41,5 |

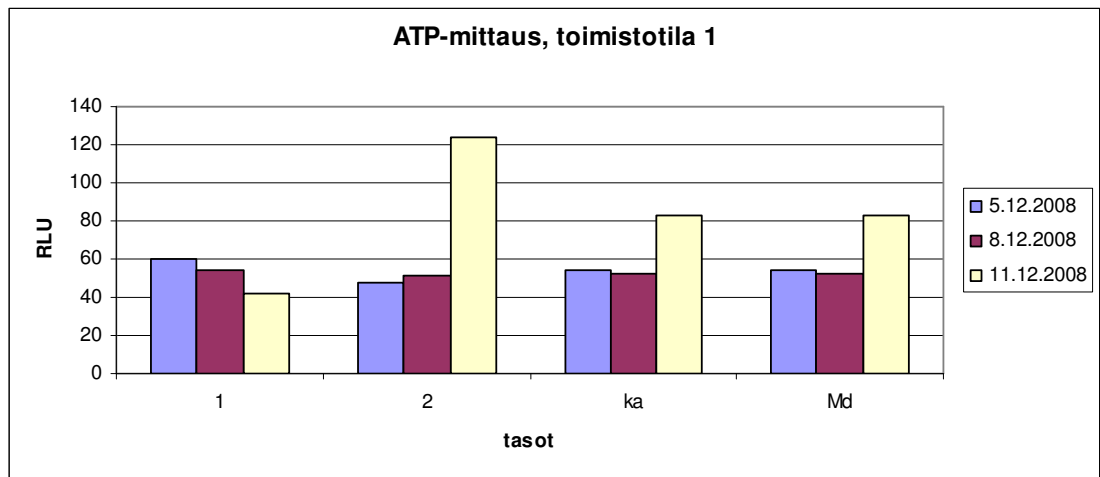


KUVIO 11. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät toimistotilassa 1. Näyte 1 on otettu ikkunaseinustan nurkasta, näyte 2 ikkunan edestä, 3 on keskilattialta, 4 seinän vierestä ovesta oikealle, 5 heti ovesta oikealle ja 6 näyte oli oven edestä.

TAULUKKO 9. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät toimistotilassa 1

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 5.12.2008 | 48–60 | 54 | 54 |
| 8.12.2008 | 51–54 | 52,5 | 52,5 |
| 11.12.2008 | 42–124 | 83 | 83 |

Myös toimistotila 1 tasopinnoilta saatu ATP-mittaustulos on melko korkea.

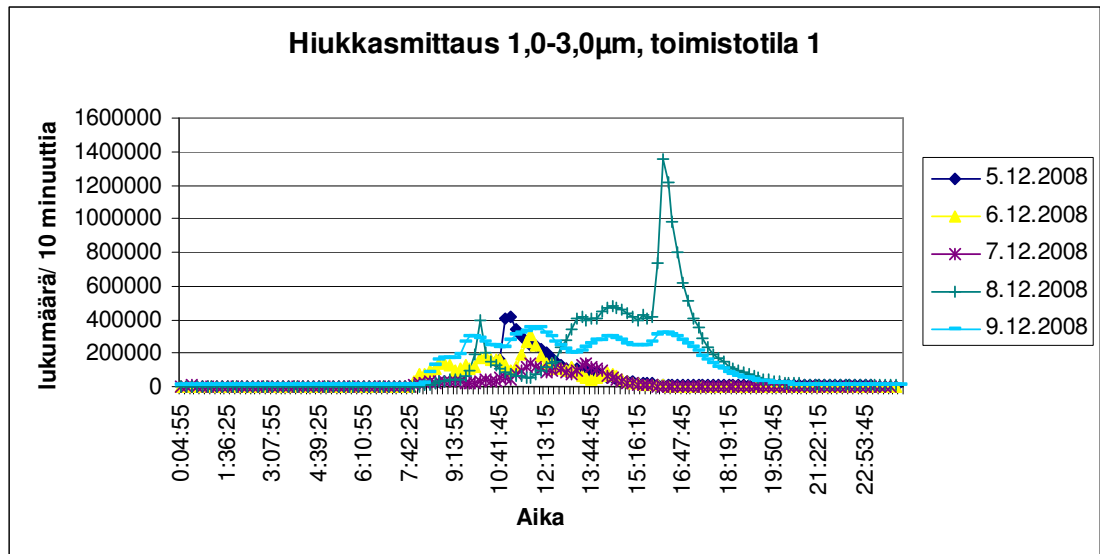


KUVIO 12. Tasopintojen mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät toimistotilassa 1. Näytteet 1 ja 2 on otettu sähkökourun päältä.

Asetin hiukkaslaskurin toimistotilan 1 lattialle perjantaina 5.12.2008 kello 10 jälkeen. Alkuvaiheessa partikkelien määrä oli noin 5 miljoonaa kokoluokassa 0,3-0,5 μ m, mutta nousee 9.12.2008 kello 14 ja 15 välillä jopa lähelle 30 miljoonaa partikkelia. Muun ajan partikkelien määrä pysyi 550 000 ja 3 miljoonan välillä (LIITE 12, KUVIO 1). Koska minulla ei ole tietoa, mistä noin suuri pienten partikkelien määrä johtuu, voin vain arvailla, onko ikkunan ulkopuolella käynnistetty auto vai onko tilassa käyty esimerkiksi tupakan kanssa. Partikkelien määrä laskee takaisin 3 miljoonaan nopeasti muutaman tunnin aikana. Mittaukset tein 5.12.2008 kello 8.30 jälkeen, 8.12.2008 kello 8.30 jälkeen samoin kuin 11.12.2008.

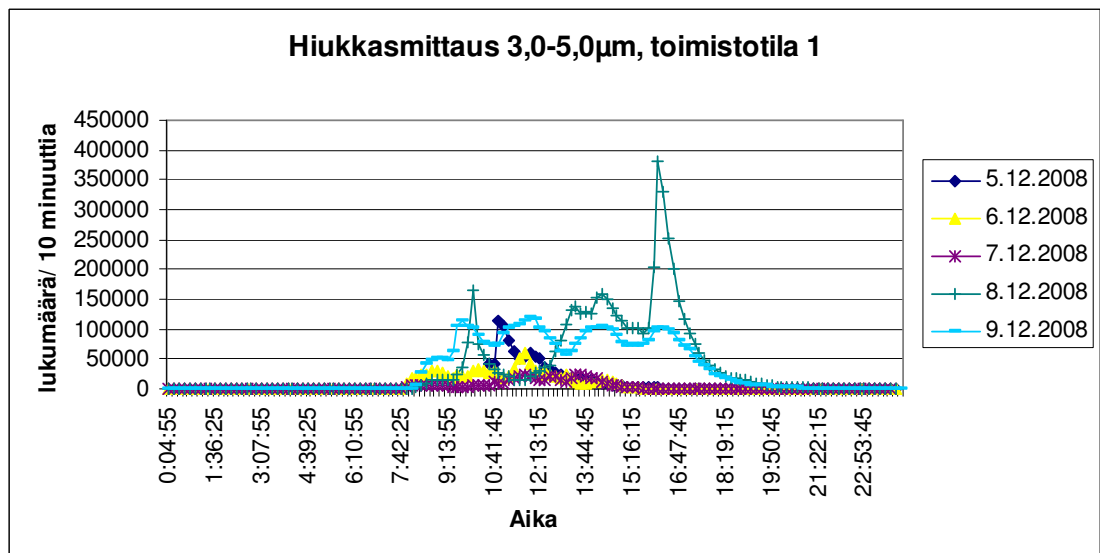
Diagrammin korkein huippu 0,5-1,0 μ m kokoisten hiukkasten mittauksessa on samassa kohdassa kuin 0,3-0,5 μ m:n diagrammissa. Lisäksi on nähtävissä kohonneita hiukkasten määriä joka iltapäivä (LIITE 12, KUVIO 2). Partikkelien määrä vaihtelee 37 000 ja 1,9 miljoonan välillä. Pienimmät arvot ovat yön ja varhaisaamun tunteina.

Sama diagrammin malli kuin 0,5-1,0 μ m:n kuviossa on myös 1,0-3,0 μ m:n suuruisissa hiukkasten määrissä. Hiukkasten määrä vaihtelee 1200 ja liki 350 000 välillä. Alhaisimmillaan hiukkasten määrä on öisin (KUVIO 13). Diagrammista huomaa, että kaikkina päivinä hiukkasten määrä kohoaa merkittävästi keskipäivällä ja 8.12.2008 kello 16 jälkeen.



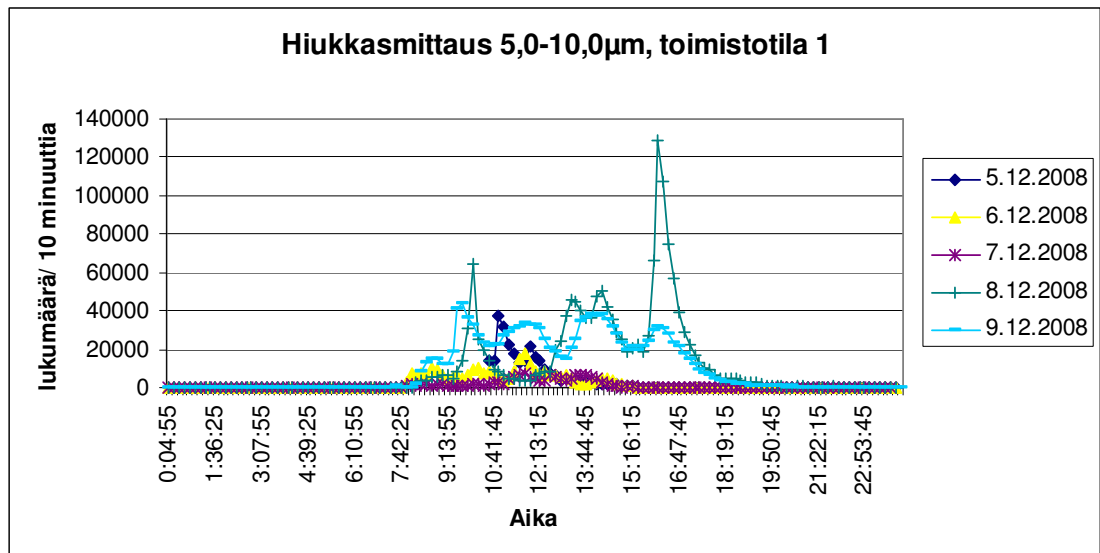
KUVIO 13. Kokoluokan 1,0-3,0 μ m hiukkasmäärä toimistotilassa 1

Partikkelikoon 3,0-5,0 μ m hiukkasten määrien diagrammi noudattelee kahden edellisen kokoluokan diagrammia. Partikkelien määrä vaihteli 0 ja 166 000 välillä, mutta käy kerran 370 000:ssa (KUVIO 14). Nolla oli vain muutamassa mittauskohdassa, mutta luku 70 esiintyy usein etenkin öiden aikana.



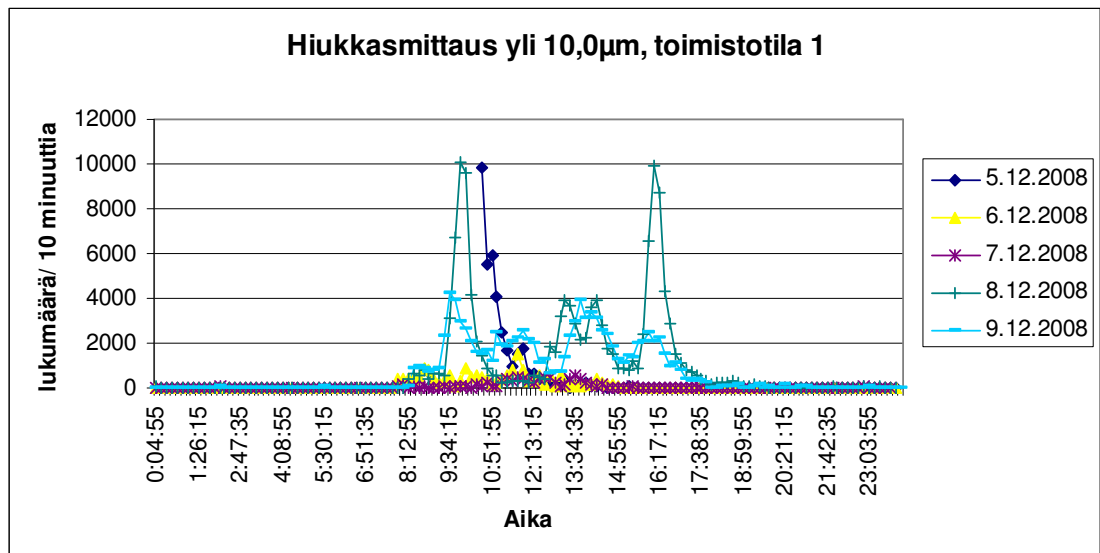
KUVIO 14. Kokoluokan 3,0-5,0 μ m hiukkasmäärä toimistotilassa 1.

Edelleen partikkelien koon ollessa 5,0–10,0 μm , diagrammien malli on sama. Partikkelien määrä vaihtelee yön 0 ja iltopäivien 40 000 välillä. Pääsääntöisesti luvut pysyvät 10 000 alapuolella (KUVIO 15), mutta käy 8.12 kello 16 jälkeen yli 120 000:ssa.



KUVIO 15. Kokoluokan 5,0-10 μm hiukkasmäärä toimistotilassa 1.

Suurimmat mitattavat partikkelit eli yli 10,0 μm :n suuruiset, noudattelevat samaa diagrammin mallia kuin aikaisemmat partikkelien kokoluokat. Suurin määrä on nyt kuitenkin hiukkaslaskurin asentamisen vaiheessa ja 8.12.2008 aamu- ja iltopäivällä 10 000 ja toinen piikki on 9.12.2008 iltopäivällä 4 000. Muuten hiukkasten määrä vaihtelee 0 ja 100 välillä. Pisin jakso, milloin partikkelien määrä oli 0, oli 5.12.2008 kello 23.34 -6.12.2008 kello 7.50 (KUVIO 16).

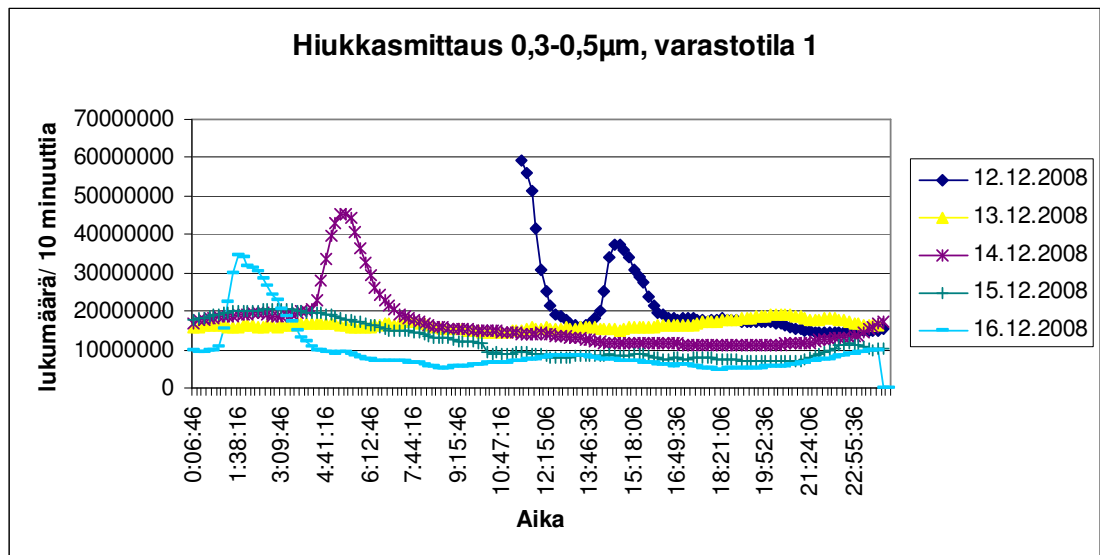


KUVIO 16. Kokoluokan yli 10µm hiukkasmäärä toimistotilassa 1.

Toimistotila 1 hiukkaslaskurin tuloksista huomaa, että tilassa on käyty joka päivä, vaikka ovesa oli kieltolappu. Siivouksella pintapölyt saatiin pois eikä ilmassakaan ollut hiukkasia kuin niinä hetkinä, kun siellä oli ollut toimintaa.

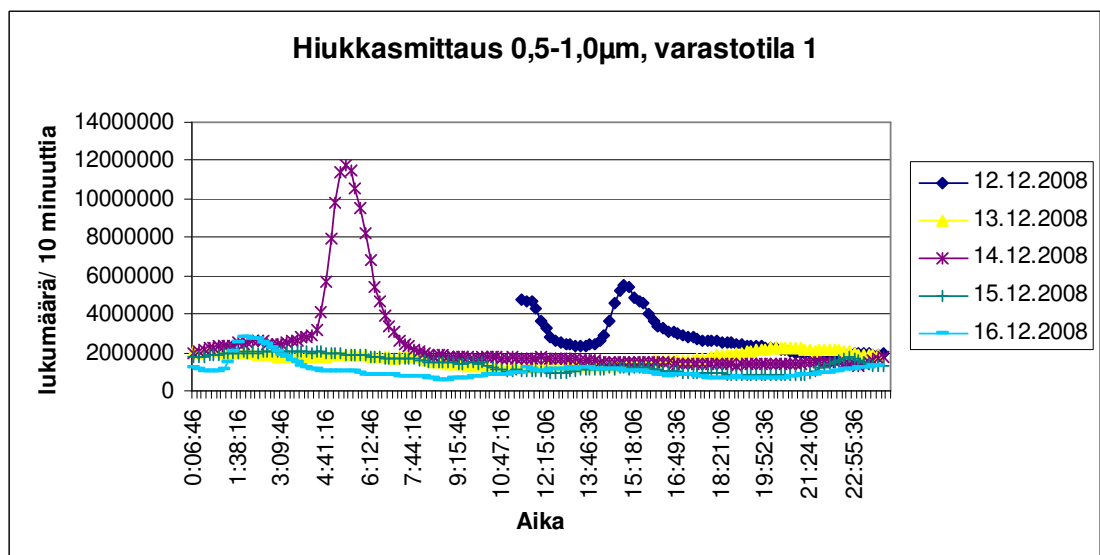
7.2.2 Varastotila 1

Varastotilassa 1, jossa tein vain hiukkasmittauksen, pienten 0,3-0,5µm partikkelien määrä oli suuri, eikä laskenut koko mittausjakson aikana kuin hetkittäin alle 10 miljoonan partikkelin määrään. Selkeitä piikkejä oli heti mittarin asentamishetkellä ja 14.12.2008 aamulla kello 5 aikaan sekä 16.12.2008 yöllä kello 1-2 aikaan (KUVIO 17). Hiukkaslaskurin olin asettanut lattialle (LIITE 3).



KUVIO 17. Kokoluokan 0,3-0,5 μ m hiukkasmäärä varastotilassa 1.

Seuraava partikkelikoko eli 0,5-1,0 μ m:n suuruiset partikkelit muodostavat hiukan erilaisen diagrammin kuin pienemmät partikkelit. 14.12.2009 kello 5 aikaan aamulla on hyvin selkeä piikki partikkelien määrässä. Partikkelien määrä on tuolloin noin 11 miljoonaa kun niiden määrä pysyy muuten 3-4 miljoonan alapuolella (KUVIO 18).

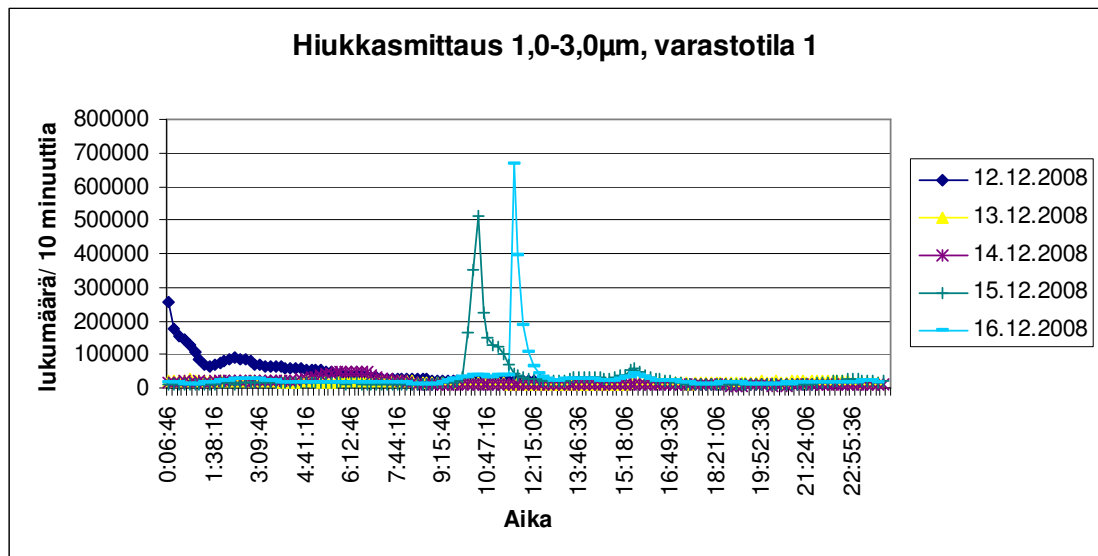


KUVIO 18. Kokoluokan 0,5-1,0 μ m hiukkasmäärä varastotilassa 1

Seuraavassa partikkelikoossa, 1,0-3,0 μ m, on jälleen yllättävä piikki diagrammissa. Hiukkaslaskurin käynnistämisen 250 000 partikkelien määrästä alle 100 000:een

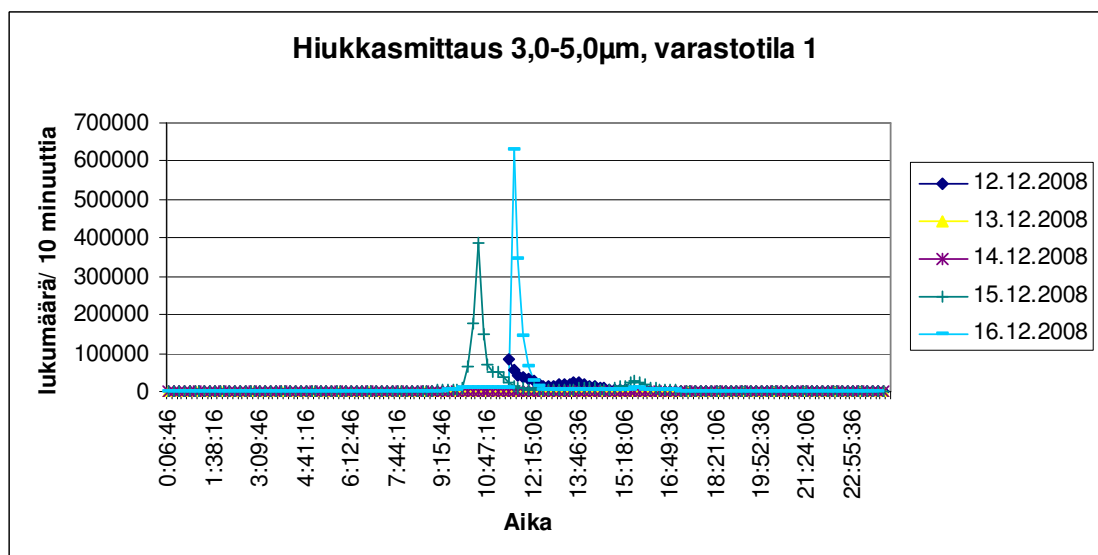
laskenut käyrä kohoaa 16.12.2008 lähes 700 000 puolen päivän aikaan (KUVIO 19).

Tilassa on työskennelty ja se näkyy myös hiukkasten määrässä.



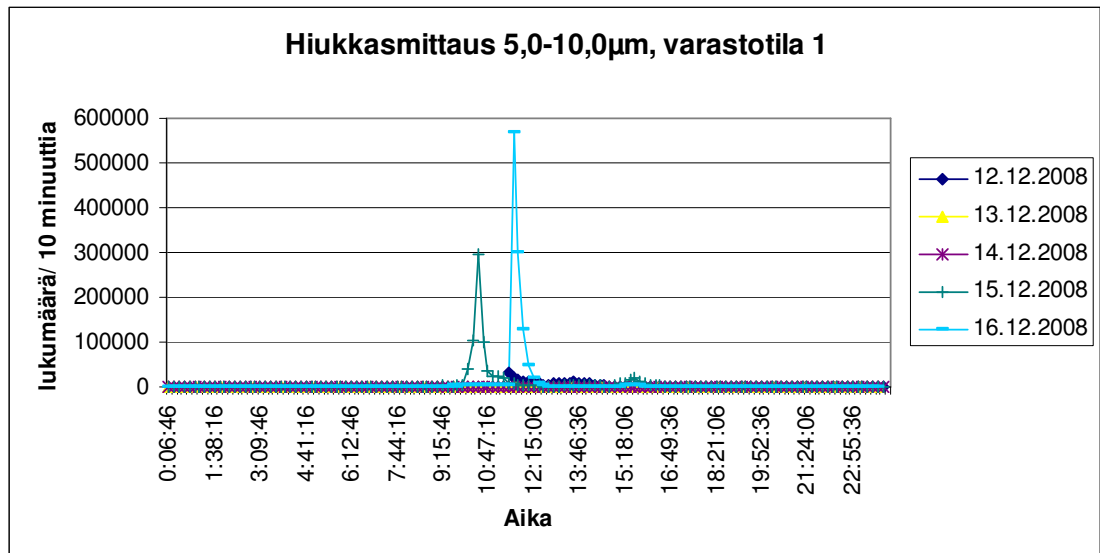
KUVIO 19. Kokoluokan 1,0-3,0µm hiukkasmäärä varastotilassa 1.

Sama piikki kuin edellisessä diagrammissa näkyy myös 3,0-5,0µm:n taulukossa. Partikkelien määrä on iltaisin ja öisin jopa vain reilu 100 kun se 16.12.2008 päivällä kävi 600 000:ssa (KUVIO 20).



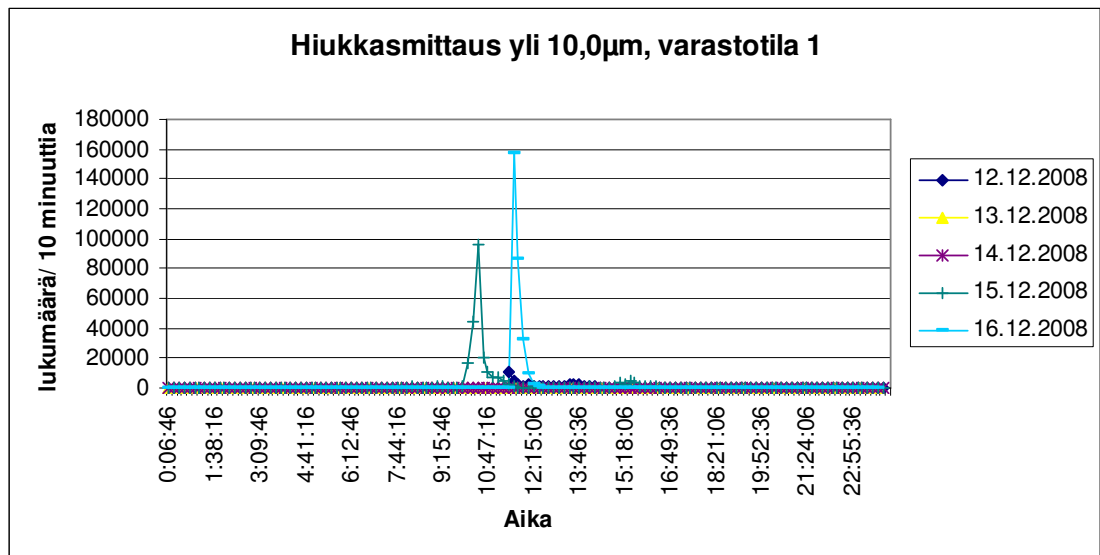
KUVIO 20. Kokoluokan 3,0-5,0µm hiukkasmäärä varastotilassa 1.

Partikkelit, joiden koko on $5\mu\text{m}$ laskeutuvat pinnalle noin 20 minuutissa ja partikkelit, joiden koko on $10\mu\text{m}$ laskeutuvat noin viidessä minuutissa. Onkin aivan luonnollista, että suuremmassa partikkeliluokassa hiukkasten määrä putoaa nopeasti kun hiukkaslähte on poistunut. Diagrammin suurimmat luvut ovat 550 000 partikkelia, joten muuttaman sadan partikkelien määrä ei näy taulukossa (KUVIO 21).



KUVIO 21. Kokoluokan 5,0–10,0 μm hiukkasmäärä varastotilassa 1.

Myös kaikkein suurimpien mitattavien hiukkasten diagrammissa näkyy 16.12.2008 hiukkasmäärän kasvu (KUVIO 22). Tässä tilassa on poikkeuksellista aikaisempiin yli $10,0\mu\text{m}$:n hiukkasmääriin, että tilassa oli vain yksittäisiä 0 lukuja, kun luokkatilan 1 ja toimistotilan 1 mittauksissa 0-lukuja oli ollut usean tunnin ajan.



KUVIO 22. Kokoluokan yli 10,0µm hiukkasmäärä varastotilassa 1.

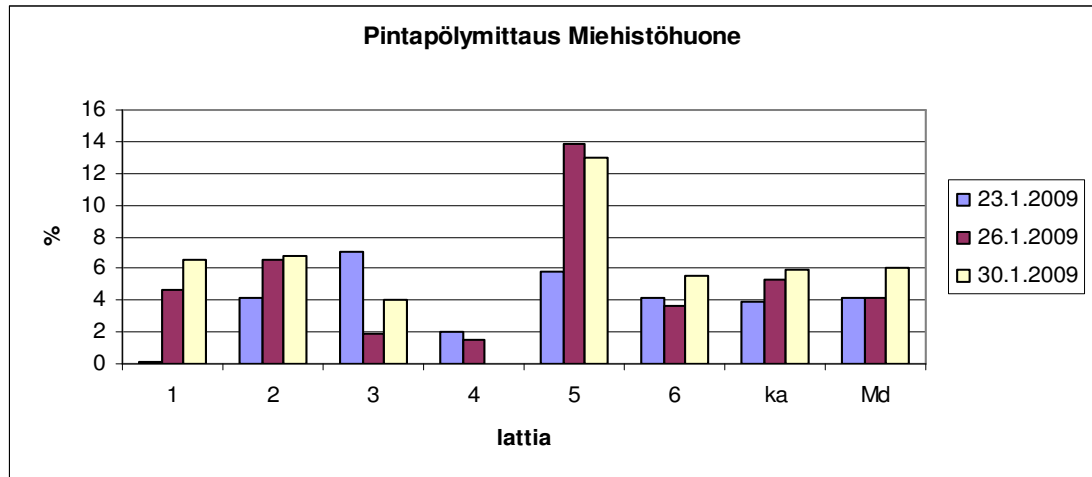
7.2.3 Miehistöhuone

Miehistöhuoneen lattiasta mittasin pintapölyä BM-DustDetectorilla 23.1.2009 alkaen kello 11.30, 26.1.2009 alkaen kello 12.50 ja 30.1.2009 alkaen kello 12.30. Siivous oli suoritettu 23.1.2009 kello 9 aikaan.

TAULUKKO 10. Lattialta mitatut pintapölyprosentit miehistöhuoneessa.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 23.1.2009 | 0,1 % -7,1 % | 3,90 % | 4,20 % |
| 26.1.2009 | 1,5 % -13,8 % | 5,30 % | 4,15 % |
| 30.1.2009 | 0 % -13,0 % | 5,97 % | 6,65 % |

Korkein arvo ensimmäisellä mittauskerralla, 7,1 %, tuli ikkunan edustan seinän vierestä. Tilassa ei päästy Sisäilmastoluokitus 2008:n sallimaan pöykertymän määrään vaan ylitettiin 3 %:n luku. Toisella mittauskerralla 26.1.2009 korkein mittaustulos eli 13,8 % tuli ovelta katsottuna oikeasta seinänvierestä. Kolmas mittauskerta oli 30.1.2009. ja silloin arvo 13 % tuli samasta kohdasta kuin edellisellä mittauskerralla 13,8 % eli ilmapirta kuljetti pölyä seinän vierustalle (KUVIO 23).

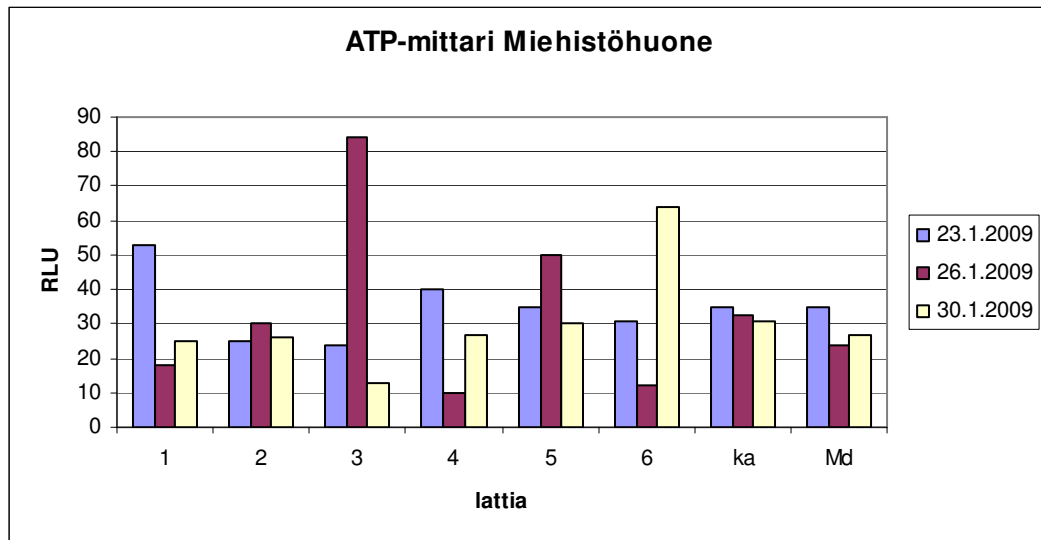


KUVIO 23. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät miehistöhuoneessa. Näyte 1 on ovesta vasemmasta seinänvierestä, näyte 2 on vasemmasta ikkunanurkasta, näyte 3 on suoraan ikkunan edestä, näyte 4 keskilattialta, näyte 5 oikealta seinustalta ja näyte 6 on oikeasta nurkasta (LIITE 4).

Miehistöhuoneen ATP- mittauksen tulokset ensimmäisellä mittauskerralla lattialta liikkuvat RLU luvun 24 ja 53 välillä. Korkein tulos eli 53 tuli vasemmalta seinustalta. Toinen näyte antoi korkeimman tuloksen 84 ja se tuli ikkunan edestä mitattuna (TAULUKKO 11 ja KUVIO 24). Kahdessa jälkimmäisessä näytteessä näkyy yksittäisen luvun nostavan keskiarvoa kun mediaani on huomattavasti keskiarvoa alhaisempi.

TAULUKKO 11. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät miehistöhuoneessa.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 23.1.2009 | 24–76 | 34,67 | 35,0 |
| 26.1.2009 | 10–84 | 32,50 | 24,0 |
| 30.1.2009 | 12–64 | 30,83 | 26,5 |

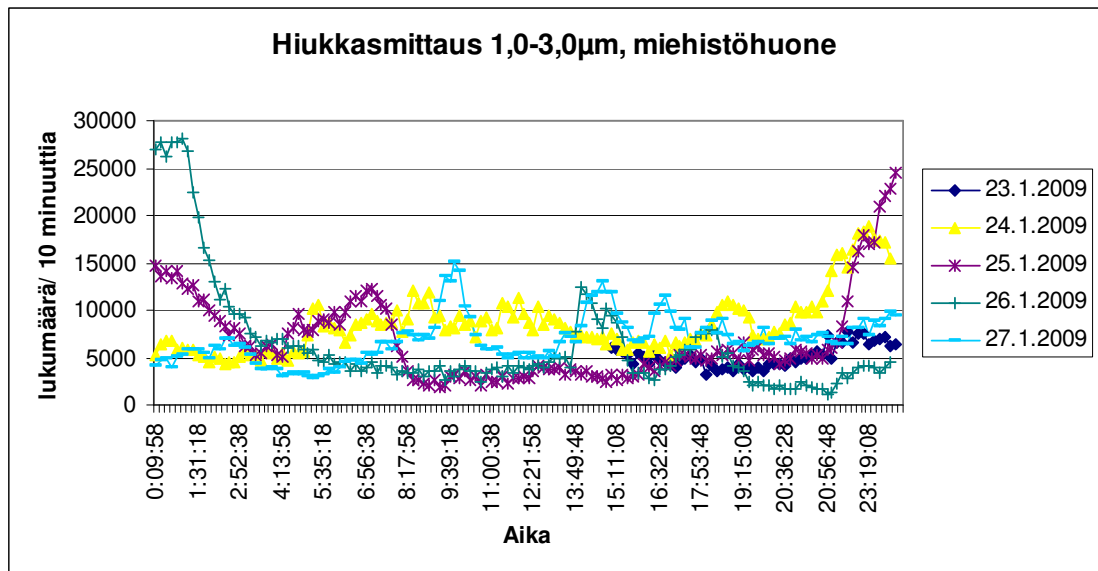


KUVIO 24. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät miehistöhuoneessa.

Asetin hiukkaslaskurin miehistöhuoneen lattialle. Pienempien mitattavien hiukkasten määrä oli korkeimmillaan, kun asensin laitteen toimintaan. Silloin lukema oli lähes 23 miljoonaa partikkelia, mutta määrä laski pian ollen koko mittausajan alle 10 miljoonassa, välillä partikkelien määrä oli alle 500 000 (LIITE 13 KUVIO 1). Hiukkasten määrä ei noudattanut vuorokauden aikoja ollen esimerkiksi yöllä alhaisempi kuin päivällä.

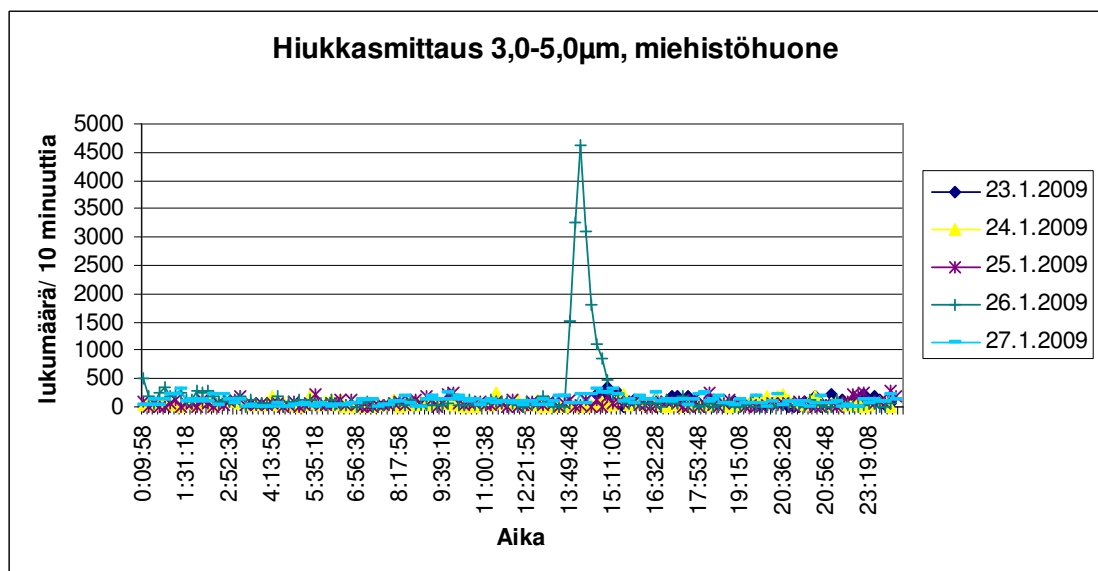
Partikkelien, joiden koko oli 0,5-1,0 μ m:n suuruisia, diagrammi oli hyvin samansuuntainen kuin pienemmän kokoluokan partikkelien. Määrä oli korkeimmillaan (1,6 miljoonaa) laskurin asettamisen aikaan ja laski heti neljäsosaan siitä. Myös 25 ja 26. tammikuuta välisenä yönä partikkelien määrä kohoaa jälleen lähes 1,3 miljoonaan. Alhaisimmillaan partikkelien määrä on kello 20 aikaan 26 päivä tammikuuta noin 50 000 partikkelin määrässä (LIITE 13 KUVIO 2).

Taulukko, joka kertoo hiukkaskoon 1,0-3,0 μ m partikkelien määrän muistuttaa edelleen yhtä kokoluokkaa pienempää partikkelien määrän diagrammia. Määrä on suurimmillaan asettaessani laitteen ja ottaessani ensimmäiset ATP- ja pintapölynäytteet. Sen jälkeen hiukkasten määrä laskee pysyen alle 20 000 lukuun ottamatta 25 ja 26 tammikuun välisen yön kohonnutta arvoa (KUVIO 25).



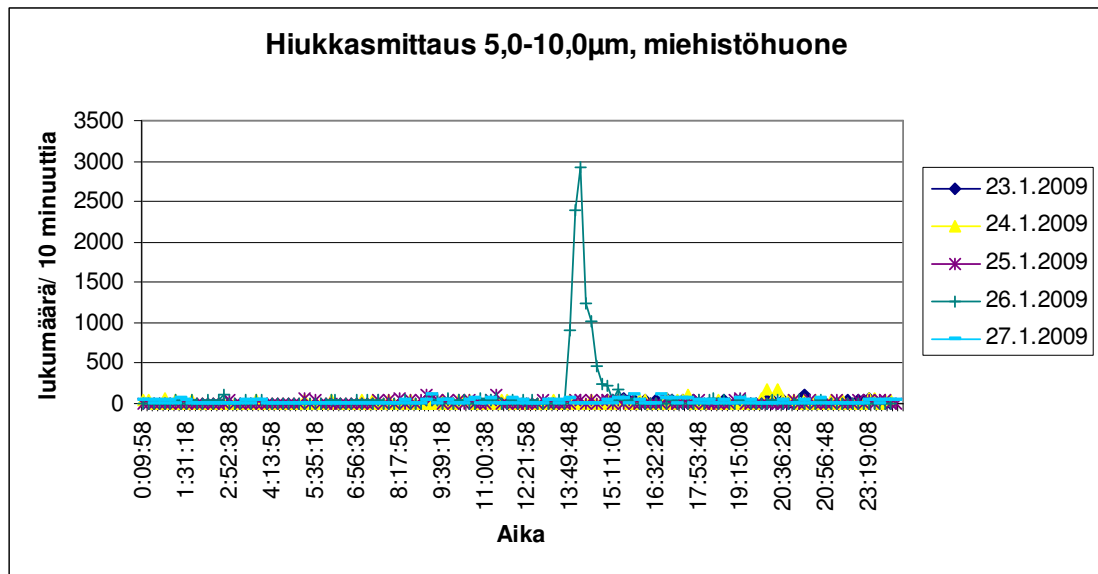
KUVIO 25. Kokoluokan 1,0-3,0 μ m hiukkasmäärä miehistöhuoneessa.

Kuvio 26 on mielenkiintoinen, koska alun 6000 partikkelimäärän jälkeen partikkelien määrä kohoaa vain 4500:aan tehdessäni toiset pintapöly ja ATP-mittaukset. Kun ti-loissa ei ole käyty, pysyy partikkelien määrä kokoluokassa 3,0-5,0 μ m hyvin alhaisena, 0 ja 200 välillä.



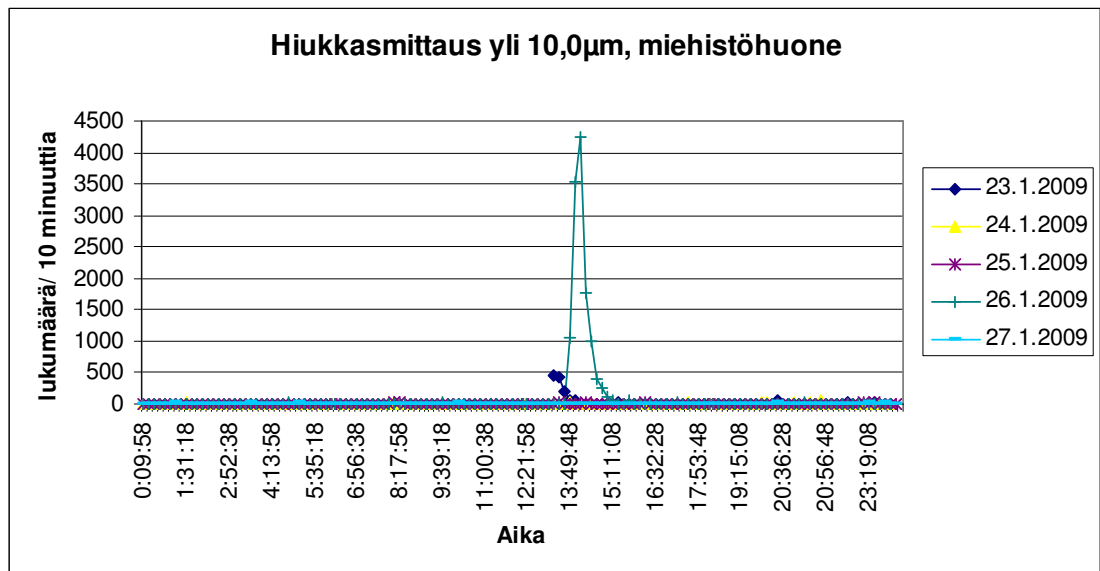
KUVIO 26. Kokoluokan 3,0-5,0 μ m hiukkasmäärä miehistöhuoneessa. Poistin kuvaajasta mittarin asentamisesta aiheutuneen suuren hiukkaslukeman (6 000), jotta pienemmät hiukkasmäärät tulevat paremmin esille.

Sama tilanne kuin edellä jatkuu seuraavassa partikkelien kokoluokassa (5,0–10,0 μm). Nyt aiheutin omalla toiminnallani partikkelien määrän lisääntymisen 23 000:een alkuvaiheessa ja toisella mittauskerralla partikkelien määrä kohosi kolmeen tuhanteen (KUVIO 27). Muuten partikkelien määrä pysyi alle sadassa ollen useita kertoja mittausaikana nolla.



KUVIO 27. Kokoluokan 5,0–10,0 μm hiukkasmäärä miehistöhuoneessa. Poistin kuvaajasta mittarin asentamisesta aiheutuneen suuren hiukkaslukeman (23 000), jotta pienemmät hiukkasmäärät tulevat paremmin esille

Yli 10 μm suuruisten hiukkasten määrä oli samoina aikoina korkeammillaan kuin edellisessä kokoluokassa. Laskurin asentamisen aikaan yli 4 000, mutta laskien kahdessa tunnissa nolnaan. Seuraava korkeampi lukema oli alle tuhat partikkelia toisen mittauskerran aikana. Laskuri mittasi koko jaksolta vain muutaman 35 kappaleen määrän muuten tulosten ollessa nolaa (KUVIO 28). Tästä hiukkaslaskurin tuloksesta näkee hyvin, kuinka ihmisten liikkuminen tiloissa vaikuttaa pinnalle laskeutuvien ja siivouksella poistettavien partikkelien määrään.



KUVIO 28. Kokoluokan yli 10,0µm hiukkasmäärä miehistöhuoneessa. Poistin kuvaajasta mittarin asentamisesta aiheutuneen suuren hiukkaslukeman (4 500), jotta pienemmät hiukkasmäärät tulevat paremmin esille

7.3 Kiinteistö 3, toimistotila 2

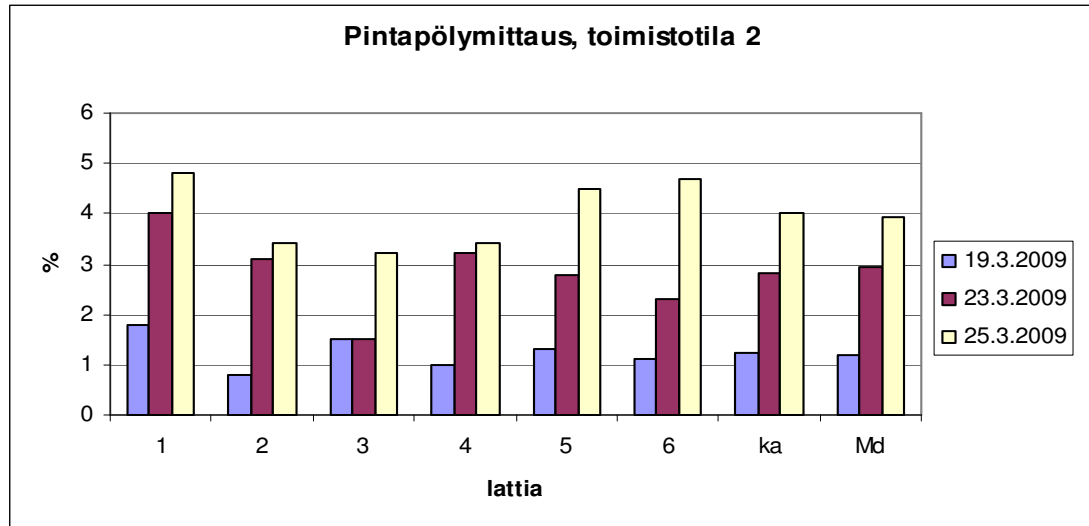
Saneeratun hoivakodin toimisto (toimistotila 2) oli seuraava mittauskohde. Pintapölymittaukset tein 19, 23 ja 25 maaliskuuta 2009.

TAULUKKO 12. Lattialta mitatut pintapölyprosentit toimistotilassa 2.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 19.3.2009 | 0,8 % -1,8 % | 1,25 % | 1,20 % |
| 23.3.2009 | 1,5 % -4,0 % | 2,82 % | 2,95 % |
| 25.3.2009 | 3,2 % -4,8 % | 4,00 % | 3,95 % |

Ensimmäisellä mittauskerralla pintapölyn määrän arvot alittivat Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelemän 3 %:n raja-arvon (TAULUKKO 12).

Kiinteistössä tehtiin kaksi loppusiivousta ja ensimmäinen mittaus on tehty kaksi tuntia toisen loppusiivoukerran jälkeen. Taulukossa näkyy se pölymäärän kehitys, minkä oletin työhön ryhtyessäni näkyvän kaikissa tuloksissa. Luulin, että pintapölyn määrä lisääntyy jokaisen mittaukserän jälkeen, kun tiloja ei välillä siivota. Tässä tilassa, jossa mittausta tein, tehtiin muuttoon liittyviä tehtäviä koko mittauksen ajan.



KUVIO 29. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät toimistotilassa 2. Näyte 1 on otettu ikkunan edestä, näyte 2 on myös ikkunan edestä, näyte 3 on oven edestä, näyte 4 keskilattialta, näyte 5 kahden oven välistä ja näyte 6 toisen oven edestä (LIITE 5).

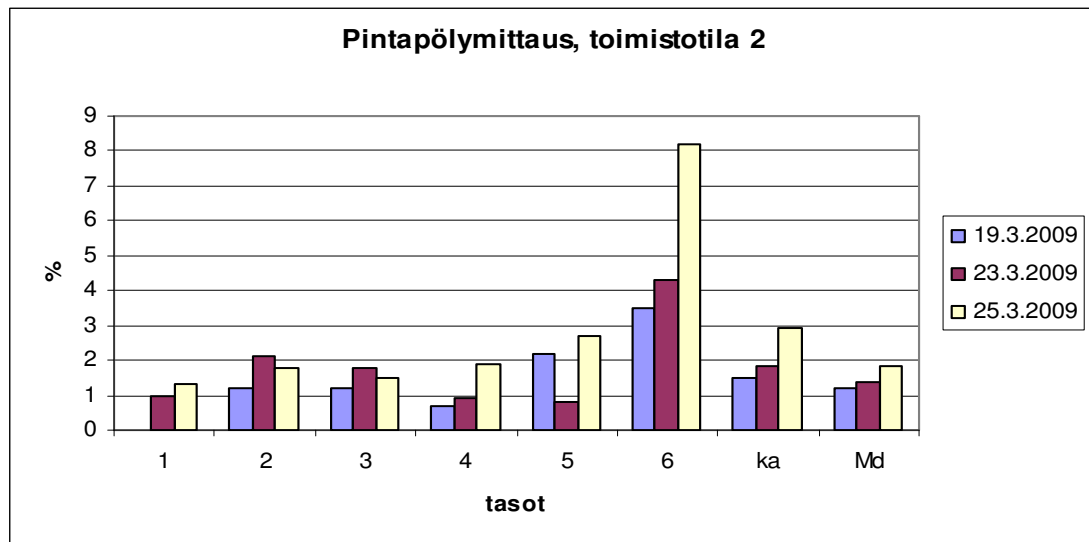
TAULUKKO 13. Tasopinnoilta mitatut pölyprosentit toimistotilassa 2.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 19.3.2009 | 0 % -3,5 % | 1,47 % | 1,20 % |
| 23.3.2009 | 0,8 % -4,3 % | 1,82 % | 1,40 % |
| 25.3.2009 | 1,3 % -8,2 % | 2,90 % | 1,85 % |

Tasopintojen pintapölymittaus oli hankala, koska osaa kalustosta käytettiin koko mitaamisen ajan ja niille laitettiin käyttötavaraa. Pintapölyn määrä ylitti Sisäilmasto-
luokitus 2008 määrittelemän pölykertymän tasopinnoille. Kaikki tasopinnot olivat alle

180cm:n korkeudessa. Tasopintoja olivat pöytäpinnat ja sähkökouru noin 80 cm korkeudella.

Kolmannella mittauskerralla arvo 8,2 % tuli jälleen pöydältä samasta kohtaa kuin edellisen mittauskerran arvo 4,3 %, mutta nyt pöydän yläpuolella oli porattu ja se nosti pölyn määrää (KUVIO 30).



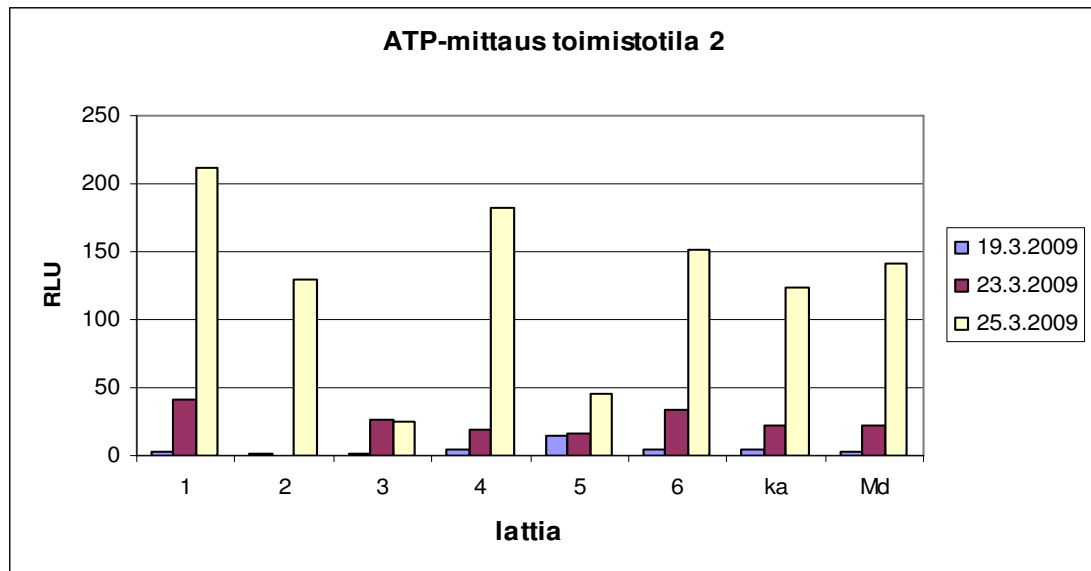
KUVIO 30. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pintapölymäärät toimistotilassa 2. Näyte 1 otettiin pöydältä ikkunan edestä, näytteet 2,3,4 ja 5 otettiin pöydiltä ympäri huonetta. Näyte 6 on otettu pöydältä hyllyn alapuolelta.

Orgaanisen lian määrä oli kahdella ensimmäisellä mittauskerralla toimistotilassa 2 erittäin alhainen lattioidelta mitattaessa. Kolmannella mittauskerralla näkyi muuton aiheuttama ihmisten liikkuminen tiloissa kun RLU luvut olivat 25 ja 212 välillä. Keskiarvo kohosi 124,2:een ja mediaani vielä korkeammalle 140,5 (TAULUKKO 14 ja KUVIO 31).

TAULUKKO 14. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät toimistotilassa 2.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKIARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|-----------|----------|
| 19.3.2009 | 2–14 | 5 | 3,5 |

| | | | |
|-----------|--------|-------|-------|
| 23.3.2009 | 0–41 | 22,70 | 22,5 |
| 25.3.2009 | 25–212 | 124,2 | 140,5 |



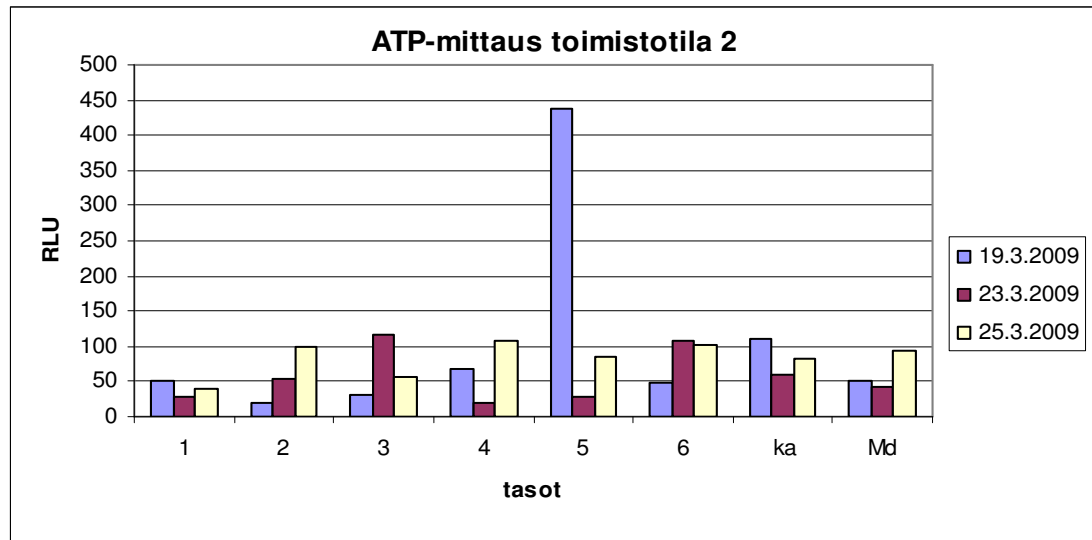
KUVIO 31. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät toimistotilassa 2. Näyte 1 on otettu ikkunan edestä, näyte 2 on myös ikkunan edestä, näyte 3 on oven edestä, näyte 4 keskilattialta, näyte 5 kahden oven välistä ja näyte 6 toisen oven edestä.

Tasojen osalta ATP-mittaus oli yhtä haasteellinen kuin pintapölymittauskin.

TAULUKKO 15. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät toimistotilassa 2.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 19.3.2009 | 20–438 | 109,8 | 50,5 |
| 23.3.2009 | 21–116 | 59,2 | 41,5 |
| 25.3.2009 | 41–108 | 82 | 92,5 |

Hyllyn poraus ei näyttänyt vaikuttavan pinnan RLU lukemaan, koska porauksen alapuolelta otetun testin RLU lukema ei ollut merkittävästi korkeampi kuin ennen porausta, mutta ihmisten liikkuminen vaikutti (KUVIO 32).

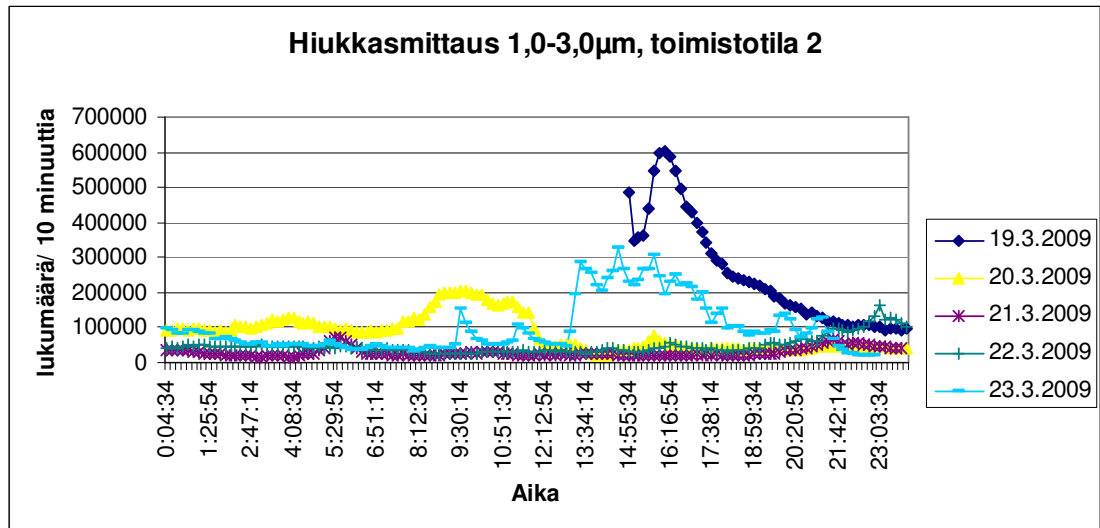


KUVIO 32. Tasopintojen mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät toimistotilassa 2. Näyte 1 otettiin pöydältä ikkunan edestä, näytteet 2,3,4 ja 5 otettiin pöydiltä ympäri huonetta. Näyte 6 on otettu pöydältä hyllyn alapuolelta.

Toimistotilassa 2 mitatut pienimpien hiukkasten, 0,3-0,5 μ m, määrä oli suurimmillaan 40 miljoonaa partikkelia hiukkaslaskurin asentamisen jälkeen. Partikkelien määrä kävi 15 miljoonassa 23.3.2009 iltapäivällä, muuten hiukkasten määrä pysyi alle miljoonassa (LIITE 14 KUVIO 1).

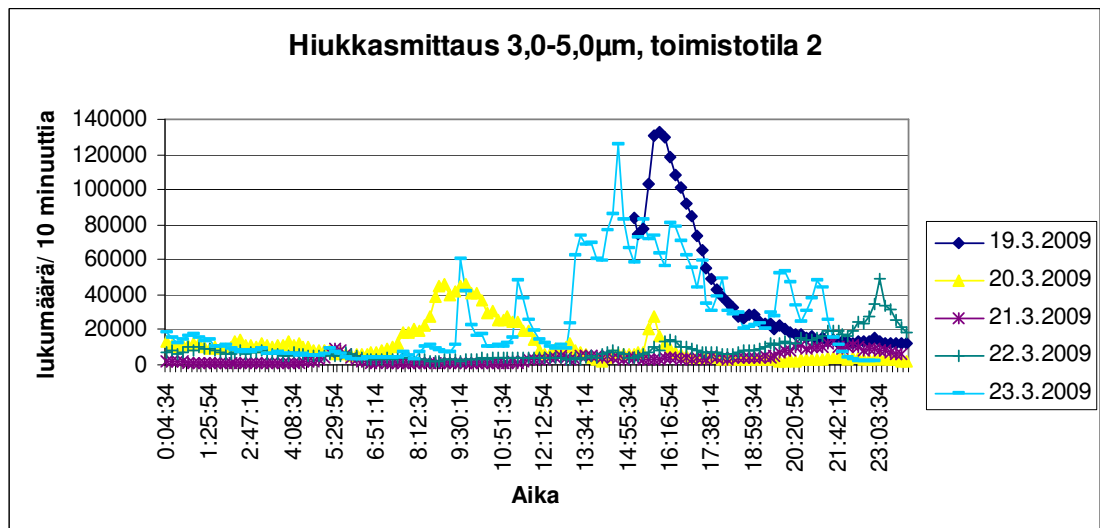
Hiukkaset, joiden koko oli 0,5–1,0 μ m, määrä oli suurimmillaan 8 miljoonaa heti hiukkaslaskurin asentamisen jälkeen. Hiukkasmäärä oli sen jälkeen alle miljoonassa nousten 23.3.2009 iltapäivällä 1,5 miljoonaan hiukkaseen. Siivouksella ei ole vaikutusta 0,3-1 μ m:n kokosiin hiukkasiin (LIITE 14, KUVIO 2).

Hiukkasten, joiden koko on 1-3 μ m, määrä oli alussa noin 27 miljoonaa, mutta laskian hyvin alhaisille lukemille. Vasta 23.3.2009 kun tilaan muutettiin, hiukkasten määrä kohosi 30 000 partikkeliin (KUVIO 33).



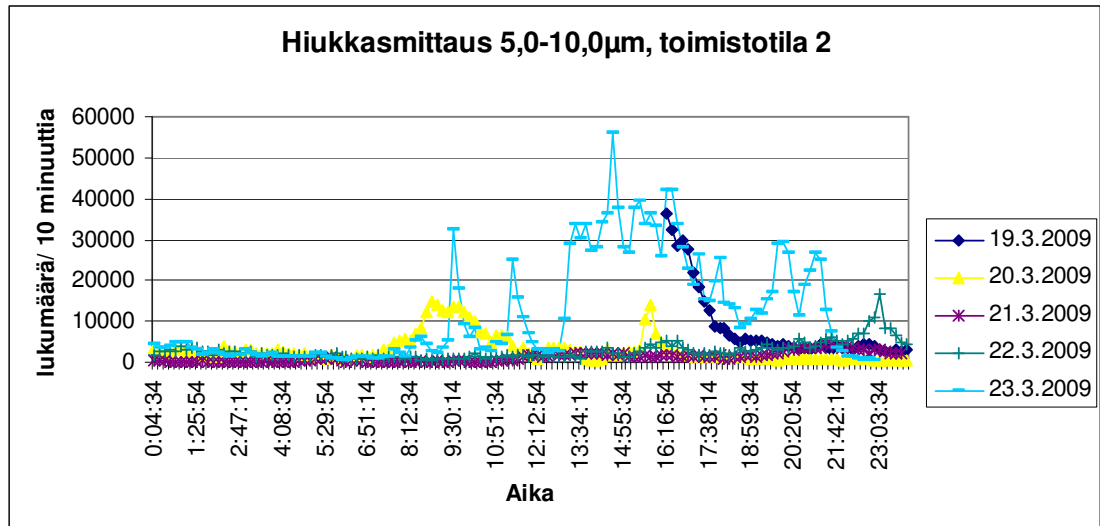
KUVIO 33. Kokoluokan 1,0-3,0µm hiukkasmäärä toimistotilassa 2. Poistin kuvaajasta mittarin asentamisesta aiheutuneen suuren hiukkaslukeman (27 miljoonaa), jotta pienemmät hiukkasmäärät tulevat paremmin esille.

Seuraavassa kokoluokassa (3,0-5,0µm) hiukkasten määrä on suhteessa samanlainen kuin edellisessä kokoluokassa ja siinä näkyy ihmisten liikkeitä, vaikka muuten hiukkasten määrä on alhainen (KUVIO 34).



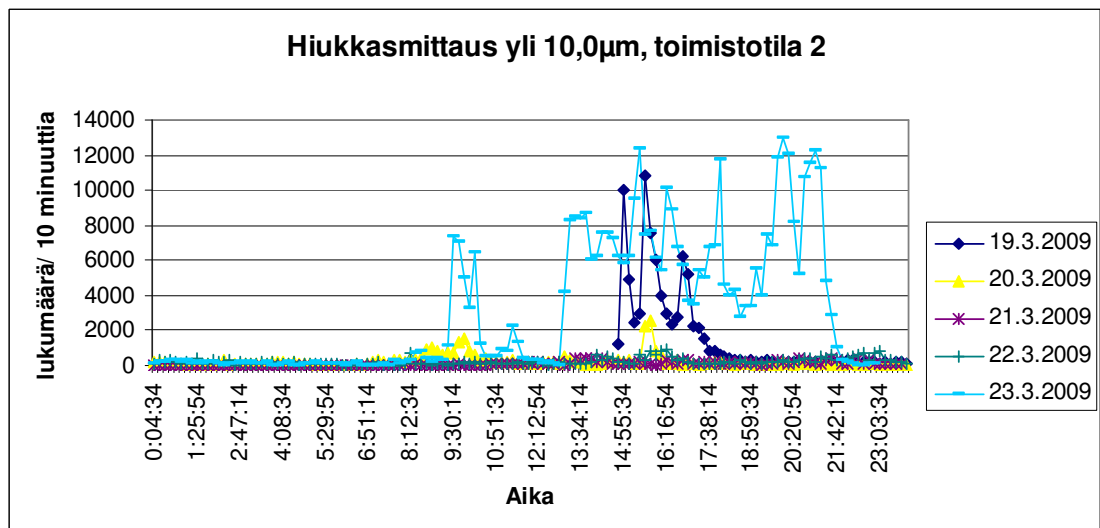
KUVIO 34. Kokoluokan 3,0-5,0µm hiukkasmäärä toimistotilassa 2.

5-10 μm kokoluokassa hiukkasten määrän diagrammi kulkee samansuuntaisena kuin kahden edellisen kokoluokan diagrammit (KUVIO 35). Joitakin kertoja 21.3.2009 mittaustulokseksi tulee 0.



KUVIO 35. Kokoluokan 5,0–10,0 μm hiukkasmäärä toimistotilassa 2.

Suurimmassa mitattavassa kokoluokassa eli yli 10 μm partikkelit noudattelivat edellistä diagrammin kuvaa, mutta 21.3.2009 arvo oli useiden tuntien ajan 0. Muutto näkyy selkeästi 23.3.2009 iltapäivällä kohonneina partikkelimäärinä (KUVIO 36)



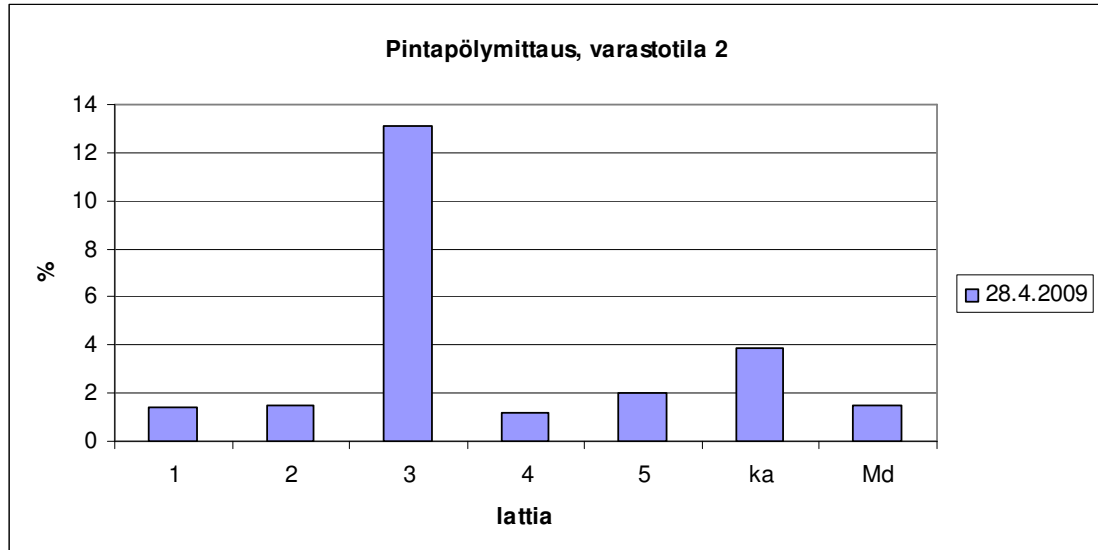
KUVIO 36. Kokoluokassa yli 10 μm hiukkasmäärä toimistotilassa 2.

7.4 Kiinteistö 4, varastotila 2

Varastotilassa 2 tein mittaukset 28.4.2009. Useampia mittauksia en voinut tehdä, sillä sekä lattialta että ikkunalaudalta irtosi maalia geeliteippiin. Tulos 13,1 % onkin saatu kohdasta, josta maali irtosi maalattusta betonista eli tulos ei ole luotettava. Jos maalista näytettä ei oteta huomioon, olisi keskiarvo 1,53 % ja mediaani 1,75 %. Todellisessa tilanteessa keskiarvo on 3,84 % ja mediaani 1,5 % (TAULUKKO 16). Tulos jää ilman maalin irtoamista alle Sisäilmastoluokitus 2008 suosittelemaa rajaa.

TAULUKKO 16. Lattialta mitatut pintapölyprosentit varastotilassa 2.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 28.4.2009 | 1,2 % -13,1 % | 3,84 % | 1,50 % |



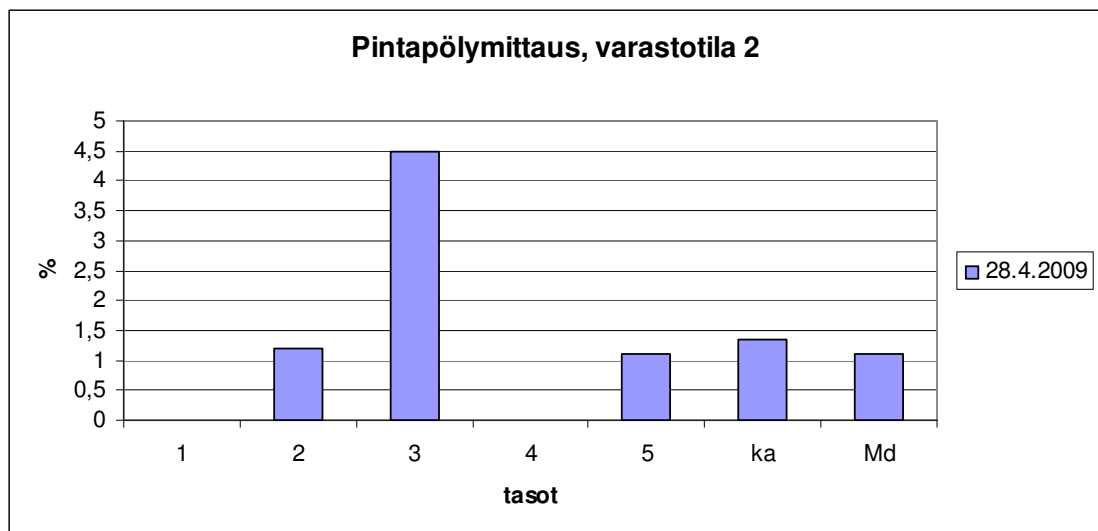
KUVIO 37. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät varastotilassa 2 (LIITE 6). Näytteeseen 3 irtosi lattiasta maalia.

Tasojen pintapölymittauksessa tuli nollatulokset metallisen putken päältä ja ikkunalaudalta, joka oli maalattua betonia ja siitä lähti maali irti. Lisäksi maali irtosi kahdesta muusta näytteenottopaikasta. (TAULUKKO 17).

TAULUKKO 17. Tasopinnoilta mitatut pintapölyprosentit varastotilassa 2.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 28.4.2009 | 0 % -4,5 % | 1,36 % | 1,10 % |

Mielestäni luotettava tulos tuli vain yhdestä näytteestä, jonka arvo oli 1,1 %. Jos kaikki näytteet otetaan huomioon, keskiarvoksi tulee 1,36 % ja mediaani on 1,1 % (KUVIO 38).

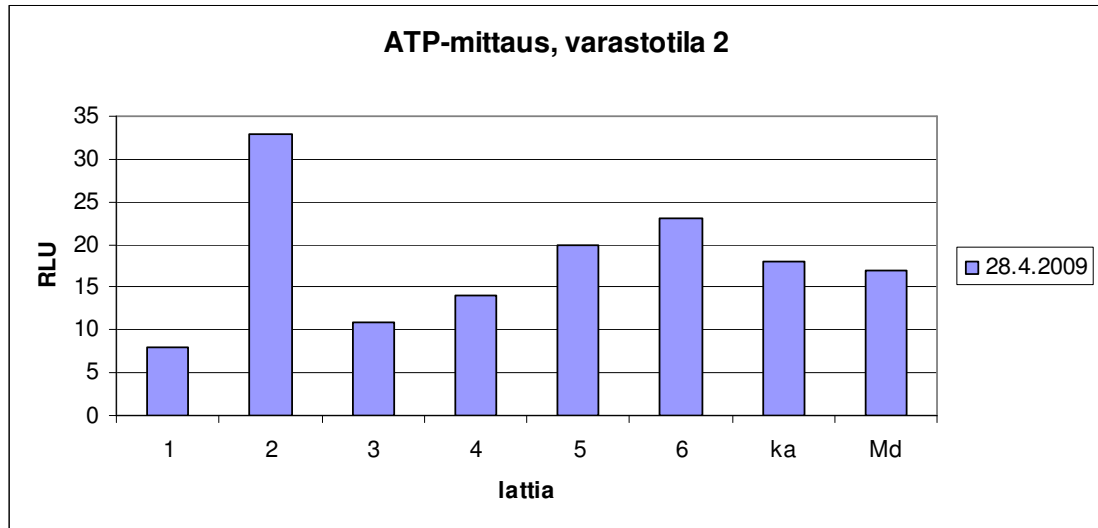


KUVIO 38. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pölymäärät varastotilassa 2. Näyte 1 on otettu metallipinnalta, näytteistä 2,3 ja 4 lähti maali.

ATP-mittauksessa maali ei irronnut ja tulos oli siten luotettavampi kuin pintapölymittauksessa. Tulos kertoo, että pinnalla on vain vähän orgaanista likaa (TAULUKKO 18).

TAULUKKO 18. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät varastotilassa 2.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|---------------|-------------------|----------------|----------|
| 28.4.2009 | 8–33 | 18,1 | 17,0 |

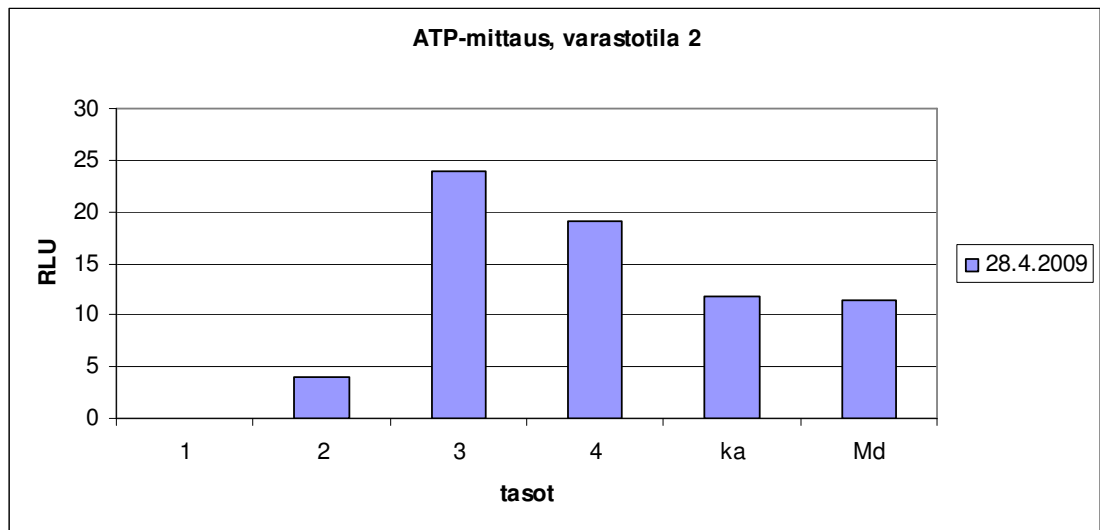


KUVIO 39. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät varastotilassa 2.

Tasopinnoilta otettu ATP-näyte antaa saman tuloksen metallipinnalta kuin pintapölynäyte eli 0.

TAULUKKO 19. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät varastotilassa 2.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|---------------|-------------------|----------------|----------|
| 28.4.2009 | 0–24 | 11,75 | 11,50 |

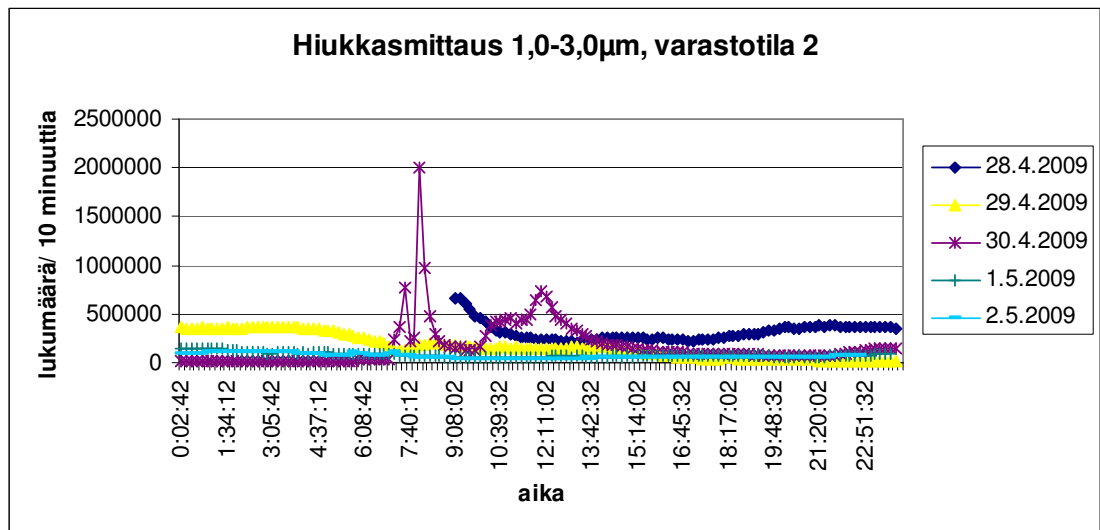


KUVIO 40. Tasopintojen mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät varastotilassa 2. Näyte 1 on metallipinnalta.

Varastotilan 2 hiukkasmittauksissa 0,3-0,5 μ m hiukkasten määrä oli suurimmillaan laskurin asentamisen jälkeen, jolloin se oli 100 miljoonaa partikkelia. Määrä laski kuitenkin pian 60 miljoonaan ja edelleen alle miljoonaan (LIITE 15 KUVIO 1).

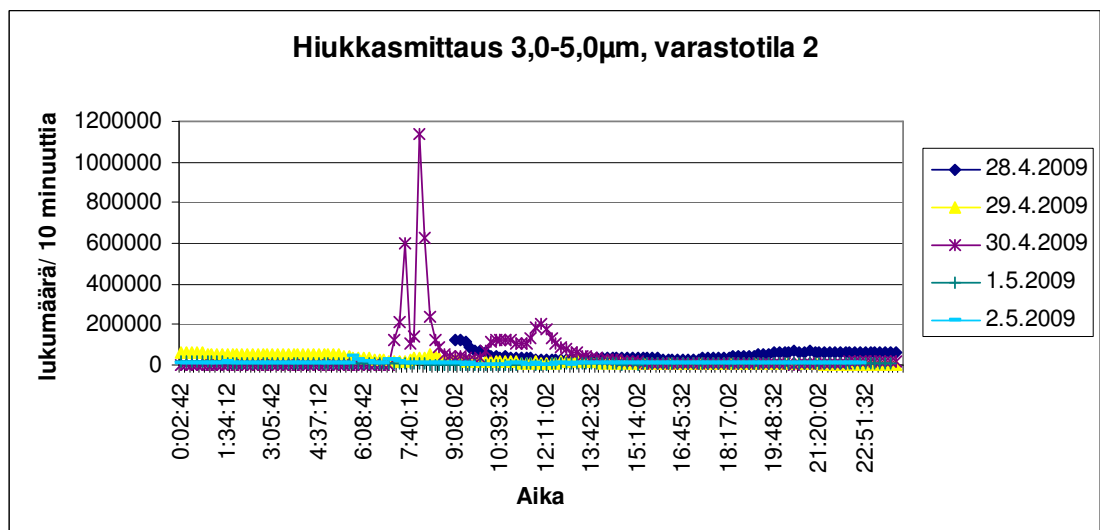
Hiukkasia, joiden koko on 0,5-1,0 μ m, on alussa 40 miljoonaa, mutta määrä kohoaa lähes 65 miljoonaan 29.4.2009 iltapäivällä, kun tilaan on tullut henkilö paikkamaalaamaan geeliteipillä tekemiäni laikkuja (LIITE 15 KUVIO 2). Hiukkasilla, jotka eivät laskeudu pinnalle, ei ole merkitystä siivouksen kannalta.

Hiukkaskoossa 1,0-3,0 μ m näkyy selkeästi tilassa käyminen. Hiukkasten määrä on laskenut jo alun 600 000:sta alle 20 000 kunnes kohoaa lähes miljoonaan maalaustöiden aikana (KUVIO 41).



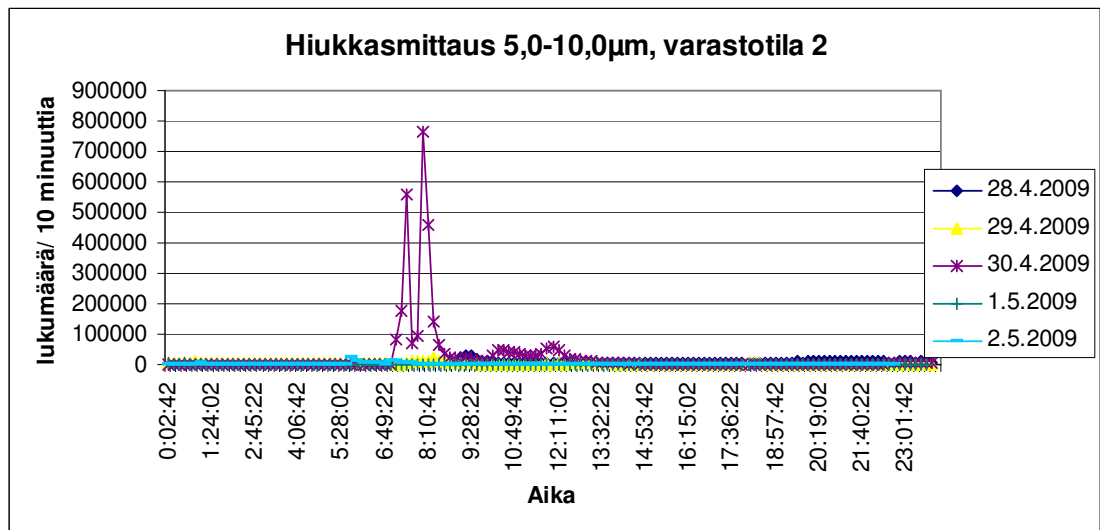
KUVIO 41. Kokoluokan 1,0-3,0µm hiukkasmäärä varastotilassa 2.

Seuraavassa hiukkaskoossa 3,0-5,0µm, diagrammin malli on sama kuin pienemmässäkin, mutta hiukkasten määrä oli vähimmillään 2 000 kun se kävi korkeimmillaan 60 000:ssa (KUVIO 42).



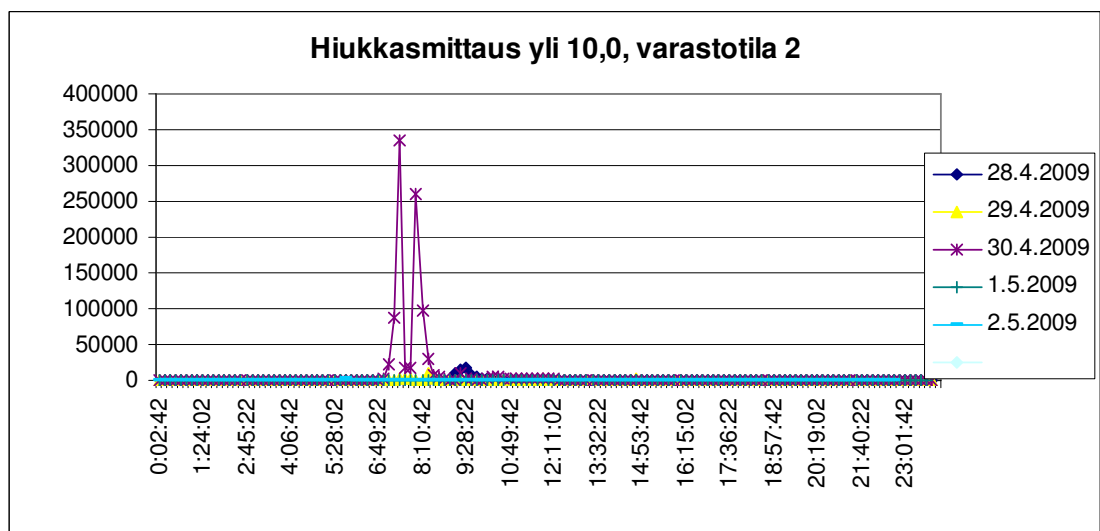
KUVIO 42. Kokoluokan 3-5µm hiukkasmäärä varastotilassa 2. Hiukkasten määrä on korkeimmillaan 30.4.2009 kello 7 -8 aikaan.

Diagrammin malli pysyy samana, vaikka hiukkaskoko kasvaa. Hiukkasten määrä on alhaisimmillaan 100 ja suurimmillaan pienen hetken 450 000 (KUVIO 43).



KUVIO 43. Kokoluokan 5,0–10,0µm hiukkasmäärä varastotilassa 2. Diagrammin malli on samanlainen kuin edellisessäkin kokoluokassa..

Diagrammin malli säilyy samana myös yli 10µm suuruisten hiukkasten kohdalla. 100 000 hiukkasen huippu erottuu diagrammissa, mutta hiukkasten määrä on useita tunteja nollassa (KUVIO 44). Tässä kohteessa näkyy selkeästi, kuinka tilassa työskenteleminen, mahdollisesti rakennushaaloreissa liikkuminen, vaikuttaa hiukkasten määrään tilassa.



KUVIO 44. Kokoluokan yli 10µm hiukkasmäärä varastotilassa 2. Diagrammista näkyy, että tilassa on työskennelty.

7.5 Kiinteistö 5

Koulukiinteistön saneerauksen loppusiivouksen jälkeen otin näytteet kahdesta luokkatilasta (luokkatilat 2 ja 3). Lattiamateriaali oli molemmissa tiloissa kumia.

7.5.1 Luokkatila 2

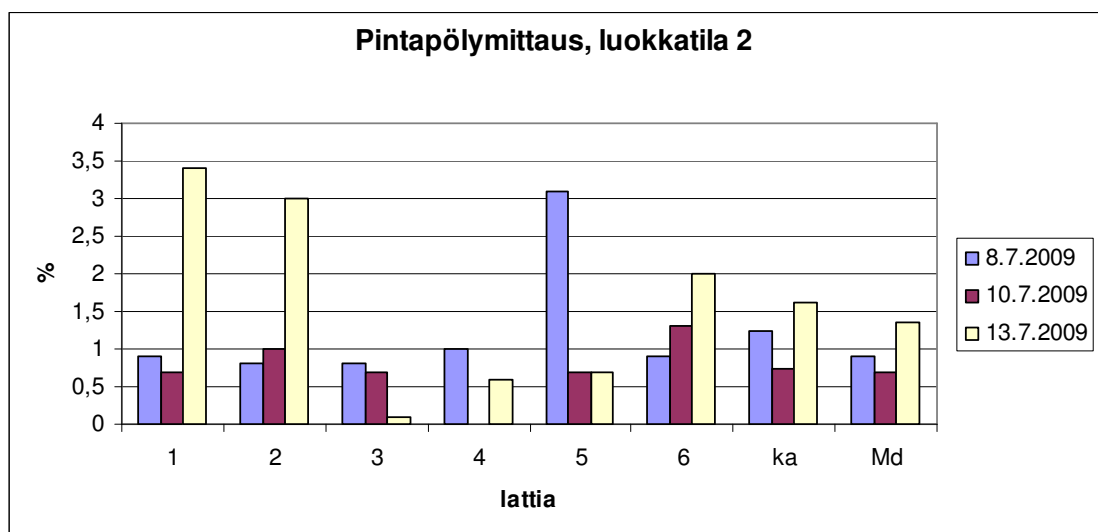
Pintapölymittauksen tulokset lattialta alittivat Sisäilmastoluokitus 2008 raja-arvon.

Seuraava mittauskerta oli 10.7.2009 kello 13 aikaan ja tulos oli edelleen alhainen.

Kolmas näytteidenotto oli 13.7.2009, tulos oli edelleen hyvä, vaikka tilaan oli siirretty kalustoa mittauskertojen välillä (TAULUKKO 20).

TAULUKKO 20. Lattialta mitatut pintapölyprosentit luokkatilassa 2.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 8.7.2009 | 0,8 % -3,1 % | 1,25 % | 0,90 % |
| 10.7.2009 | 0 % -1,3 % | 0,73 % | 0,70 % |
| 13.7.2009 | 0,1 % -3,4 % | 1,63 % | 1,35 % |

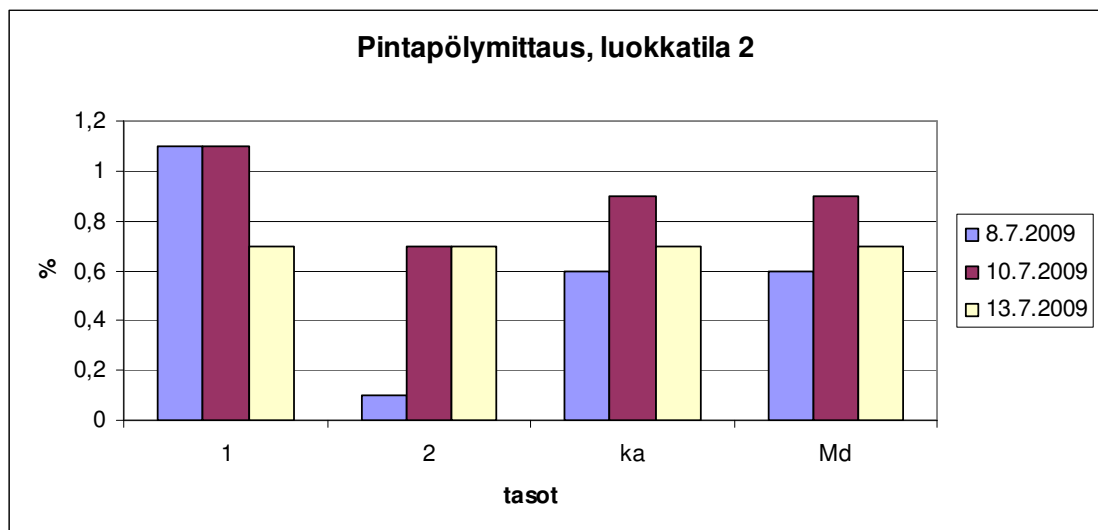


KUVIO 45. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät luokkatilassa 2. Näyte 1 on otettu nurkasta, 2 toisesta nurkasta, 3 keskilattialta, 4 ovesta vasemmalta, 5 nurkasta ja 6 oven edestä (LIITE 7).

Otin kahdelta ikkunalaudalta mittaustulokset yhden molemmilta. Ikkunalaudat ovat klinkkerilaattaa.

TAULUKKO 21. Tasopinnoilta mitatut pintapölyprosentit luokkatilassa 2.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 8.7.2009 | 0,1 % -1,1 % | 0,60 % | 0,60 % |
| 10.7.2009 | 0,7 % -1,1 % | 0,90 % | 0,90 % |
| 13.7.2009 | 0,7 % | 0,7 % | 0,7 % |



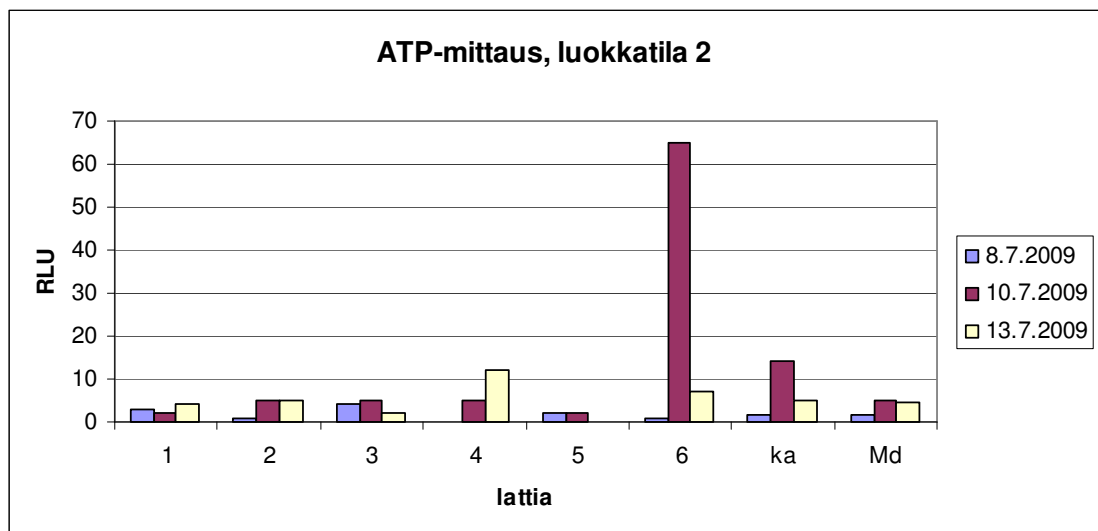
KUVIO 46. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pintapölymäärät luokkatilassa 2. Näytteet 1 ja 2 on otettu ikkunalaudoilta.

ATP-mittarilla otetuissa näytteissä huomaa, että pinnoilla ei ole juuri lainkaan orgaanista likaa. 8.7.2009 otetuissa näytteissä RLU luku 65 tuli oven edestä. Tilaan oli tuotu huonekaluja ja mennessäni mittaamaan huoneen ovi oli auki. Kolmannella mitauskerralla 13.7.2009 arvo 12 tuli oven edustalta, lähes samasta kohdasta, missä edel-

lisellä mittauskerralla tulos oli ollut 65 (TAULUKKO 22). Näytteessä, jonka tulos oli 0, näytteenotto-alue tuntuu kuivalta jo sivelyvaiheessa.

TAULUKKO 22. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät luokkatilassa 2.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 8.7.2009 | 0-4 | 1,83 | 1,5 |
| 10.7.2009 | 2-65 | 14 | 5 |
| 13.7.2009 | 0-12 | 5 | 4,5 |

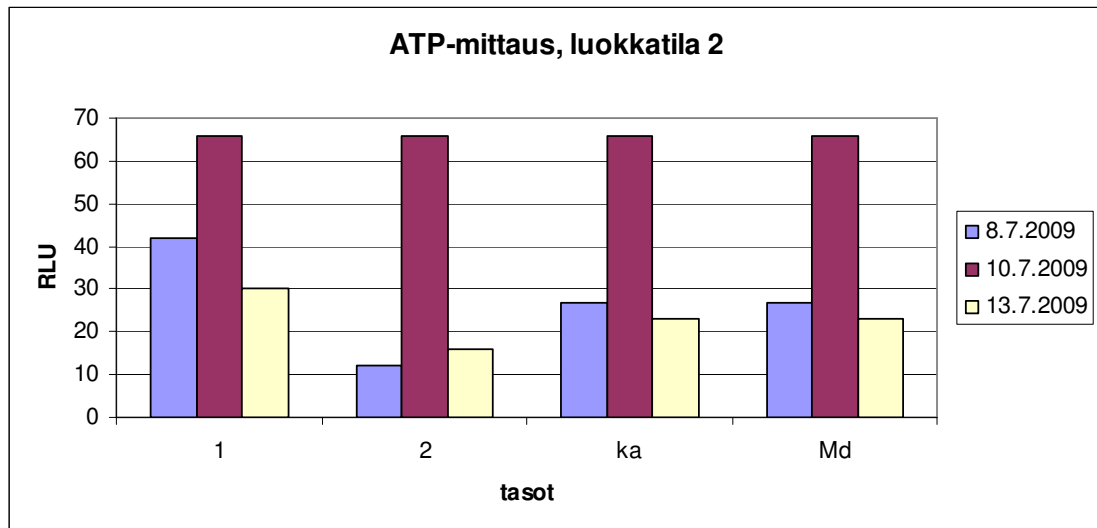


KUVIO 47. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät luokkatilassa 2. Näyte 6 on otettu oven edustalta.

Ikkunalaudoilta otetuissa näytteissä orgaanista likaa oli runsaammin kuin lattiapinnoilla (TAULUKKO 23 ja KUVIO 48).

TAULUKKO 23. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät luokkatilassa 2.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 8.7.2009 | 12–42 | 29 | 20 |
| 10.7.2009 | 66 | 66 | 66 |
| 13.7.2009 | 16–30 | 23 | 23 |



KUVIO 48. Tasopintojen mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät luokkatilassa 2. Näytteet on otettu ikkunalaudoilta.

Luokkatilasta 2 en saanut hiukkaslaskurilla vertailtavaa tulosta, koska olin epähuomiossa asentanut laskurin mittaamaan pölymäärän kerran tunnissa eikä 10 minuutin välein kuten muissa mittauksissa. Mittaustulos ei ollut vertailukelpoinen muiden tulosten kanssa.

7.5.2 Luokkatila 3

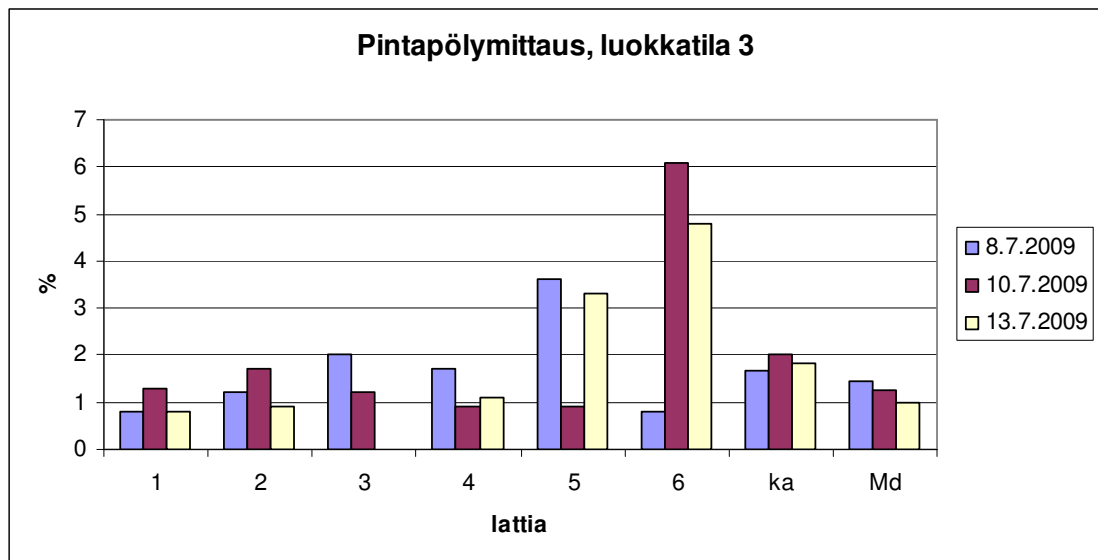
Luokkatila 3 oli viereinen tila edellisen luokkatilan 2 kanssa. Näytteenottopäivät olivat samat kuin luokkatila 2:ssa. 8.7.2009 aloitin tässä tilassa näytteenoton kello 14.30.

TAULUKKO 24. Lattialta mitatut pintapölyprosentit luokkatilassa 3.

| PINTAPÖLY | VAIHTELU- | KESKI- | MEDIAANI |
|-----------|-----------|--------|----------|
|-----------|-----------|--------|----------|

| % | VÄLI | ARVO | |
|-----------|--------------|--------|--------|
| 8.7.2009 | 0,8% -3,6 % | 1,68 % | 1,45 % |
| 10.7.2009 | 0,9 % -6,1 % | 2,02 % | 1,25 % |
| 13.7.2009 | 0, % -4,8 % | 1,82 % | 1 % |

Korkein arvo 3,6 % tuli tiskialtaan edestä. Toinen mittauskerta oli 10.7.2009 kello 12.40 aikaan ja korkein arvo 6,1 % tuli oven edestä. Kolmas mittauskerta oli 13.7.2009 kolmen aikaan iltapäivällä ja korkein arvo, 4,8 % tuli jälleen oven edestä (KUVIO 49).

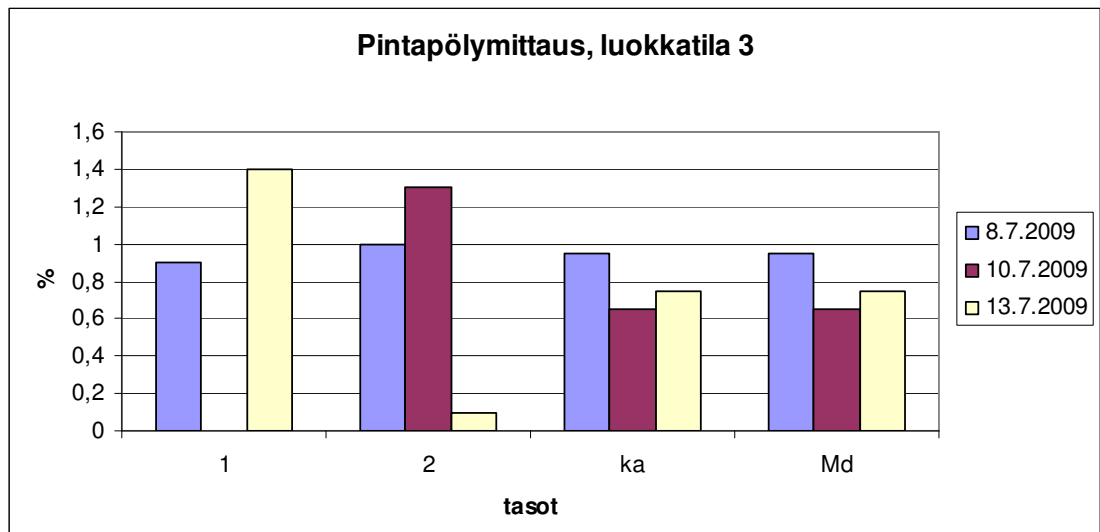


KUVIO 49. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät luokkatilassa 3. Näyte 1 otettiin huoneen nurkasta, 2 ja 3 lähes keskilattialta, 4 paljeoven edestä, 5 tiskialtaan edestä ja 6 oven edustalta (LIITE 8).

TAULUKKO 25. Tasopinnoilta mitatut pintapölyprosentit luokkatilassa 3

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 8.7.2009 | 0,9 % -1,0 % | 0,95 % | 0,95 % |
| 10.7.2009 | 0 % -1,3 % | 0,65 % | 0,65 % |
| 13.7.2009 | 0,1 % -1,4 % | 0,75 % | 0,75 % |

Ikkunalaudoilta otetut pintapölynäytteet olivat alhaiset.

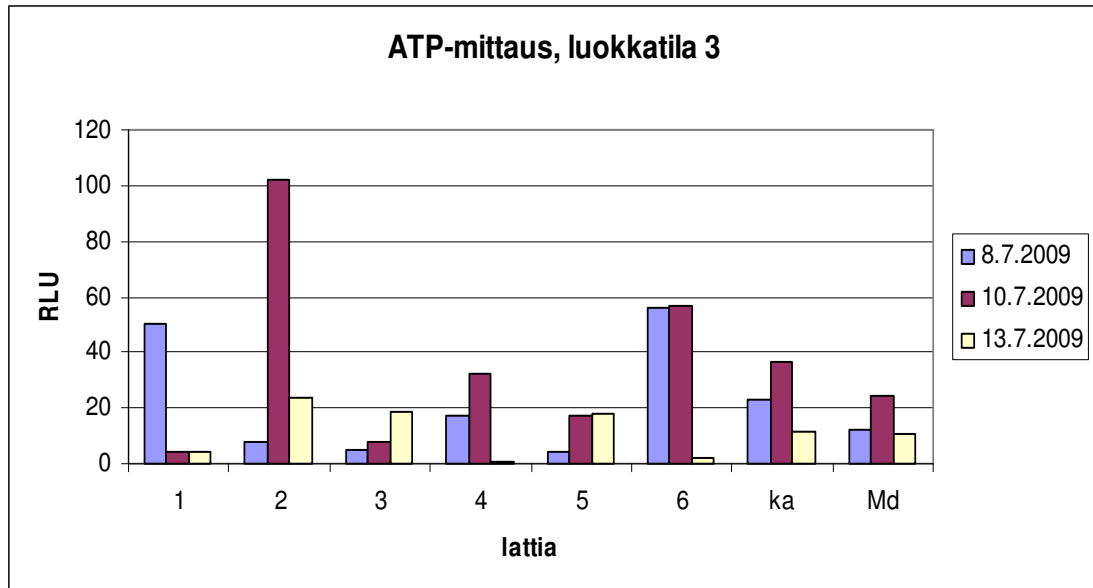


KUVIO 50. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pintapölymäärät luokkatilassa 3.

ATP-mittarilla otetut näytteet osoittivat jälleen, että orgaanista likaa loppusiivotussa tilassa ei juuri ole. Toisella näytteenotokerralla korkein tulos oli saatu seinän vierestä

TAULUKKO 26. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät luokkatilassa 3.

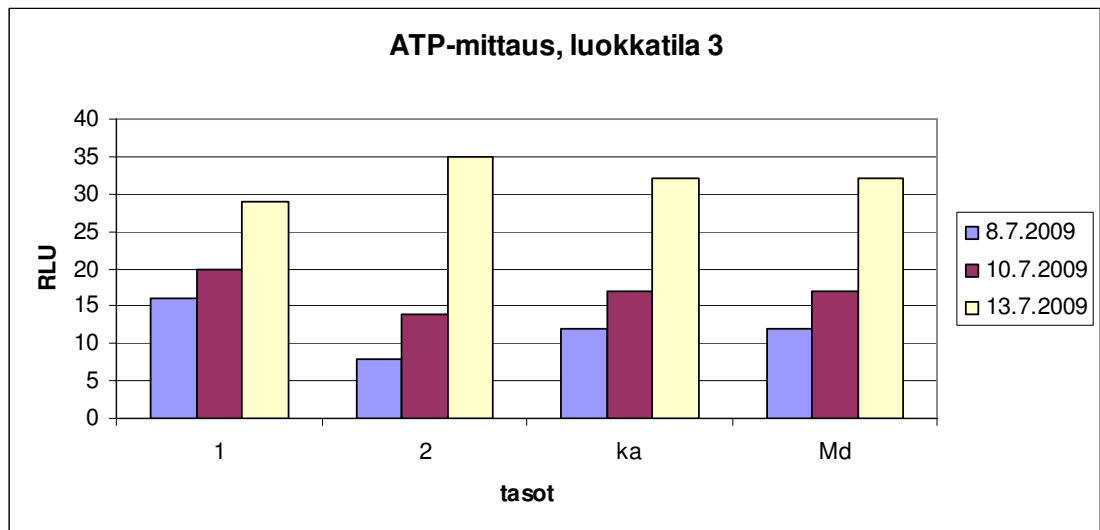
| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 8.7.2009 | 4-56 | 22,3 | 12,5 |
| 10.7.2009 | 4-102 | 36,67 | 24,5 |
| 13.7.2009 | 1-24 | 11,33 | 11 |



KUVIO 50. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät luokkatilassa 3. Korkein RLU- luku, 102, on saatu seinän vierustalta.

TAULUKKO 27. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät luokkatilassa 3.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 8.7.2009 | 8–16 | 12 | 12 |
| 10.7.2009 | 14–20 | 17 | 17 |
| 13.7.2009 | 29-35 | 32 | 32 |



KUVIO 52. Tasopintojen mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät luokkatilassa 3.

Luokkatilasta 3 jäi saamatta hiukkasmittauksen tulokset saman syyn vuoksi kuin luokkatila 2:ssa. Olin epähuomiossa asentanut laskurin mittaamaan pölymäärän kerran tunnissa eikä 10 minuutin välein kuten muissa mittauksissa. Mittaustulos ei ollut vertailukelpoinen muiden tulosten kanssa.

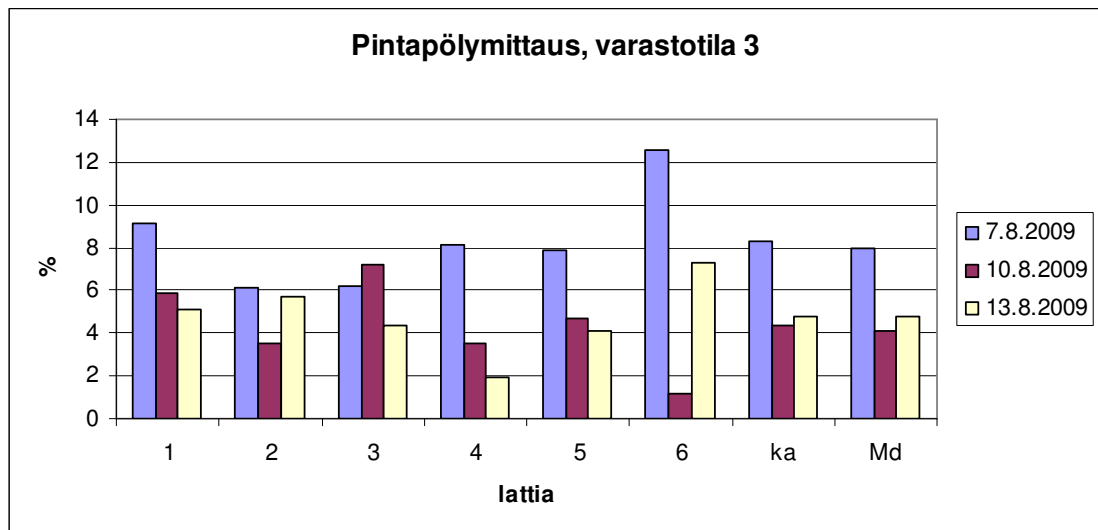
7.6. Kiinteistö 6, varastotila 3

Koulukiinteistön tauluvarasto, varastotila 3, oli seuraava mittauskohde. Mittaukset tein 7, 10 ja 13 elokuuta 2009. Remontti oli venynyt ja loppusiivousta tehtiin samaan aikaan kuin tiloihin kannettiin koulutarvikkeita. Ensimmäiset pintapölymittaukset tein 7.8.2009 alkaen kello 10.20. Lattiamateriaali oli kumimattoa.

TAULUKKO 28. Lattialta mitatut pintapölyprosentit varastotilassa 3.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 7.8.2009 | 6,1 % -12,6 % | 8,33 % | 8 % |
| 10.8.2009 | 1,2 % -7,2 % | 4,33 % | 4,1 % |
| 13.8.2009 | 1,9 % -7,3 % | 4,75 % | 4,75 % |

Toinen mittauskerta oli 10.8.2009 ja tulokset olivat alhaisemmat kuin ensimmäisellä mittauskerralla. Pölyä oli edelleen paljon. En ollut tarpeeksi korostanut kiinteistön siivoojille, jotka vastasivat myös loppusiivouksesta, että tilaa ei voi siivota mittausten välissä. Tuloksesta näkyy, että pölyä on poistettu lattiapinnalta ja kyllä he myönsivätkin siivonneensa tilassa. Kolmas mittauskerta oli 13.8.2009 kello kolmen aikaan iltapäivällä. Toisen ja kolmannen mittauskerran välillä tilaa ei ollut siivottu. Tulokset eivät yltäneet lähellekään Sisäilmastoluokitus 2008 sallimaa 3 % pölymäärää.

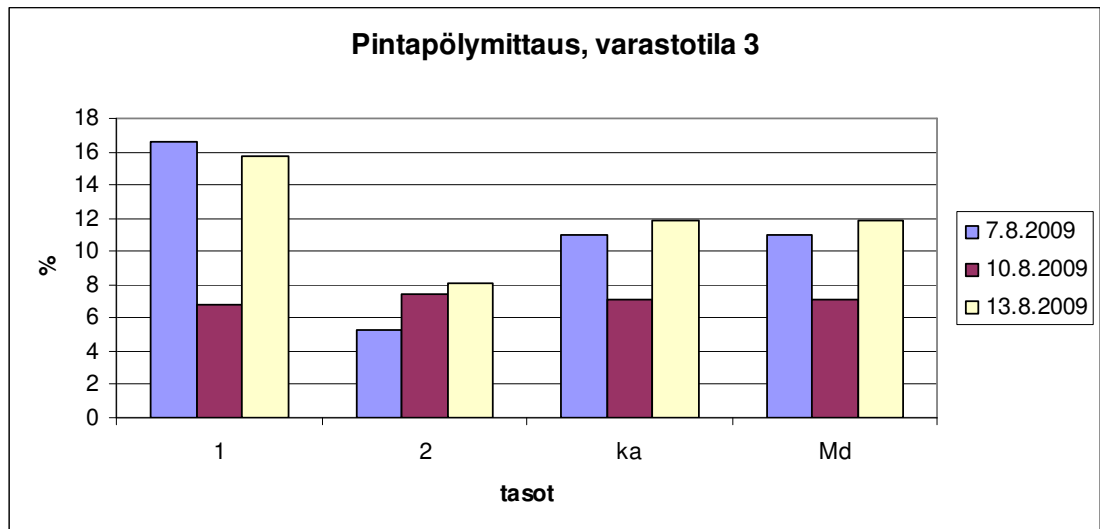


KUVIO 53. Lattian mittauspistekohtaiset pintapölymäärät varastotilassa 3. Näyte 1 on otettu ikkunanurkasta, 2 oikealta seinustalta, 3 vasemmalta seinustalta, 4 keskilattialta, 5 oikealta seinän vierestä ja 6 oven edestä (LIITE 9).

Otin pintapölynäytteet varastotila 3 klinkkeripintaisilta ikkunalaudoilta, koska tilassa ei ollut muita tasoja. Tulokset jäivät kauas Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelemästä pintapölyn määrästä, joka on tasopinnoille 1 %.

TAULUKKO 29. Tasopinnoilta mitatut pölyprosentit varastotilassa 3.

| PINTAPÖLY % | VAIHTELU- VÄLI | KESKI- ARVO | MEDIAANI |
|----------------|-------------------|----------------|----------|
| 7.8.2009 | 5,3 % -16,6 % | 11,95 % | 11,95 % |
| 10.8.2009 | 6,8 % -7,4 % | 7,1 % | 7,1 % |
| 13.8.2009 | 8,1 % -15,7 % | 11,9 % | 11,9 % |

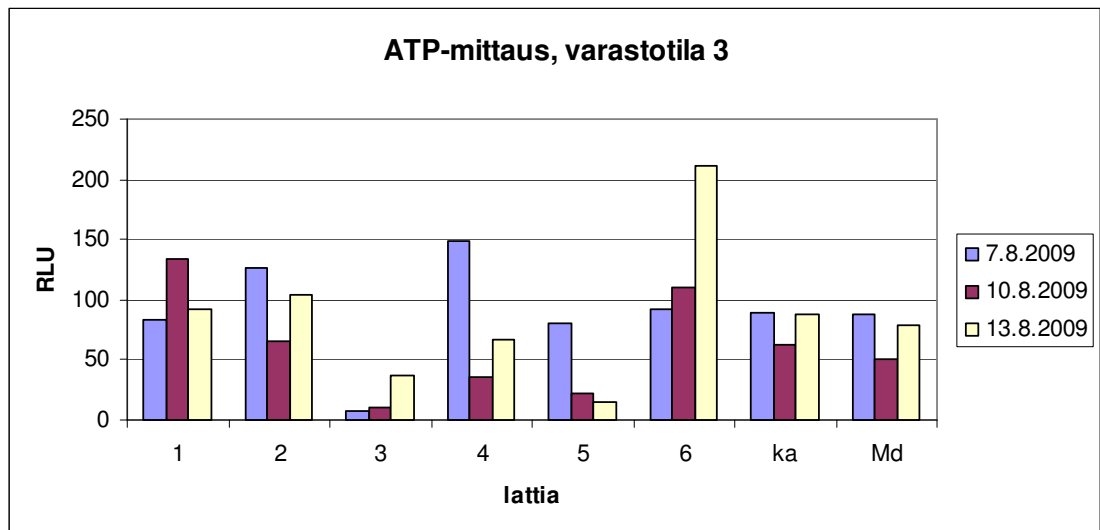


KUVIO 54. Tasopintojen mittauspistekohtaiset pölymäärät varastotilassa 3.

TAULUKKO 30. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät varastotilassa 3.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 7.8.2009 | 7-149 | 89,67 | 88 |
| 10.8.2009 | 10-134 | 62,83 | 50,5 |
| 13.8.2009 | 15-211 | 87,67 | 79,5 |

ATP-mittarilla saatu orgaanisen lian määrä oli ensimmäisellä mittauskerralla erittäin korkea. Toinen mittauskerta oli 10.8.2009 ja tila oli siivottu mittausten välillä, mikä näkyy myös tässä tuloksessa. Kolmas mittaus oli 13.8.2009 ja korkein lukema 211 tuli oven edestä otetusta näytteestä.

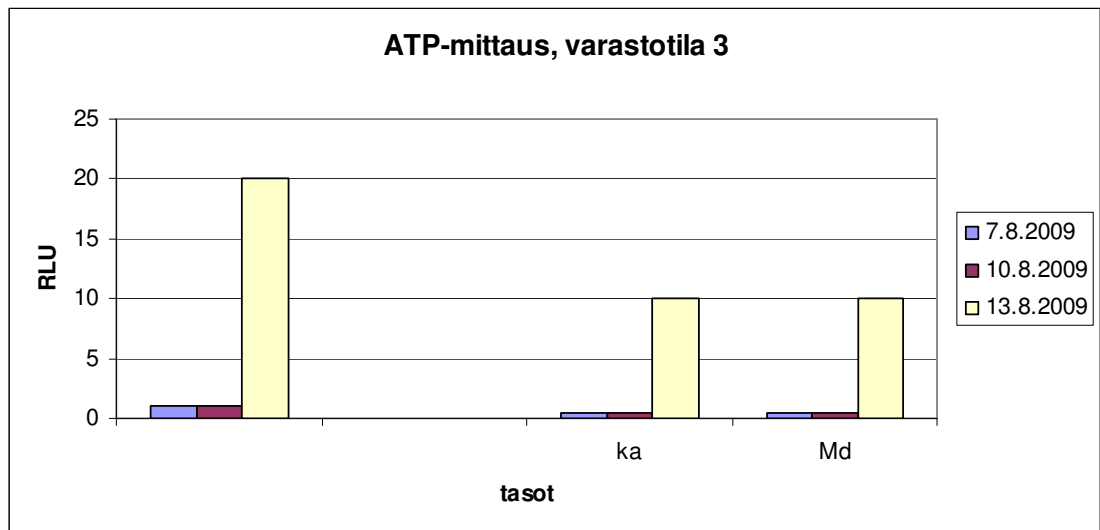


KUVIO 55. Lattian mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät varastotilassa 3. Näyte 1 on otettu ikkunanurkasta, 2 oikealta seinustalta, 3 vasemmalta seinustalta, 4 keskilattialta, 5 oikealta seinän vierestä ja 6 oven edestä.

Tilaan, jossa tein mittauksia, tuotiin koulun taulut, joten henkilöiden ja tavaroiden aiheuttama lika näkyy tuloksessa. En pysty selittämään, miksi kaikissa mittauksissa toinen tasolta otettu näyte antoi tulokseksi nollan.

TAULUKKO 31. Tasopinnoilta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät varastotilassa 3.

| RLU LUKEMA | VAIHTELU-VÄLI | KESKI-ARVO | MEDIAANI |
|------------|---------------|------------|----------|
| 7.8.2009 | 0-1 | 0,5 | 0,5 |
| 10.8.2009 | 0-1 | 0,5 | 0,5 |
| 13.8.2009 | 0-20 | 10 | 10 |



KUVIO 56. Tasopintojen mittauspistekohtaiset orgaanisen lian määrät varastotilassa 3. Toinen näyte antoi molemmissa mittauksissa tulokseksi 0.

7.7 Tulosten yhteenveto

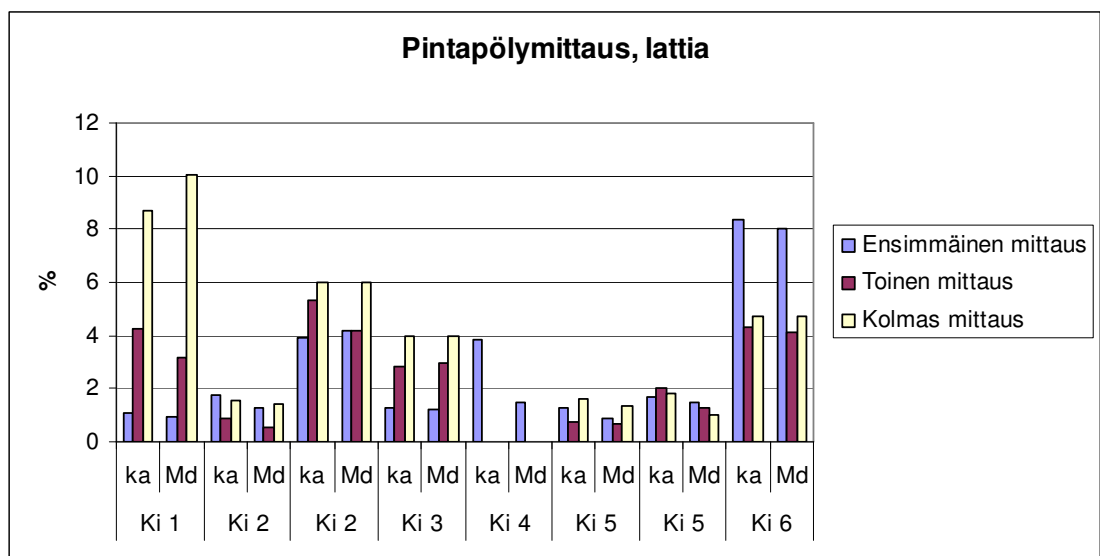
7.7.1 Pintapölymittaus lattioilta

Pintapölynäytteet lattioilta luokkatila 1 (Kiinteistö 1), toimistotila 1 (Kiinteistö 2), toimistotila 2 (Kiinteistö 3), varastotila 2 (Kiinteistö 4) sekä luokkatilat 2 ja 3 (Kiinteistö 5) alittavat Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelemän 3 % pölykertymän. Miehistöhuone (Kiinteistö 2) ja varasto 3 (Kiinteistö 6) vastaavasti ylittivät 3 % pölykertymämäärän. Miehistöhuoneessa pölyn määrän keskiarvo on 4 % ja varastotilassa 3 keskiarvo on yli 8 %. Miehistöhuone oli silmämääräisesti puhtaan näköinen, mutta varasto 3 oli sitä vastoin selkeästi pölyisen näköinen. Varastotila 3 rakennustyömaalla kaikki mahdollinen menikin pieleen ja se näkyy puhtaustasossa.

Toisella mittauskerralla toimistotilassa 1 (Kiinteistö 2), luokkatilassa 2 (Kiinteistö 5) ja varastotilassa 3 (Kiinteistö 6) pölykertymät olivat alhaisemmat kuin ensimmäisellä mittauskerralla. Varastotila 3 oli siivottu kahden mittauskerran välillä, mutta toimistotilan 1 ja luokkatilan 2 lattioita ei pyyhitty. Olisi luonnollista, että pölyn määrä lisääntyy, kun aikaa kuluu siivouksesta, mutta pintapölyn kohdalla näyttää ilmavirta vaikuttavan pölyn kerääntymiseen epätasaisesti lattiapinnoille.

Kolmannelle mittauskerralla kaikissa muissa paitsi luokkatilassa 3 (Kiinteistö 5) pölyn määrä oli korkeampi kuin edellisellä mittauskerralla. Tulos on hyvin luonnollinen, sillä siivouksesta on kulunut jo useita päiviä.

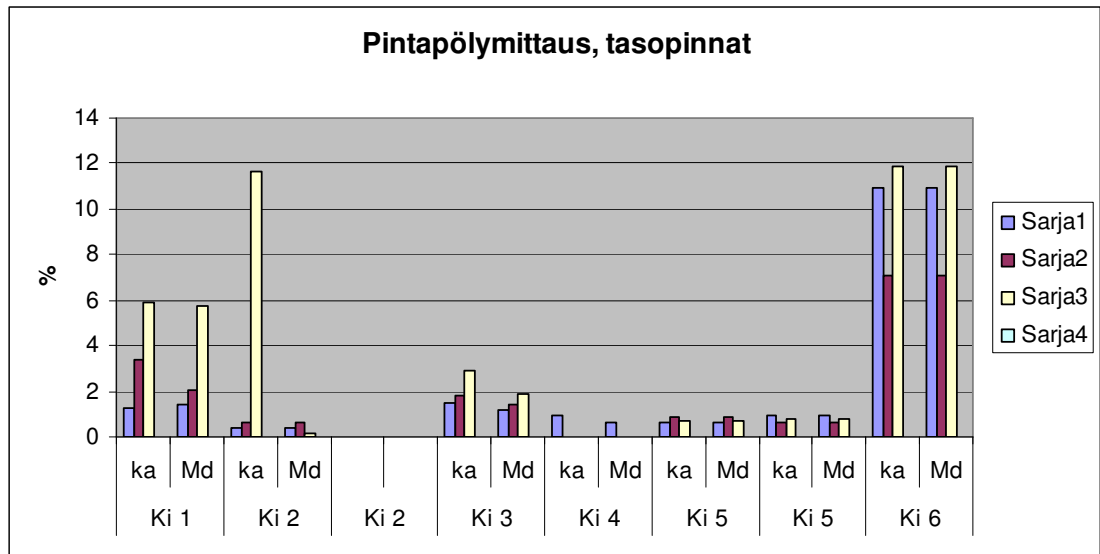
Luokkatilan 1 (Kiinteistö 1) ulkopuolella sahattiin puuta sirkkelillä ilman kohdepoistoa ensimmäisen mittauskerran jälkeen, joten pölymäärän lisääntyminen ei ole yllätys. Tuloksista näkyy, että loppusiivouksella pintapölyn määrä saadaan toivotulle tasolle, mutta ihmisten oma toiminta tilassa tai tilan ulkopuolella vaikuttavat puhtaustasoon.



KUVIO 57. Lattioilta mitatut pintapölymäärät. Kuviossa ovat keskiarvot ja mediaanit.

7.7.2 Pintapölymittaus tasopinnoilta

Tasopinnoilta otettujen pintapölynäytteiden arvo tulisi Sisäilmastoluokitus 2008 mukaan olla korkeintaan 1 %. Toivottuun tulokseen tai ainakin hyvin lähelle päästään Luokkatiloissa 1 (Kiinteistö 1), 2 ja 3 (Kiinteistö 5), toimistotiloissa 1 (Kiinteistö 2) ja 2 (Kiinteistö 3) sekä varastotilassa 2 (Kiinteistö 4). Luokkatilassa 1 näkyy toisella ja kolmannelle mittauskerralla pölymäärän runsas lisääntyminen. Varastotila 3:n tulos onkin jokaisella mittauskerralla omaa luokkaansa. Toimistotilassa 2 näkyy muuttotoiminnan aiheuttama pölymäärän lisääntyminen mittauksen välillä (KUVIO 58). Tutkimuksessa saadut tulokset pintapölyn määrässä olivat ennako odotusten mukaiset.

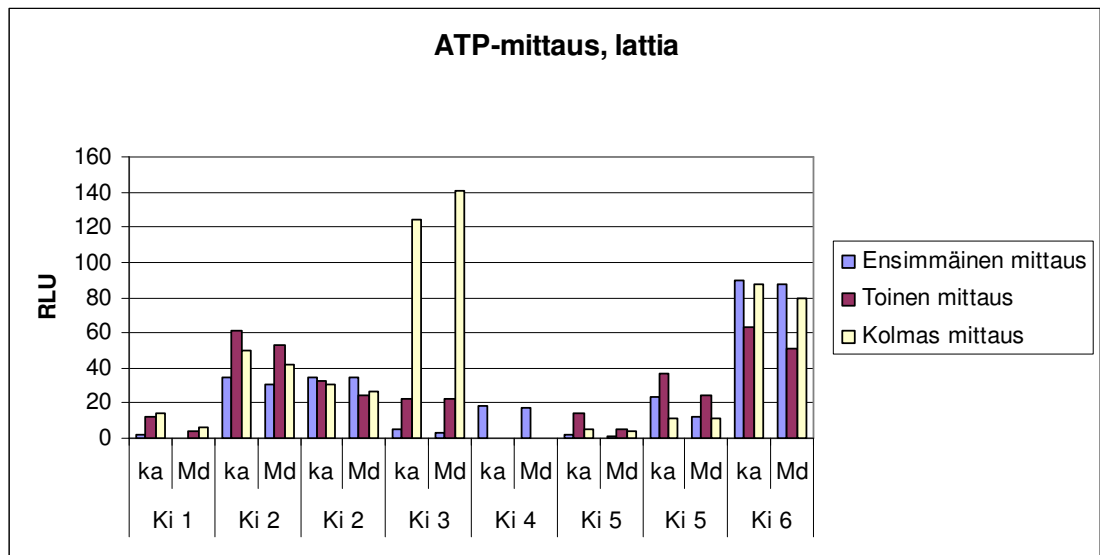


KUVIO 58. Tasopinnoilta mitatut pintapölymäärät.

7.7.3 ATP-mittaus lattioilta

ATP-mittarilla saadaan määriteltyä pinnalla oleva orgaanisen lian määrää. Orgaanisen lian määrä oli vähäistä pinnoilla ensimmäisellä mittauskerralla muualla paitsi varastotilassa 3 (Kiinteistö 6). Varastotilassa 3 ensimmäisen ja toisen mittauskerran välissä suoritettu siivous näkyy tuloksessa. Toimistotilassa 2 kolmannen mittauskerran korkea tulos kertoo muuton aiheuttaman toiminnan vaikutuksesta lian määrään (KUVIO 59).

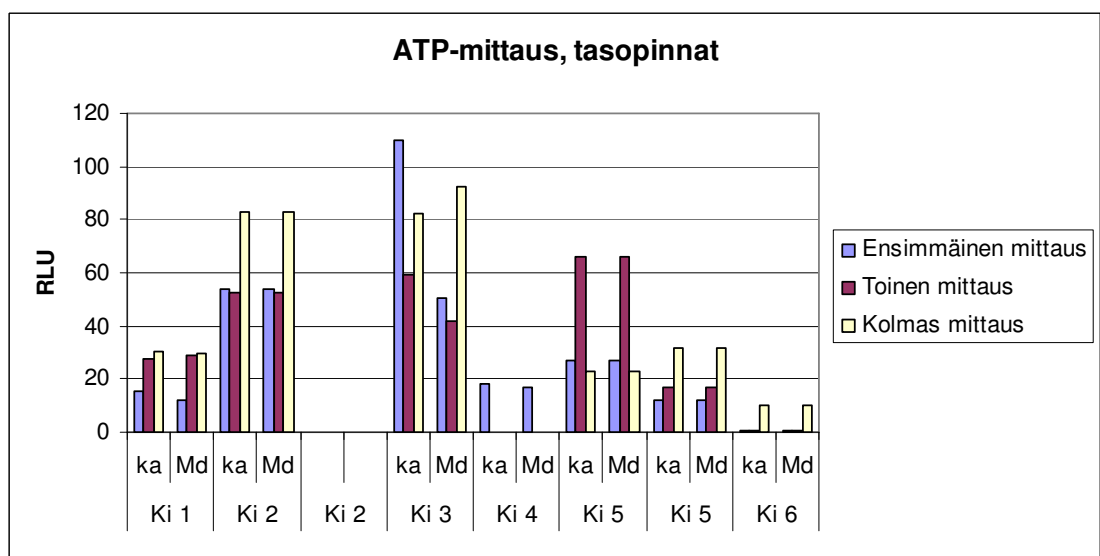
Jos kysymyksessä olisi elintarviketila, jolle suositusarvo 60 olisi vielä hyväksyttävä, olisi loppusiivouksen jälkeinen orgaanisen lian määrä suurimmassa osassa mittauksista sallituissa rajoissa. Koska tavalliselle kuivalle tilalle ei ole suositusarvoja totean, että siivouksella on orgaaninen lika saatu riittävän hyvin pois.



KUVIO 59. Lattialta ATP-mittarilla mitatut orgaanisen lian määrät.

7.7.4 ATP-mittaus tasopinnoilta

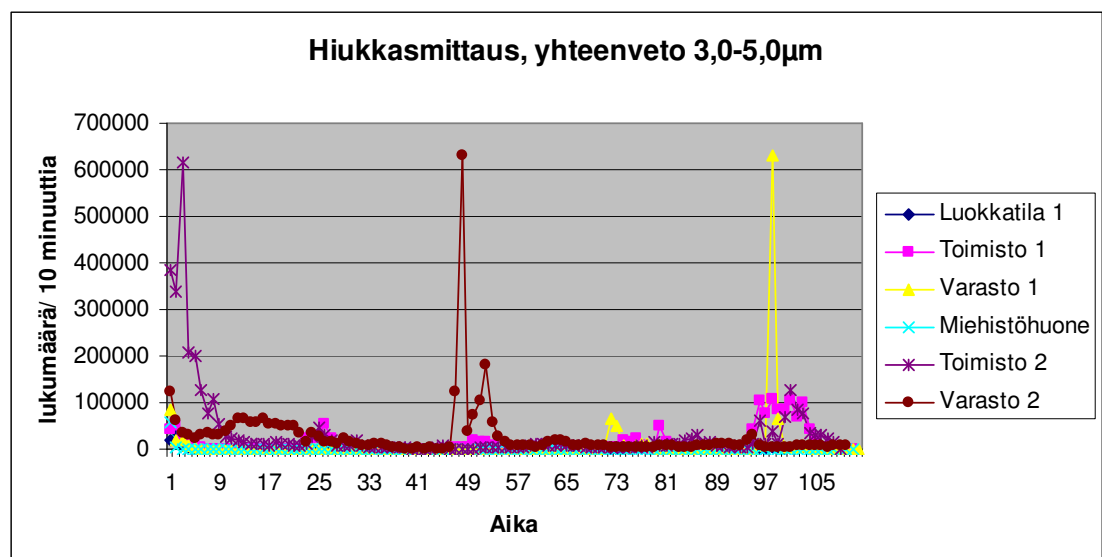
Tasoilta mitattu orgaanisen lian määrä on jonkin verran korkeampi kuin lattiapinnalta mitattu tulos. Korkein tulos on toimistotilan 2 (Kiinteistö 3) tasopinnoilla. Kalusto oli kuljetettu toisesta kiinteistöstä ja niille levitettiin tarvikkeita koko mittaustoiminnan ajan. Ei siis ole ihme, että lian määrä oli niin suuri. Toimistotilan 1 (Kiinteistö 2) sähkökourulta otettu näyte antoi korkean arvon ja sitä voi selittää tilassa käynnit mittauksen aikana (KUVIO 60).



KUVIO 61. Kokoluokan 1,0-3,0 μ m hiukkasmäärä. Poistin toimistotilan 2 alkuvaiheen hiukkaset, että kuviosta hahmottuu paremmin eri kiinteistöjen hiukkasten lukumäärä. Luokka-akselilla oleva aika kertoo hiukkaslaskurin toiminta-aikaa tunteina.

Varastotilan 2 hiukkasmäärä on mitattu keväällä sulan maan aikaan, mutta kaikki muut kiinteistöt on mitattu talvella. Ilman suhteellisella kosteudella ja ulkolämpötilalla on mahdollisesti myös vaikutusta pölyn määrään sisätiloissa.

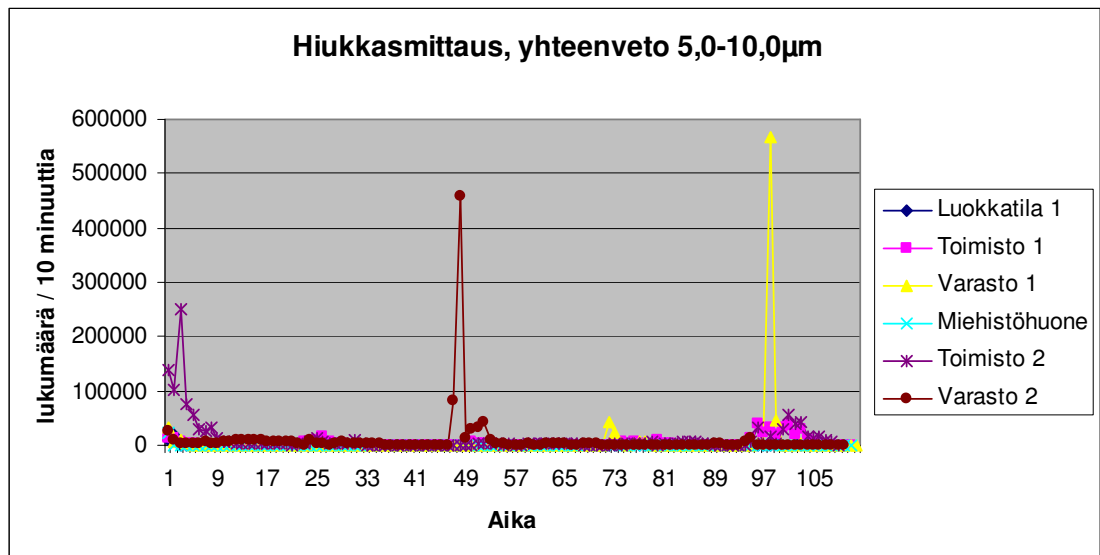
Hiukkaset, joiden kokoluokka on 3,0-5,0 μ m, laskeutuvat pinnoille noin 20 minuutissa. Tässä kokoluokassa ihmisen toiminta näkyy vielä selvemmin pölynmäärän piikkinä kuin edellisessä kokoluokassa (KUVIO 62). Heti kun toiminta tilassa rauhoittuu, laskee hiukkaspölyn määrä hyvin alhaiseksi.



KUVIO 62. Kokoluokan 3,0-5,0 μ m hiukkasmäärä.

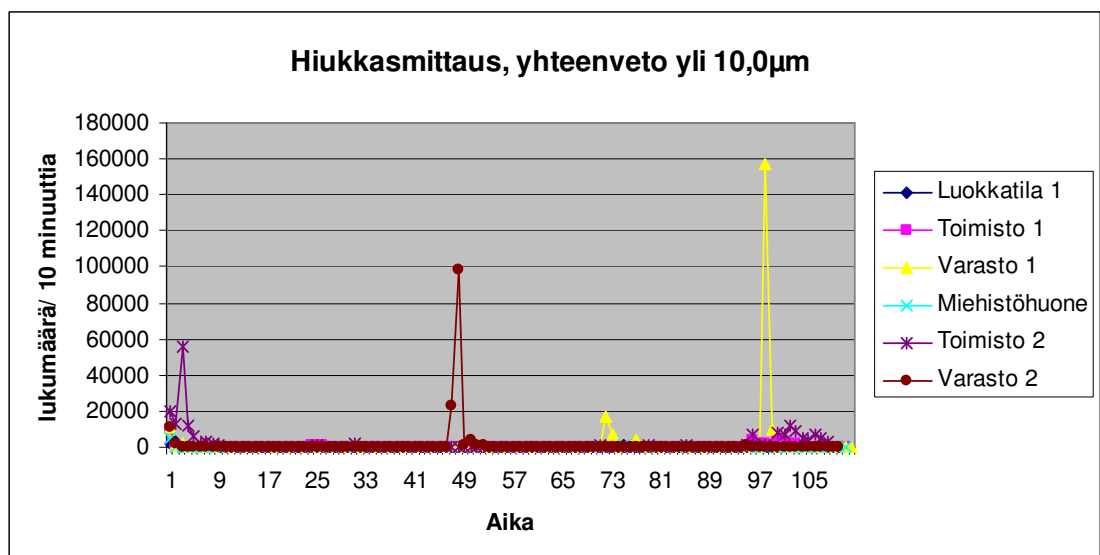
Seuraavan kokoluokan hiukkaset, 5,0–10,0 μ m, laskeutuvat viidessä minuutissa.

Toiminnan aiheuttamat hiukkaspiikit ovat teräviä, eli pöly laskeutuu lähes heti kun on nousut ilmaan (KUVIO 63). Siivouksella voidaan vaikuttaa tämän kokoluokan hiukkasten määrään.



KUVIO 63. Kokoluokan 5,0-10,0 μ m hiukkasmäärä. Varastotila 2:ssa maalattiin 48 tunnin kohdalla ja varastotila1:ssä tehtiin ilmastointilaitteen korjausta 99 tunnin kohdalla.

Yli 10 μ m:n suuriset hiukkaset laskeutuvat pinnalle muutamassa minuutissa. Tämän kokoluokan hiukkaset ovat silmin havaittavia ja ne saadaan tehokkaasti pois siivouksella. Yhteenvetotaulukosta näkee, että kaikissa mittauskohteissa pölyn määrä on pitkiä jaksoja nollassa (KUVIO 64).



KUVIO 64. Kokoluokan yli 10,0µm hiukkasmäärä. Poistin kuvaajasta varastotilan 2 korkeimman huipun 50 tunnin kohdalta (350 000), jotta pienemmät hiukkasmäärät tulevat paremmin esille.

Hiukkasmittaukseni osoittavat saman, minkä Jones, Thornton, Mark ja Harrison omassa tutkimuksessaan Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban and rural locations, että ihmisten toiminta sisätiloissa vaikuttaa merkittävästi hiukkasten määrään (Jones ym, 2000).

Siivouksella saadaan pois huomattava osa pölystä, jota rakennushankkeen aikana pinnoille laskeutuu, mutta ilmassa leijuvia alle 1µm hiukkasten poistamiseen siivouksella ei voi vaikuttaa. Rakentajat pystyvät vaikuttamaan pölyn syntyyn työprosessiensa aikana. Siivouksen arvostuksen kohottaminen rakennushankkeen tärkeäksi osatekijäksi auttaisi myös loppusiivouksen tulokseen. Toisen työn arvostus ja oikein suunniteltu aikataulut lisäisivät onnistumisia.

Rakennushankkeen aikataulut on suunniteltava siten, että siivoukselle mahdollistetaan se aika, mikä hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi on välttämätöntä. Loppusiivouksessa työskentelevien siivoojien koulutus ja opastus on oltava ajan tasalla, että he osaavat suorittaa tehtävän oikein. Varastotilan 3 (Kiinteistö 6) mittauksissa näkyy sekä siivoojien että rakennushenkilökunnan piittaamattomuus työn lopputuloksesta. Siivoustyössä on käytettävä oikeita menetelmiä ja välineitä. Puhtauspalvelun viime vuosien yksi suurimmista innovaatioista on ollut mikrokuituliinan kehittäminen. Mikrokuituliinan käyttö varmistaa hyvän lopputuloksen. Työterveyslaitos on ohjeistanut homepölysiivousta, mutta ohjeissa ei mainita lainkaan mikrokuituliinaa, imurin hepasuodatinta sitä vastoin suositellaan.

Mikäli halutaan varmistaa asiakkaille puhdas ja turvallinen työskentelytila, olisi ihan nettilanne, jos tilaan muuton jälkeen voisi poistaa laskeutuneen pölyn vielä kaikilta pinnoilta ennen tiloissa alkavaa työskentelyä. Tämä toimenpide vaatisi tilojen koosta ja kalustuksesta riippuen joitakin päiviä / tunteja, mutta näin saataisiin muuton aiheuttama pölymäärä pois, ettei se nouse ilmaan toiminnan aikana. Työterveyslaitos suosittelee homekorjatuille rakennuksille muuton jälkeen muutaman kuukauden tehostettua siivousta, mutta normaalille työskentelytilalle riittäisi mielestäni huolellinen pölyjen

poisto muuton jälkeen ja ennen työskentelyn aloittamista. Näin selvittäisiin normaalilla ylläpitosiivouksella jatkossa.

Tutkimuksellani halusin selvittää, pystyykö siivous poistamaan pinnoilta likaa siten, että Sisäilmastoluokitus 2008 suositusarvot alittuvat. Kahta kohdetta lukuun ottamatta suositusarvot alittuivat, vaikka yksikään tutkituista rakennushankkeista ei noudattanut hyvää rakennustapaa eikä niissä toteutettu P1 tason rakentamista. Onkin syytä kysyä, ovatko Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelemät suositusarvot liian sallivat, koska näin puutteellisilla toimilla pintapölyn suositusarvot pääsääntöisesti alitettiin? Jos pyrimme hyvään tasoon, tulisi suositusarvojen olla tiukemmat.

9 LUOTETTAVUUSTARKASTELU

Tutkimus rakennushankkeen loppusiivouksen onnistumisesta on kvasikokeellinen. Tutkimuksen aikana tilanteet rakennustyömailla olivat todelliset. Näin vajaan vuoden aikana erilaisia käytäntöjä tehdä rakennustyötä. Osa rakentajista suojasi tilat, joissa työskenteli, osalle oli aivan saman tekevää, oliko tila siivottu vai ei, kun he tekivät työtään.

Hiukkaspölyn mittaamisesta ollaan montaa mieltä. Joidenkin mielestä ilman pölymäärään vaikuttaa niin moni seikka, että luotettavaa tulosta ei saada. Ilmavirta, ilman lämpötila ja mittarin sijainti vaikuttavat hiukkaskertymän määrään. Oli kuitenkin kiinnostavaa nähdä, että suurimpien mitattujen hiukkasten määrä oli pääsääntöisesti hyvin alhainen. Lisäksi ihmisten toiminta vaikutti tulokseen erittäin paljon.

Pintapölyn mittaaminen geeliteippimenetelmällä ei ole erityisen luotettavaa, sillä ilmavirta liikuttaa pölyhiukkasia ja erot samassa huoneessa eri kohdassa ovat suuria. Lisäksi pinnan epätasaisuus voi vaikuttaa mittaustulokseen. Omassa tutkimuksessani varastotilassa 2 (Kiinteistö 4) maali irtosi geeliteippiin telaamisen aikana, joten se pilasi tuloksen luotettavuuden.

Kaikki loppusiivousta tehneet henkilöt eivät olleet saaneet asiaankuuluvaa koulutusta ja osassa kohteista siivousvälineet eivät olleet parhaita mahdollisia. Lisäksi yhdessä

kohteessa käytettiin liian hapanta puhdistusainetta, joten kaakelin sauma-aine levisi pitkin pintoja.

10 KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET

Osallistun muutaman kuukauden välein kokoontuvaan sisäilmatyöryhmän työskenteelyyn. Kotkan kaupungin sisäilmatyöryhmä on moniammatillinen ryhmä, johon kuuluu isännöitsijä, suunnitteluarkkitehti, työsuojelupäällikkö, työsuojeluvaltuutettu, työterveystarkastaja, työterveyslääkäri, kaupungin hygieenikko ja minä siivoustoimen edustajana. Oma roolini on olla puhtauspalvelun asiantuntija ryhmässä.

Opinnäytetyöni teon aikana olen oppinut paljon pölyhiukkasista, niiden liikkeistä ja ominaisuuksista. Lisäksi olen oppinut ymmärtämään rakentamisen aikaista toimintaa.

Kotkan kaupungin Tilapalvelu järjesti koulutustilaisuuden osaston rakentajille, rakennuttajille, suunnittelijoille ja siivoustoimen henkilöstölle syyskuussa 2009. Luennoimassa oli työhygieenikko Työterveyslaitokselta, toimitusjohtaja Sisäilmastoyhdistyksestä ja kiinteistöpäällikkö Helsingin yliopistolta. Oppia saatiin rakentamisen käytännöistä, Sisäilmaluokitus 2008 sisällöstä ja sovellutuksista sekä Työterveyslaitoksen tekemistä tutkimuksista ja tulevaisuudennäkymistä. Tilaisuuteen ei valitettavasti saapunut osaston työmaamestareita, joita aihe olisi erityisesti koskettanut.

Syksyllä 2010 järjestetään seuraava Tilapalvelun henkilöstölle suunnattu sisäilmakoulutus rakentamisen puhtausluokituksesta ja mukaan kutsutaan urakoitsijoiden edustajia. Lisäksi kirjoitan työselostuksiin, jotka arkkitehtisuunnittelijat toimittavat rakentajille, liitteeksi rakentamisen puhtausluokituksesta kertovan ohjeistuksen.

Insinööriopiskelija Erika Marjava tekee opinnäytetyön rakentamisen aikaisesta pölymäärästä. Hän mittaa ennen rakennusvaihetta, rakennusvaiheen aikana ja rakennuksen valmistuttua hiukkaspölymäärää ja pintapölymäärää yhdessä kohteessa, jossa uudistettiin ilmastointitekniikkaa. Rakennustyö tehdään neljässä jaksossa. Marjavan työn tavoitteena on löytää vaihtoehtoja pölyäville työmenetelmille kehittämällä prosesseja esimerkiksi kohdepoistoja hyödyntämällä. Insinööri työ on tavallaan jatkoa minun

opinnäytetyölleni. Rakennustyön kyseisessä kohteessa tekee Kotkan kaupungin Tilapalvelun Talokunnossapito.

Rakentaminen puhtausluokitus P1 mukaan on Tilapalvelun vuoden 2010 toimintasuunnitelman yksi tärkeimmistä tavoitteista. Kirjattuja tavoitteita seurataan kuluvan vuoden aikana, joten se motivoi noudattamaan hyvän rakentamistavan mukaista toimintaa.

Työntekijöiden kokemien oireiden vuoksi sisäilmaa tutkitaan ja pyritään löytämään paitsi ongelmien lähteitä, myös keinoja ongelmien ratkaisemiseksi. Ennaltaehkäisevää työtä hyvän sisäilmaston aikaansaamiseksi tehdään runsaasti. On tärkeää ymmärtää siivouksen vaikutus sisäilman laatuun. Hyvin tehty loppusiivous tarjoaa asiakkaille terveelliset työskentelyolosuhteet uusissa tai remontoituissa tiloissa.

LÄHTEET:

Andersson Tarja. 2004. Rakennussiivous. Työn aikainen siivous ja loppusiivous osana rakentamisen puhtauden hallintaa. Mikkeli: AO-paino.

Andersson Tarja. 2008a. PUHTAUDEN TODENTAMINEN RAKENNUSHANKKEISSA ENNEN TOIMINTAKOETTA JA VASTAANOTTOA. Sisäilmastoseminaari 2008. Sisäilmastoyhdistys ry. Sisäilmayhdistys raportti 26. Sisäilmatieto Oy. Vaasa. FRAM Oy.

Andersson Tarja. 2008b. Sisäilman puhtaus ja P1-rakentaminen. Siivous ja sisäilma. 18.9.2008. Luentomateriaali

Andersson Tarja. Sisäilmakorjausten hyvät käytännöt. Työterveyslaitos. Helsinki 15.4.2009. Luentomateriaali

Anttila Pirkko. 2005. Ilmaisuu, teos, tekeminen ja tutkiva toiminta. Hamina: Akatiimi Oy.

Asikainen Vesa, Palonen Jari, Pasanen Pertti, 2009. Pölyisyyden ja pölyaltistumisen vähentäminen uudisrakentamisessa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmastoyhdistys ry. Sisäilmayhdistys raportti 27. Sisäilmatieto Oy. Loimaa: Priimuspaino Oy.

ATP. Directions for use of Ultrasnap ATP Swab with system SUREII ATP Hygiene Monitoring Device

Aulanko Marja. 2006. Pesu- ja puhdistusaineet. Johdatus siivouskemiaan. KopioNiini Oy

Aulanko Marja, Kakko Leila, Pesonen-Leinonen Eija. 2000. Siivous ja sisäilma. Tutkimuksia toimistokiinteistöissä ja laboratorioissa.. Koti- ja laitostalousteknologian julkaisuja 4. Helsinki: Yliopistopaino.

De Vuyst, Dumortier P. Swaen G.M.H., Pairen J.C., Brochard P., Respiratory health effects of man-made vitreous (mineral) fibres. *European Respiratory Journal* 1995; 8, 2149-2173.

Farro A.R., Kopperud R.J. ja Hildeman L.M., 2004 Source Strengths for Indoor Human Activities that Resuspend Particulate matter. *Environmental Science and technology* 38.

Hautamäki Merja, Pasanen Pertti. 2005. Sisäilmahiukkasten lähteet ja niiden terveysvaikutukset, kirjallisuuskatsaus. Sisäilmaseminaari 2005. Sisäilmastoyhdistys Raportti 23. Vantaa: Sisäilmatieto Oy.

Holopainen Martti, Pulkkinen Pekka. 2008. 5. uudistettu painos. Tilastolliset menetelmät. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Husgafvel-Pursiainen Kirsi. 2003. Puupöly-työympäristön terveyshaitta. Työterveyslaitos. Verkkolehdet. Työterveiset <http://www.ttl.fi/internet/templates/lehdetjajulkaisut>. Luettu 8.9.2009.

Hämäläinen Aimo. Sisäilmapäivä 10.9.2009. Kotkan Höyrypanimo. Luentomateriaali.

Jansson Kristian & Andersson Tarja PUHTAUSLUOKAN P1 ILMANVAIHDON ASENNUSOLOSUHTEIDEN JA TOIMINTAKOKEIDEN ILMAN PÖLYPITOISUUDEN RAJA-ARVOJEN MÄÄRITTELY. Sisäilmastoseminaari 2009 Sisäilmastoyhdistys ry. Sisäilmayhdistys raportti 27. Sisäilmatieto Oy. Loimaa. Priimuspaino Oy.

JohnsonDiversey. 2007. Mikro kuidut

Jones N.C., Thornton C. A., Mark D., Harrison R.M. 2000. Indoor /outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban and rural locations. *Atmospheric Environment* 34

Karjalainen Leila 2004. Tilastomatemiikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kivikallio Jutta. 2005. Lika. Teoksessa Siivoustyön käsikirja. Suomen Siivousteknisen liiton julkaisuja 1:7. Jyväskylä: Gummeruksen Kirjapaino Oy.

Kolari Sirpa. 2003. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen vaikutus toimistorakennusten sisäilman laatuun ja työntekijöiden työoloihin. Espoo VTT Publications 497. Lisensiaattityö.

Kovanen Keijo, Heimonen Ismo, Laamanen Jarmo, Riala Riitta, Harju Riitta, Tuovila Hanna, Kämppi Reima, Sääntti Jaakko, Tuomi Timo, Salo Suvi-Päivikki, Voutilainen Risto, Tossavainen Antti. 2006. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. VTT tiedotteita 2360

Kymäläinen Hanna-Riitta, Nykter Minna, Kuisma Risto, Aghte Niina, Anttila Veli-Jukka, Sjöberg Anna-Maija. 2008. Pintojen puhdistuvuus sairaalaympäristössä arvioituna nopeilla hygieniamäärittämenetelmillä. Suomen Sairaalahygienialehti 2008. 26,192-199.

Lahtinen Marjaana, Salonen Heidi, Lappalainen Sanna, Salmikivi Teppo, Lajunen Kari, Putkinen Eeva-Liisa, Huttunen Jukka, Reijula Kari, ”SAIRAAN RAKENNUKSEN” PERUSKORJAUS- HAASTEENA LUOTTAMUKSEN SAAVUTTAMINEN. Sisäilmastoseminaari 2008. Sisäilmastoyhdistys raportti 2X.

Laitinen Kirsi. Hygieniavaatimukset - kasvava haaste puhtauden toteuttajille. Huippu-tapahtuma 2009. Helsinki. 18–19.2.2009. Luentomateriaali

Lapinlampi Tuomo. Sisäilmamittaukset epäpuhtauslähteiden jäljillä. Helsinki. Siivous ja sisäilma- koulutuspäivä. 18.9.2008. Luentomateriaali.

Lapinlampi Tuomo. Sisäilmastonselvitykset Työterveyslaitoksessa. Kokemuksia ja hyviä käytäntöjä palvelumittauksista. Näkemyksiä tulevaisuuteen tutkimuksista. Kotka. 10.9.2009. Luentomateriaali

Lavonen Merja. 2008. Sisäilman laadun osatekijät. Helsingin Ammattikorkeakoulu Stadia. Tekniikan ja liikenteen toimiala. Insinöörityö.

Multsilta Teemu. & Niittymäki Sakari. 2009. Sisäilmanlaatututkimus Tampereen oppilaitoksien laboratoriotiloissa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kemianteekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö.

Net-Foodlab Oy.2007. Ohje Hygienia SystemSUREII-luminometrille

Pesonen-Leinonen Eija. 2003. Sisäympäristön pintojen puhdistuvuus. Helsinki: Yliopistopaino

Phelps M., 2008. Johnmaster mikrokuitusiivous-järjestelmän ja perinteisen siivousmenetelmän mikrobiologinen vertailu eristysyksikössä.

Puukka Juho. 2009. Rakennustyömaan jätehuolto ja korjausrakennustyömaan erityispiirteet jätehuollossa. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Rakennustuotanto. Insinöörityö.

Rakennustyön turvallisuutta koskeva asetus. Talonrakennusteollisuuden Uudenmaan piiri ry. 3.6.2009. Tiedote.

Rakennustieto 2005. Ratu S-1214. Työmaatekniikka. Työmaan aputyöt ja huolto. Rakennusteollisuus RT ry.

Rakennustieto 1995. RT 07-10564. Rakennuksen sisäilmasto. Tilaaja Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto 2003. RT 07-10805. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Tilaaja Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto. 1998. RT 91-10664. Siivouksen ja puhtaanapidon huomioonottaminen rakennussuunnittelussa. Tilaaja Rakennustietosäätiö

Reijula Kari. Puhtaudenhallinta ja sisäilman laatu- nyt ja tulevaisuudessa. 16.9.2008. Työterveyslaitos Helsinki. Luentomateriaali

Riala Riitta. 2003a. Betonipöly. Työterveyslaitos.
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Rakennusterveys/Turvapakki>. Julkaistu 16.12.2003. Luettu 8.9.2009

Riala Riitta. 2003b. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutyö. Työterveyslaitos. <http://www.ttl.fi/internet/suomi/aihesivut/rakennusterveys/turvapakki>. Julkaistu 30.9.2003. Luettu 26.8.2009.

Roiko-Jokela Veikko, Suontamo Tuula, Alen Risto. 2004. Mikrokitupyyhkeiden hankaustesti. Jyväskylän yliopisto. Kemian laitos. Soveltavan kemian osasto.

Salmikivi Teppo. Peruskorjausten aikainen puhtaudenhallinta. Siivous ja sisäilma seminaari. Työterveyslaitos Helsinki 18.9.2009. Luentomateriaali.

Salonen Heidi. 2009. Indoor Air Contaminants in Office Buildings. Työterveyslaitoksen julkaisusarja People and Work Research Reports. ISBN 978-951-802-908-6. Väitöstutkimus.

Schneider Thomas. 2000 Synthetic vitreous Fibres, Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York

Schneider Thomas. 2008. Dust and fibers as a cause of indoor environment problems. SJWEH Suppl 2008;(4):10-17.

Seppälä Aaro. Pintapölyn mittaaminen Insta 800-standardin mukaisesti. Tiedote.

Seppälä Aaro. 2009. Siivousalan kansainvälinen standardisointi uudistuu. Artikkel

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmaston tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmastoyhdistys julkaisu 5. Painorama Oy.

Sisäilmastoyhdistys ry. Ilmanvaihdon vaikutus.

http://www.sisäilmastoyhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat. Luettu 7.8.2009

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta

Sundman T. Laadukas sisäympäristö. 15.4.2009. Luentomateriaali.

Suomen Standardoimisliiton Siivoussanasto SFS 4619

Suontamo Tuula. 2007a. ATP-biokontaminaation indikaattori siivouspinnoilla. Jyväskylä. Huhtikuu 2007. Luentomateriaali

Suontamo Tuula. 2007b. Puhtausmittaukset ja niistä saatava hyöty. Hotelli Rosendahl. Tampere. Huippuosaajat joka tasolle 12-13.3.2007. Luentomateriaali

Suontamo Tuula. 2007c. Mitattua puhtautta. Kotka Karhulan sairaala. 30-31.10.2007. Luentomateriaali

TSI Aerotrak 8220. Flow Through an Optical Particle Counter. Partikkelilaskurin käyttöohjeet

Valjus J. 2001. Yhdyskuntailma ja pienhiukkaset Terveysvaikutuksista toimenpidestrategiaan. Energia-alan Keskusliitto Ry FINERGY.

Valkosalo Tarja. Siivouspalvelut. Kiinteistö RYL 2009. Rakennustietosäätiö RTS. Viro. RakennustietoOY.

Villberg Kirsi, Saarele Kristiina, Tirkkonen Tiina, Pasanen Anna-Liisa, Kasanen Jukka-Pekka, Pasanen Pertti, Kalliokoski Pentti, Mussalo-Rauhamaa Helena, Malmberg Marjatta, Haahtela Tari, 2004. Sisäilman laadun hallinta. VTT Publications 540.

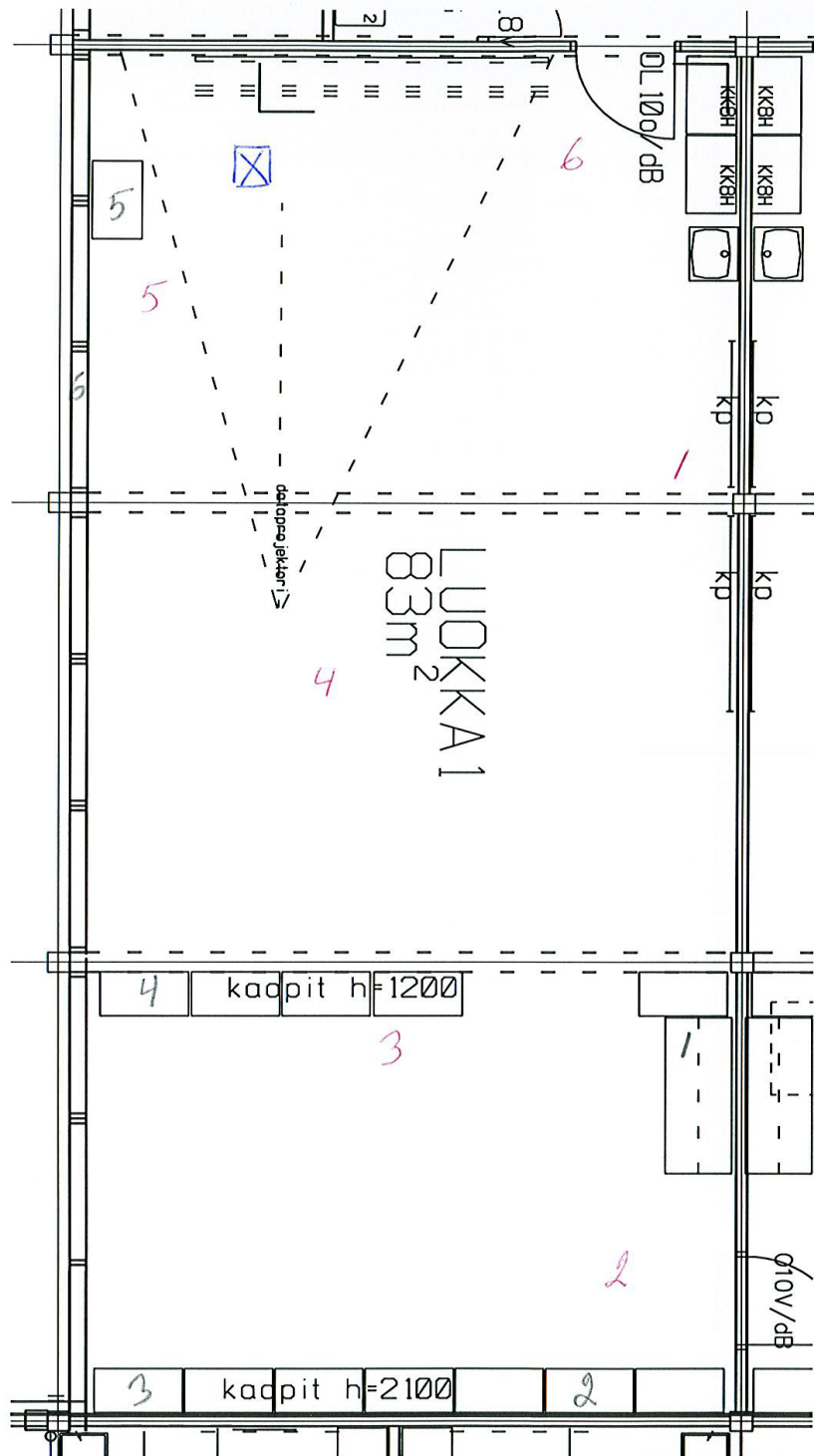
LIITE 1

Mittauspisteet Kiinteistö 1, luokkatila 1

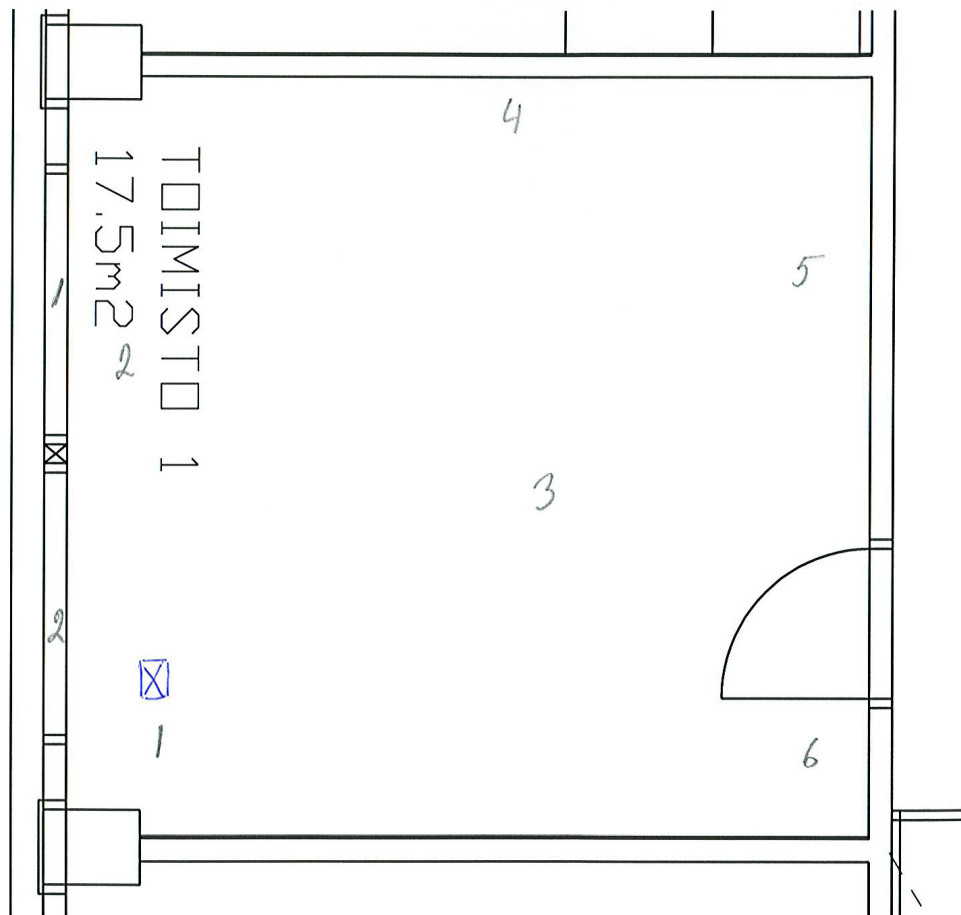
NUMERO= lattialta otettu näyte

NUMERO= tasopinnalta otettu näyte

Ruutu, missä rasti keskellä= hiukkaslaskurin sijaintipaikka



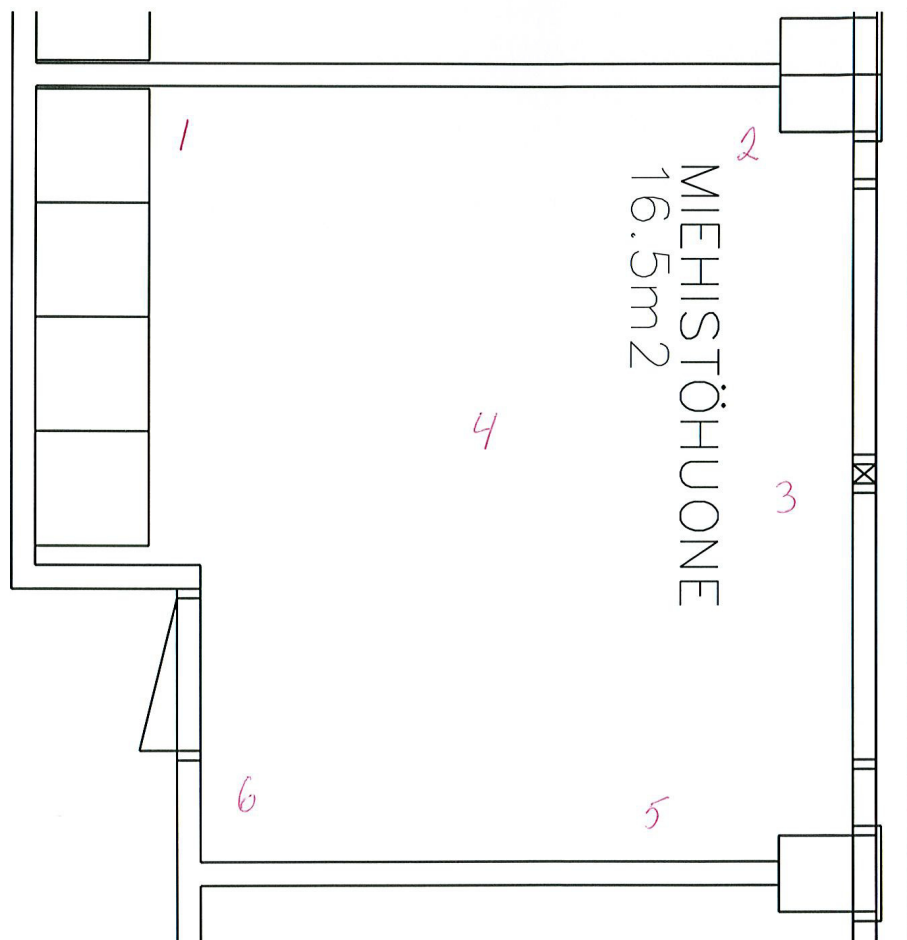
Mittauspisteet Kiinteistö 2, toimintotila 1



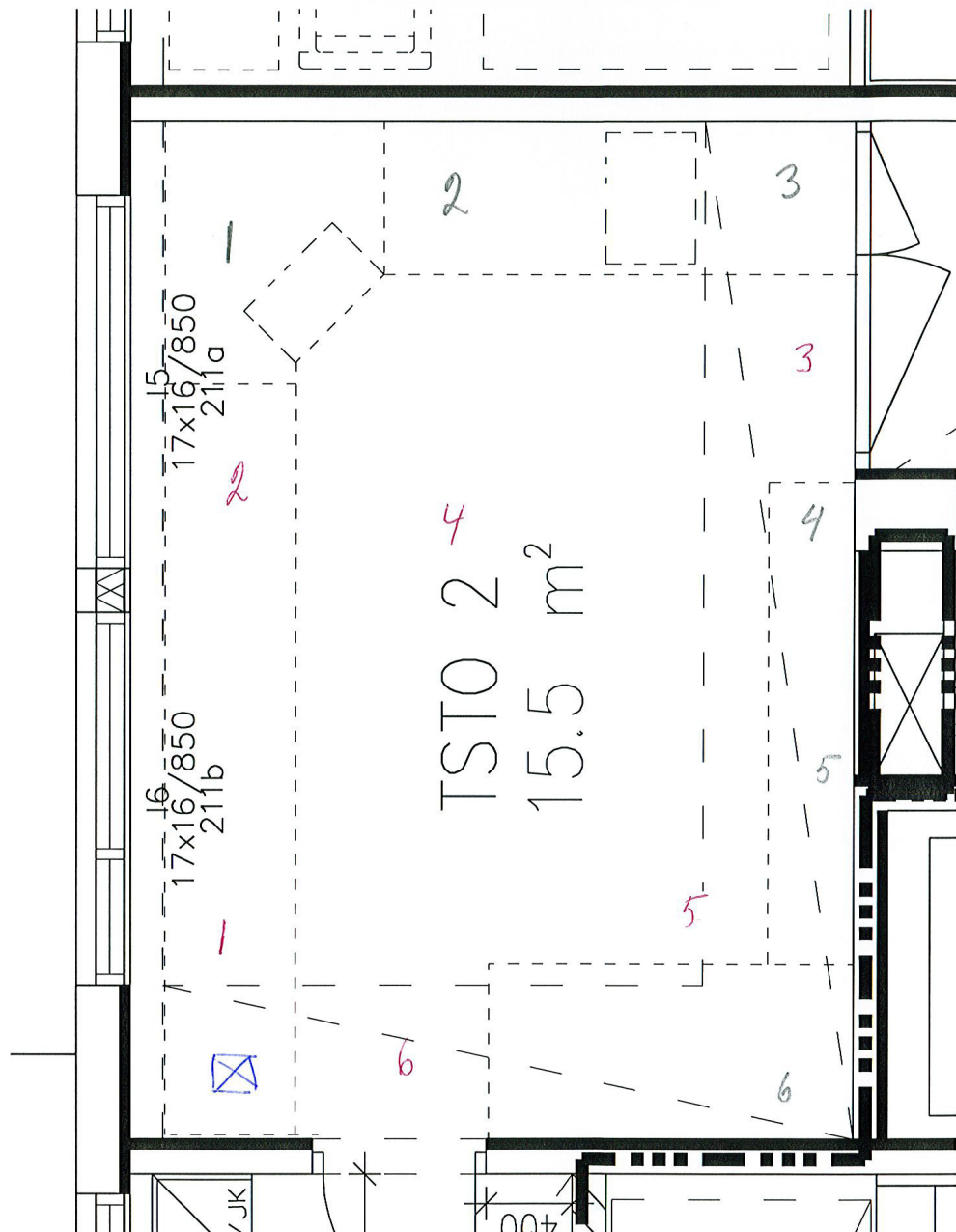
Mittauspisteet Kiinteistö 2, varastotila 2



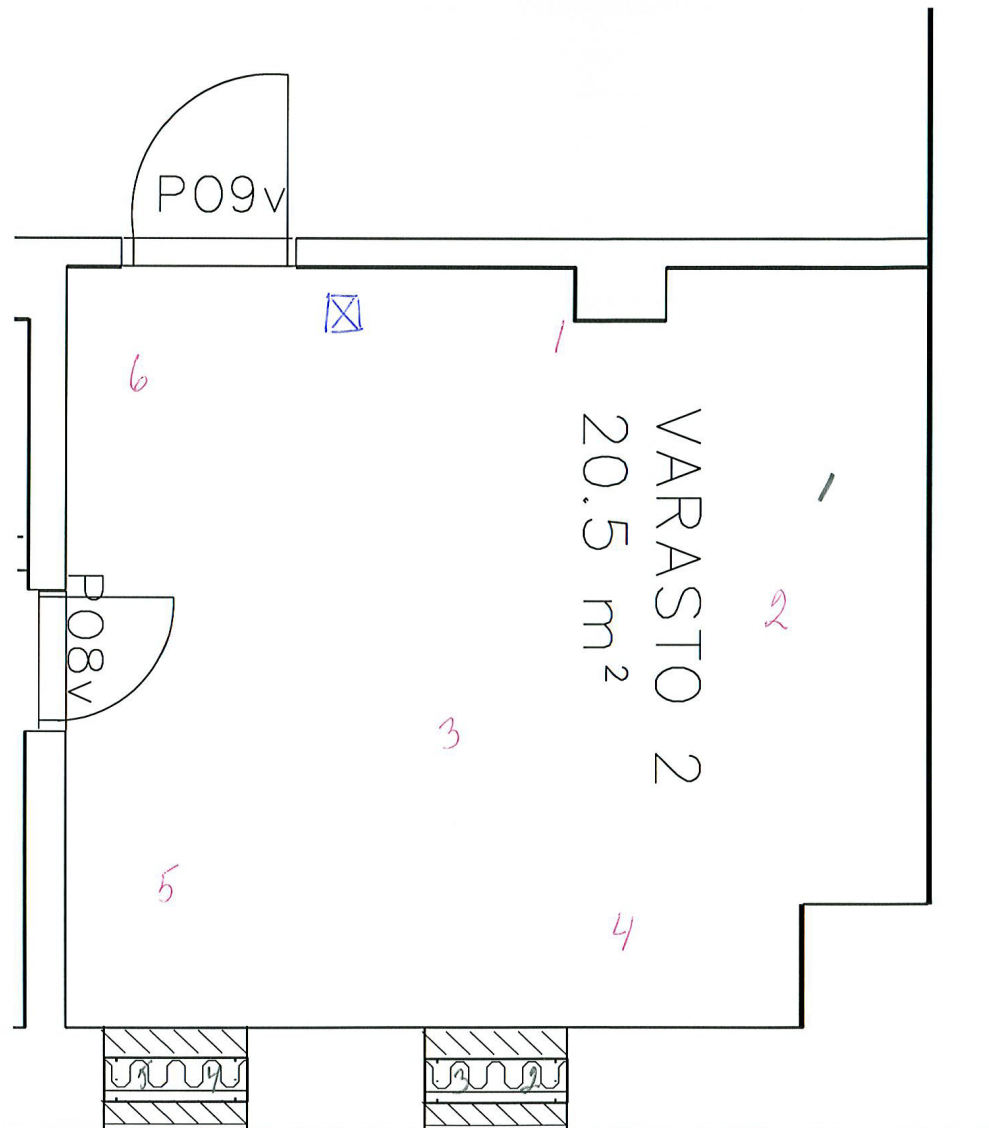
Mittauspisteet Kiinteistö 2, miehistöhuone



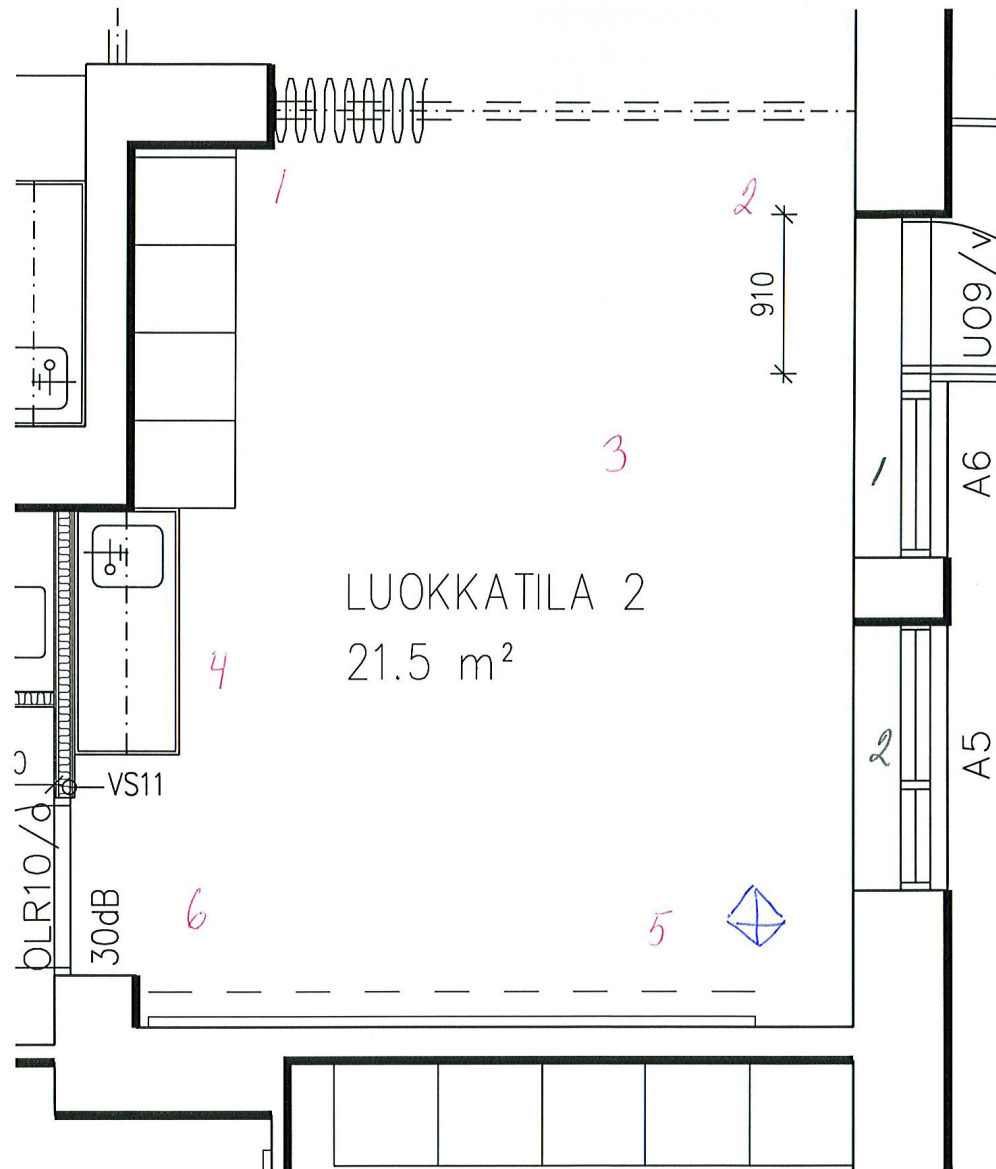
Mittauspisteet Kiinteistö 3, toimistotila 2



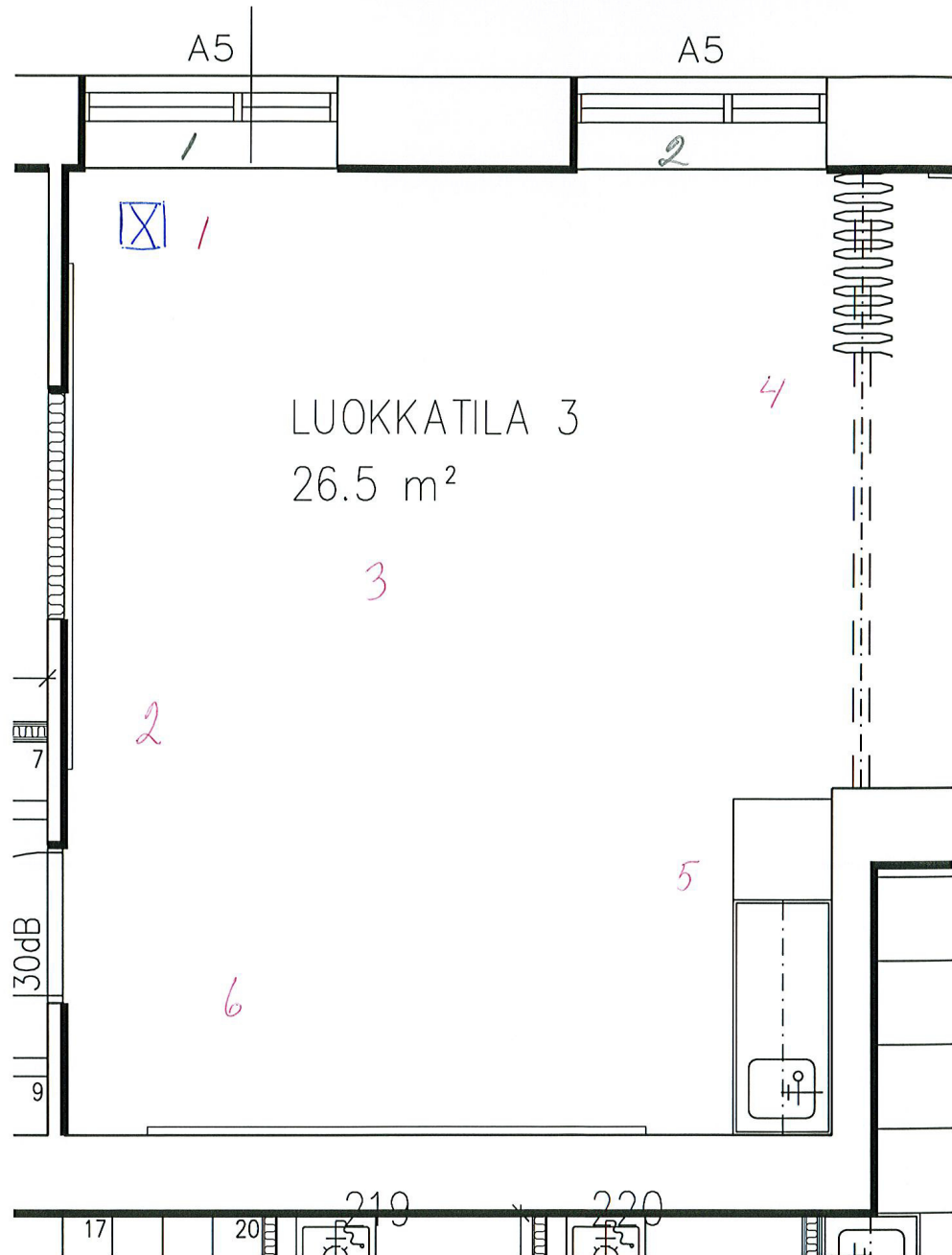
Mittauspisteet Kiinteistö 4, varastotila 2



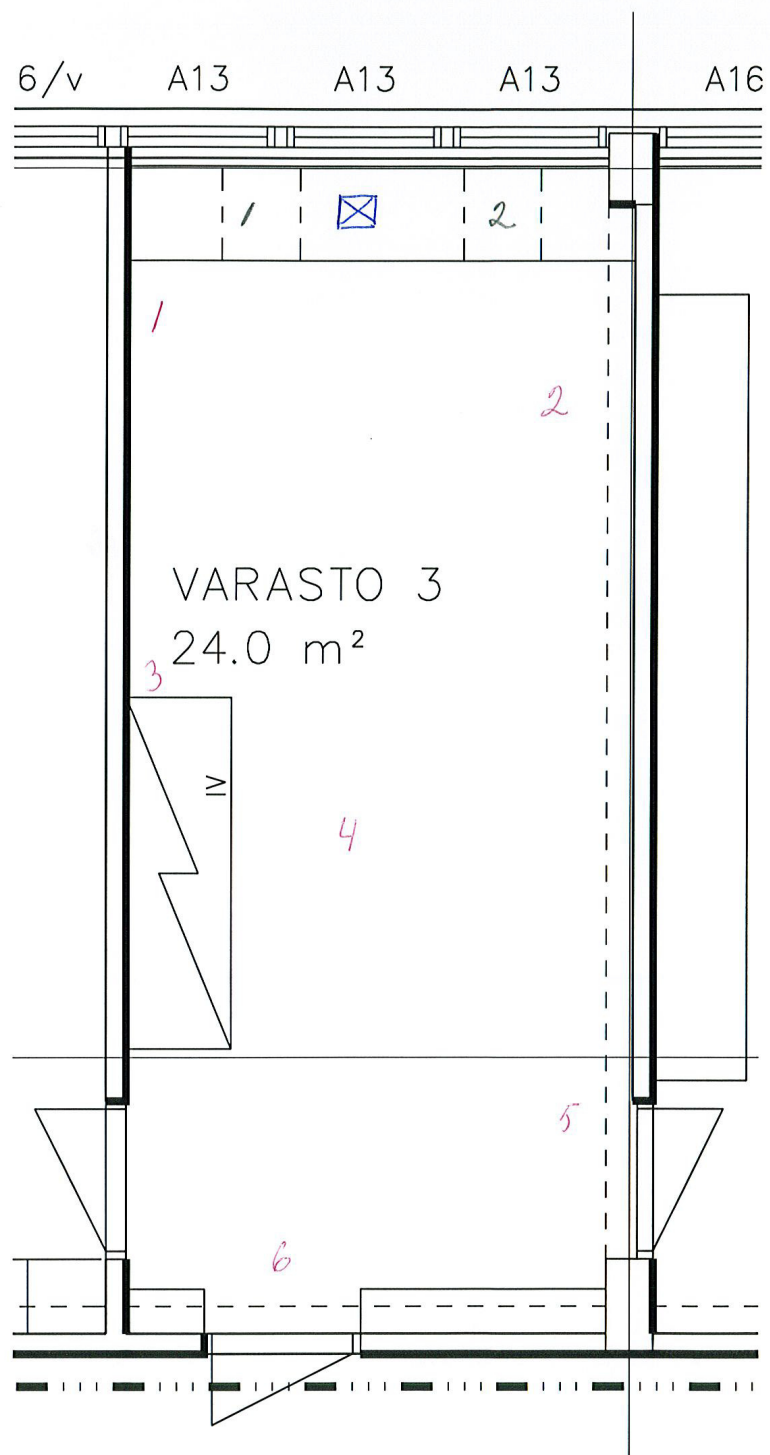
Mittauspisteet Kiinteistö 5, luokkatila 2



Mittauspisteet Kiinteistö 5, luokkatila 3

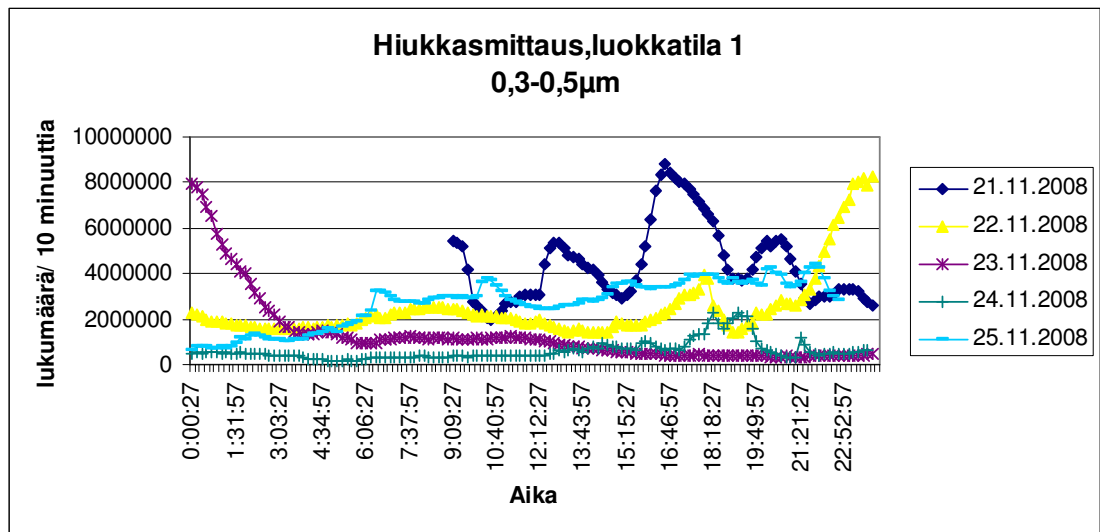


Mittauspisteet Kiinteistö 6, varastotila 3

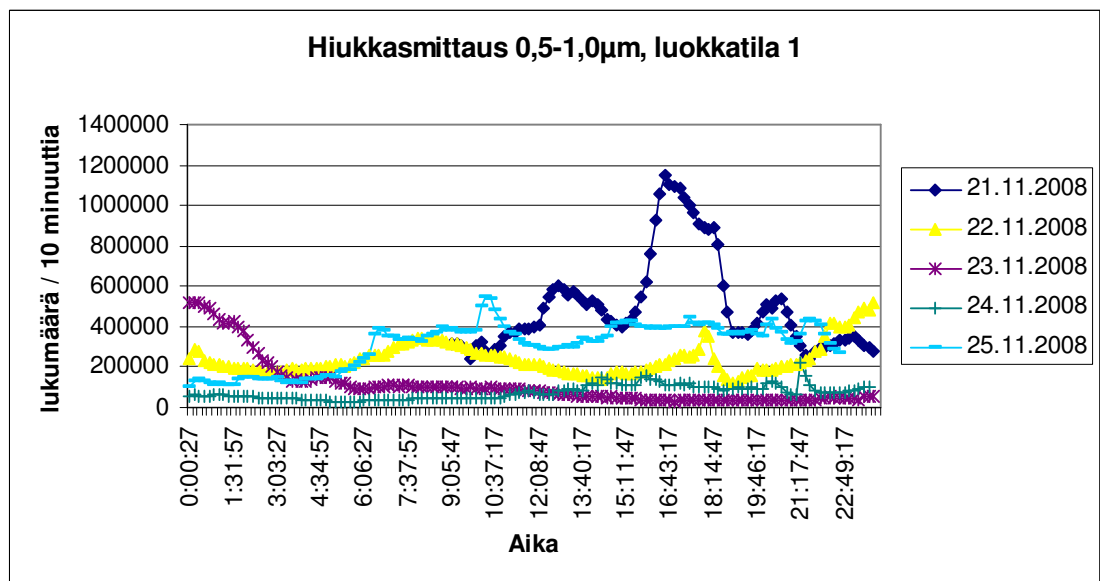


Taulukko tehdyistä mittauksista

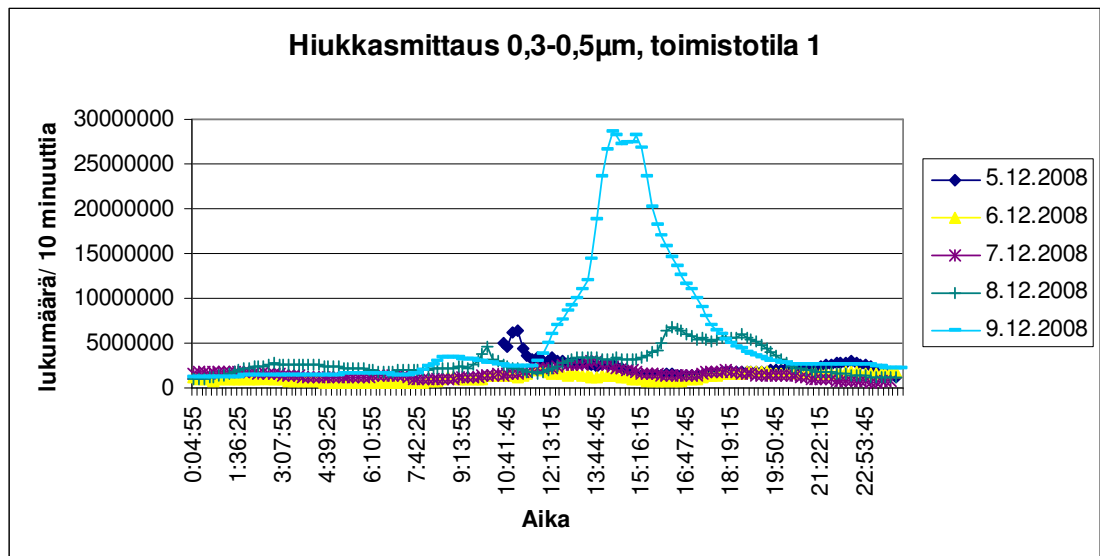
| | 1.MITTAUS- KERTA | KELLON - AIKA | JÄLKEEN LOPPU- TARKAS- TUKSEN | 2. MITTAUS- KERTA | 3. MITTAUS- KERTA |
|--|--------------------------------------|-----------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| | | | | | |
| Kiinteistö 1 luokkatila 1 | 21.11.2008 | 8.00 | x | 24.11.2008 | 26.11.2008 |
| Kiinteistö 2 toimistotila 1 varastotila 1 miehistötila | 5.12.2008 12.12.2008 23.1.2009 | 8.30 8.30 11.30 | x x x | 8.12.2008 26.1.2009 | 11.12.2008 30.1.2009 |
| Kiinteistö 3 toimisto 2 | 19.3.2009 | 9.00 | x | 23.3.2009 | 25.3.2009 |
| Kiinteistö 4 varasto 2 | 28.4.2009 | 9.00 | x | | |
| Kiinteistö 5 luokkatila 2 ja 3 | 8.7.2009 | 14.00 | x | 10.7.2009 | 13.7.2009 |
| Kiinteistö 6 varastotila 3 | 7.8.2009 | 10.20 | x | 10.8.2009 | 13.8.2009 |



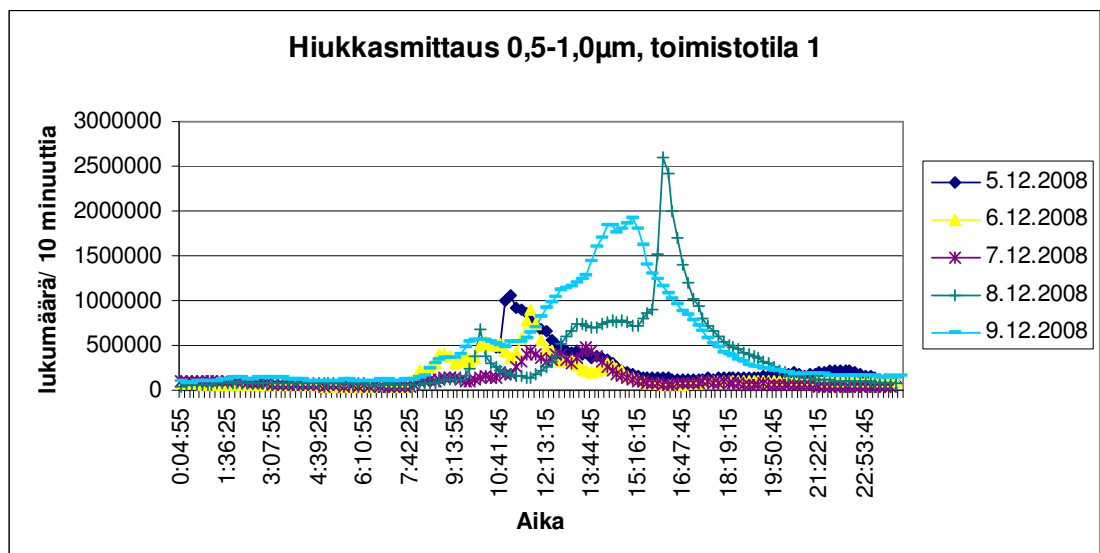
KUVIO 1. Kokoluokan 0,3-0,5 μ m hiukkasmäärä luokkatilassa 1.



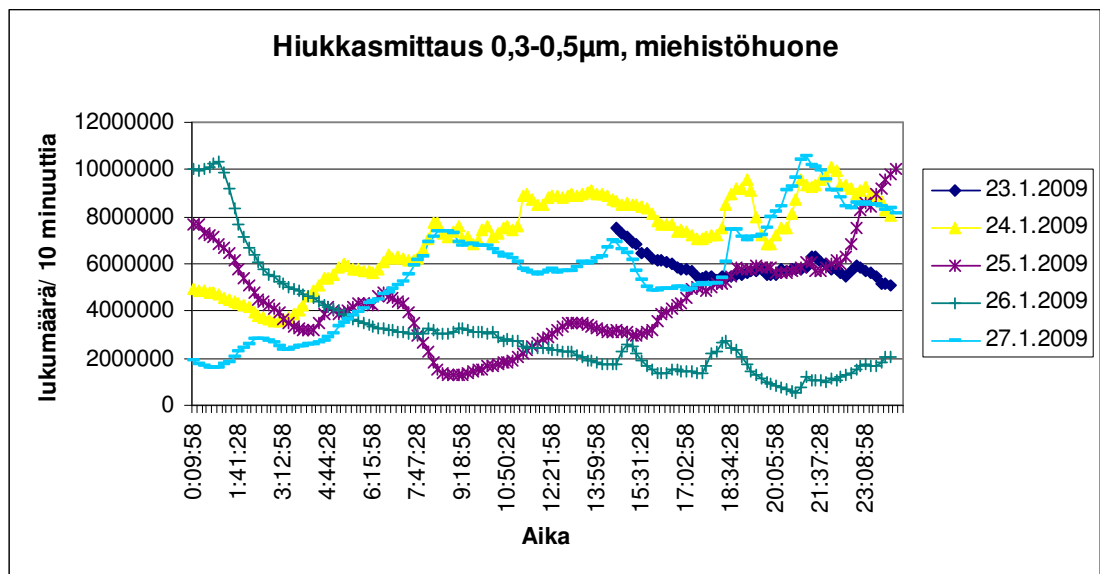
KUVIO 2. Kokoluokan 0,5-1,0 μ m hiukkasmäärä luokkatilassa 1.



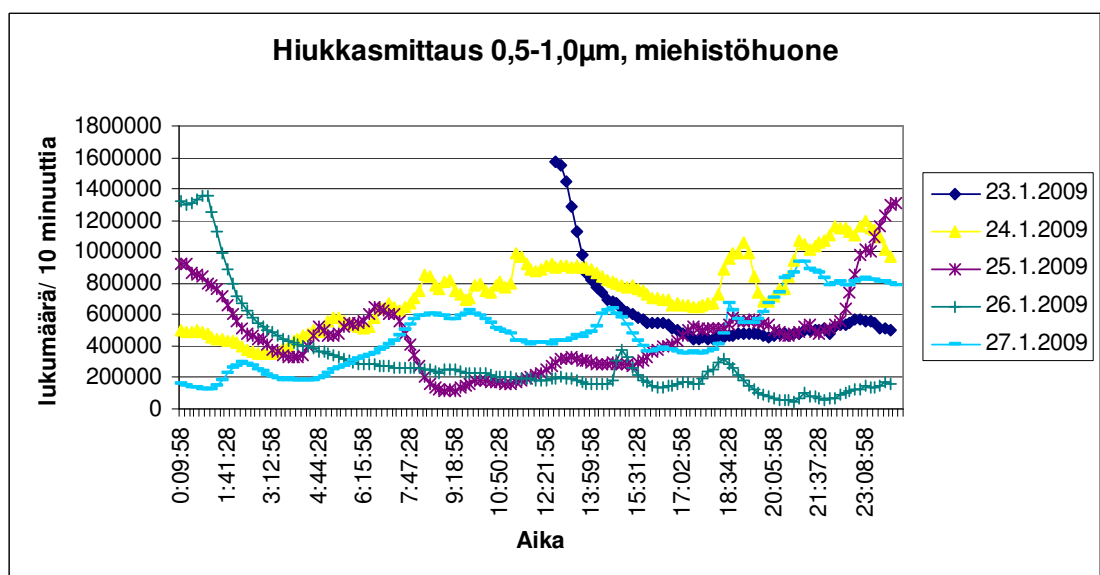
KUVIO 1. Kokoluokan 0,3-0,5 μ m hiukkasmäärä toimistotilassa 1. Tilassa näkyy 9.12.2008 iltapäivällä hiukkasmäärän voimakas lisääntyminen.



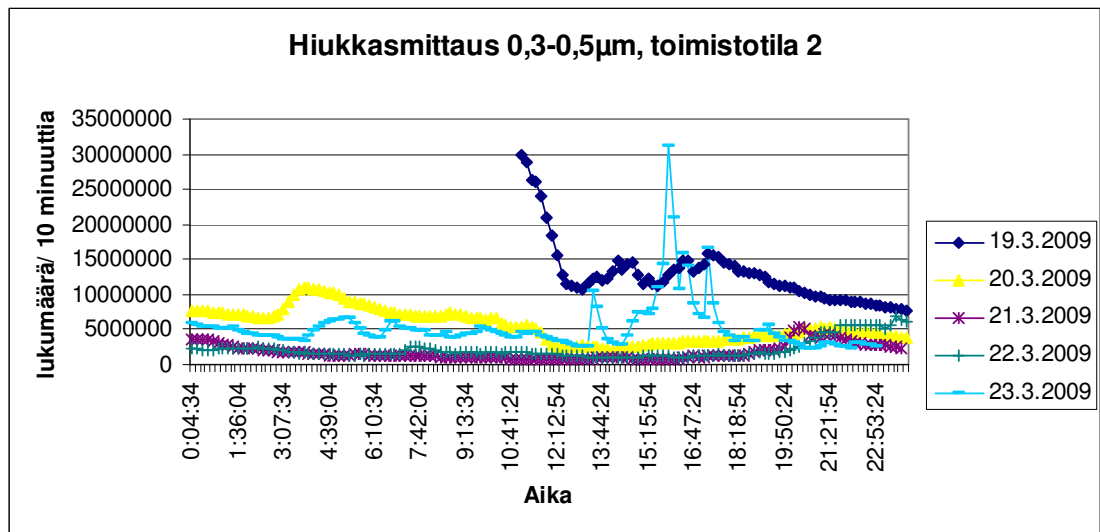
KUVIO 2. Kokoluokan 0,5-1,0 μ m hiukkasmäärä toimistotilassa 1.



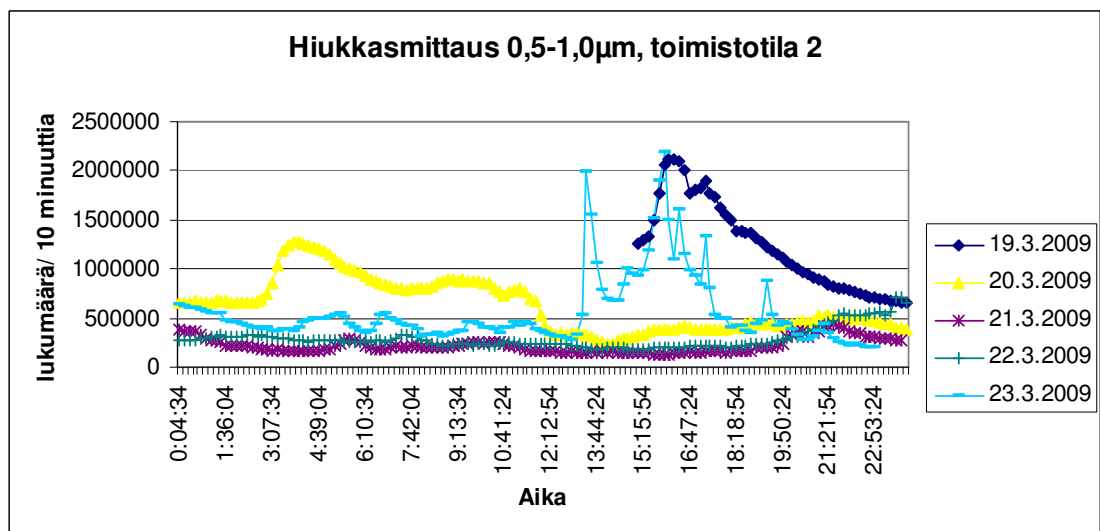
KUVIO 1. Kokoluokan 0,3-0,5 μ m hiukkasmäärä miehistöhuoneessa.



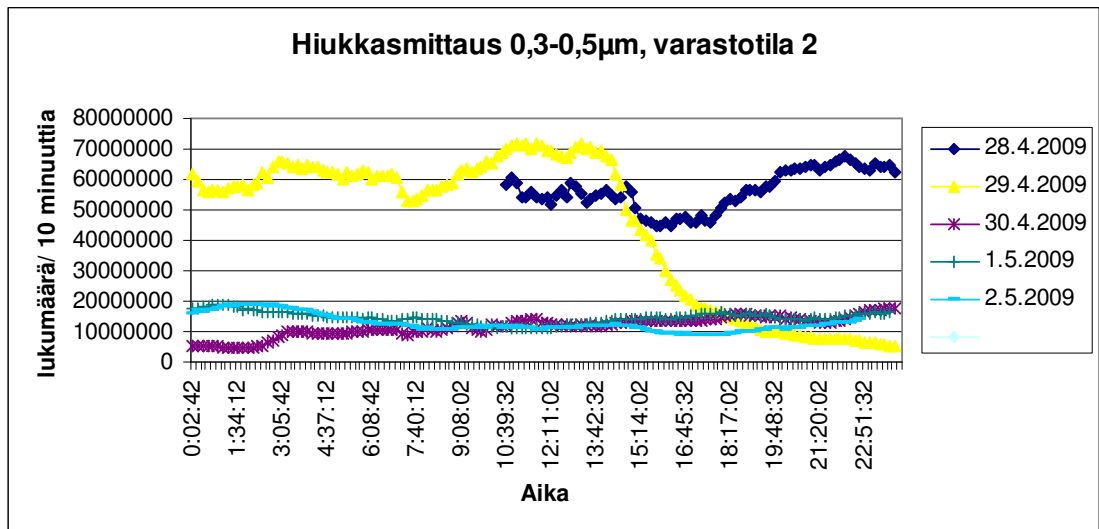
KUVIO 2. Kokoluokan 0,5-1,0 μ m hiukkasmäärä miehistöhuoneessa.



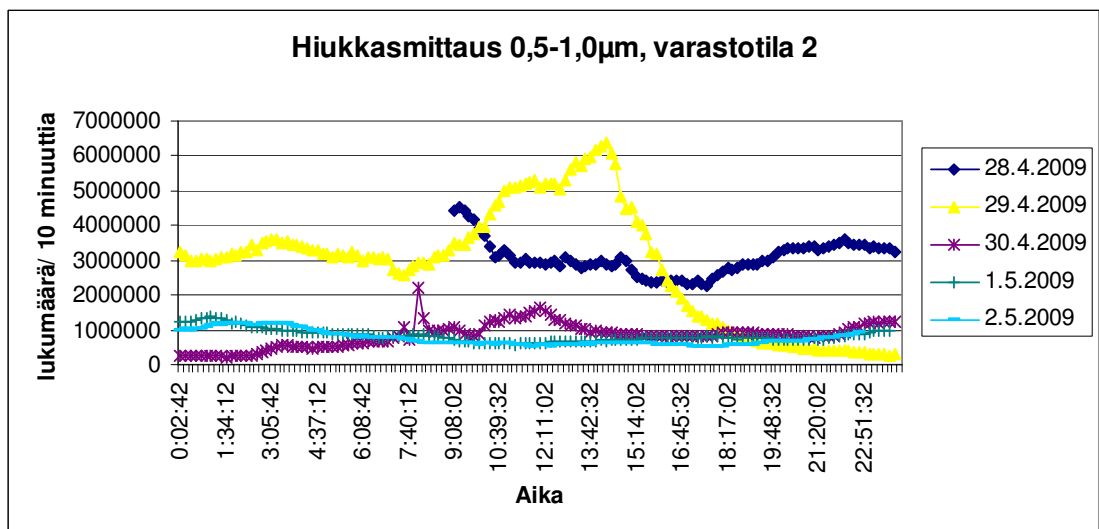
KUVIO 1. Kokoluokan 0,3-0,5 μ m hiukkasmäärä toimistotilassa 2.



KUVIO 2. Kokoluokan 0,5-1,0 μ m hiukkasmäärä toimistotilassa 2.



KUVIO 1. Kokoluokan 0,3-0,5 μ m hiukkasmäärä varastotilassa 2.



KUVIO 2. Kokoluokan 0,5-1,0 μ m:n hiukkasmittaus varastotila 2:ssa.