

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka
Kalle Kuulasmaa

Opinnäytetyö

SPLIT2-HIUKKASKERÄIMEN KÄYTTÖÖNOTTO HIUKKASPITOISUUKSIA MÄÄRITTÄEN

Työn ohjaaja

TkT Jarmo Lilja

Työn teettäjä

Työterveyslaitos

Tampere 11/2011

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma

Tekijä	Kalle Kuulasmaa
Työn nimi	Split2-hiukkaskeräimen käyttöönotto hiukkaspitoisuuksia määrittäen
Sivumäärä	38
Valmistusaika	11/2011
Työn ohjaaja	TkT Jarmo Lilja
Työn tilaaja	Työterveyslaitos

Tiivistelmä

Monilla työpaikoilla ja etenkin teollisuuden alalla työntekijät altistuvat monille terveydelle haitallisille tekijöille päivittäin. Kemikaalit, pöly ja melu aiheuttavat tuhansille ammattitaudin tai työterveyden menetyksen vuosittain. Haittatekijöihin kiinnitetäänkin yhä enenevässä määrin huomiota. Työolosuhteita tutkitaan entistä tarkemmin, ja mahdolliset riskitekijät pyritään saattamaan työterveyttä vaarantamattomalle tasolle.

Tämä Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Tampereen ammattikorkeakoulun ja Työterveyslaitoksen kanssa. Työterveyslaitos on hankkinut käyttöönsä Split2-hiukkaskeräinmittalaitteen, jolla mitataan ilmassa olevien hiukkasten pitoisuuksia. Työn tarkoituksena oli tehdä hiukkasmittauksia Split2-laitteella sekä kontrollilaitteena toimivalla DustTrak-mittalaitteella. Mittauksilla pyrittiin toteamaan uuden mittalaitteen mittaustarkkuus.

Mittaukset suoritettiin laitteen passiivimoodia käyttämällä, jolloin mittalaitteelle tulevien hiukkasten määrä perustuu lähinnä painovoiman vaikutukseen sekä diffuusioon. Käytettäessä laitetta aktiivimoodilla lisätään laitteeseen pumppu, joka imee ilmaa mittasensoreille.

Hiukkasmittaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoululla mikrobiologian laboratorion laminaarikaapissa, ympäristölaboratoriossa olevalla pölyhormilla sekä koulun betonilaboratoriossa.

Mittaustulosten perusteella Split2-mittalaitteen mittaamat pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kontrollilaitteena käytettyyn DustTrakiin verrattuna. Split2-mittalaite voidaan ottaa käyttöön hiukkaspitoisuuksien määrittämiseksi Työterveyslaitoksella passiivimoodia käytettäessä. Jotta mittalaitteen kaikki ominaisuudet saataisiin käyttöön, laitteella tulisi suorittaa samantyyllisiä mittauksia myös laitteen aktiivimoodilla.

Avainsanat

Split-2, passiivikeräin, hiukkaskeräin, hiukkaspitoisuus

TAMK University of Applied Sciences

Chemical Engineering

Writer	Kalle Kuulasmaa
Thesis	The introduction of the Split2 particle collector by measuring particle concentration
Pages	38
Graduation time	11/2011
Thesis Supervisor	Jarmo Lilja TAMK
Co-operating Company	Institute of Occupational Health

Abstract

In the field of industry employees are exposed to many chemicals, dust and noise and thousands come down with different occupational diseases or even lose their industrial health. Because of that the authorities and employers pay more and more attention to the working conditions.

This final thesis is done in cooperation with TAMK University of Applied Sciences and Institute of Occupational Health. The Institute of Occupational Health has purchased the Split2 particle collector for measuring particle concentration in the air. The aim of the thesis was to verify the measurement results of the Split2 particle collector by using DustTrak gauge as control device.

The measurements were made by using the passive mode of the device which means that the quantity of the measurable particles is mostly based on the effect of the gravity and diffusion.

The experiments were made in TAMK University of Applied Sciences in the microbiological laboratory by using the laminar flow cabinet as well as in the environmental laboratory by dust settling tunnel and also in the concrete laboratory.

As a finding of the tests it was evident that the concentration levels measured by Split2 were in the same scale than the results of the DustTrak control device. As a conclusion of the measurements Split2 particle collector is usable in tests of the Institute of the Occupational Health.

Keywords Split-2, passive sampler, particle collector, particle concentration

Esipuhe

Tämä työ tehtiin yhteistyössä Tampereen ammattikorkeakoulun sekä työterveyslaitoksen kanssa. Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät ja siihen liittyvät mittaukset eivät olleet ennen työni alkua entuudestaan tuttuja, joten oli mielenkiintoista perehtyä kyseisiin asioihin.

Kiitokset Maarit Korhoselle, joka informoi opinnäytetyömahdollisuudesta. Kiitokset myös työssä auttaneille koulun opettajille Jarmo Liljalle sekä Pasi Arvelalle. Kiitokset myös työterveyslaitokselle ja varsinkin Tiina Rantiolle joka on auttanut ja antanut vinkkejä työn aikana.

Tampereella marraskuussa 2011

Kalle Kuulasmaa

Sisällysluettelo

1. Johdanto	8
2. Haittatekijät	9
2.1 Fysikaaliset haittatekijät	9
2.1.1 Lämpötila	9
2.1.2 Melu	9
2.1.3 Säteily	10
2.2 Kemialliset haittatekijät	10
2.2.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	11
2.2.2 Styreeni	12
2.2.3 Ammoniakki	12
2.2.4 Hiilidioksidi	13
2.2.5 Hiilimonoksidi eli häkä	13
2.3 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet	14
2.3.1 Luokittelu	15
2.3.2 Hiukkasten terveysvaikutukset	15
2.4 Hiukkasten lähteet	16
2.4.1 Asbesti	16
2.4.2 Kvartsi	17
2.4.3 Mineraalikuidut	17
2.4.4 Puupöly	18
3. Mittaukset	19
3.1 Mittalaitteet	19
3.1.1 Split2-hiukkaskeräin	19
3.1.2 DustTrak	21
3.2 Mittaus järjestelyt	22
3.2.1 Laminaarikaappi	22
3.2.2 Pölyn laskeumakammio	23
3.2.3 Betonilaboratorio	26

4. Mittaustulokset ja niiden analysointi.....	28
4.1 Laminaarikaappi	28
4.2 Pölyn laskeumakammio	29
4.3 Betonilaboratorio.....	32
5. Loppupäätelmät	35
6. Lähteet.....	36
7. Liitteet	38

Lyhenteiden ja termien luettelo

C_m	Massa pitoisuus (mg/m^3)
PM_{10}	ilmassa olevien hiukkasten pitoisuus (mg/m^3), joiden aerodynaaminen halkaisija alle $10 \mu\text{m}$:ä. (Particulate Matter)
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compound)

1. JOHDANTO

Työpaikoilla, etenkin teollisuudessa, työntekijät saattavat altistua päivittäin kemikaaleille, pölylle, melulle ym. ihmisen terveyteen vaikuttaville tekijöille. Kemikaaleille sekä pölylle altistuminen työpaikalla aiheuttaa Suomessa ammattitautin noin 2000 ihmiselle vuosittain, kun tämän lisäksi otetaan mukaan melun aiheuttamat ammattitaudit, nousee luku noin 3600:aan.

Ammattitaudit sekä töistä johtuvat sairaudet ovat suurelta osin ehkäistävissä. Työntekijöille haitallisten sekä terveydelle vaarallisten olosuhteiden parantaminen edellyttää työympäristön sekä työolosuhteiden tarkkaa tuntemista. Lähdettäessä korjaamaan työympäristön olosuhteita selvitetään kattavasti eri haittatekijöille altistumista sekä arvioidaan altistumisen merkitystä työntekijän terveydelle. Kun haittatekijät tunnetaan, voidaan ne poistaa tai saattaa tasolle, jolla ei ole haitallisia vaikutuksia.

Haittatekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään: fysikaalisiin- sekä kemiallisiin haittatekijöihin. Tärkeimpiä fysikaalisia haittatekijöitä ovat: lämpötila, melu, säteily sekä värinä. Koska teollisuudessa on käytössä noin 30 000 kemiallista tuotetta, on myös kemiallisia haittatekijöitä lukematon määrä. Kemialliset haittatekijät voidaan jakaa metalleihin, kaasuihin, orgaanisiin yhdisteisiin sekä pölyihin. Työni käytännön osuudessa keskityin pääasiassa pölyn sekä hiukkasmaisten partikkelien pitoisuuksien mittaamiseen, joten opinnäytetyön teoriaosuudet käsittelevät pääasiassa näiden ominaisuuksia sekä vaikutuksia. Niinpä teoriaosuudessa fysikaaliset sekä muut kemialliset haittatekijät onkin käsitelty vain pintapuolisesti, kokonaiskuvan aikaansaamiseksi.

Työni tarkoituksena oli suorittaa pitoisuusmittauksia Split2-hiukkaskeräimellä. Laite on Tampereen Työterveyslaitokselle ostettu hiukkaskeräin, joka on tarkoitus ottaa käyttöön työympäristön hiukkaspitoisuuksia määritettäessä. Ennen kuin laite otetaan käyttöön Työterveyslaitoksen tekemissä virallisissa mittauksissa, tuli laitteella suorittaa pitoisuusmittauksia laitteen tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi.

2. HAITTATEKIJÄT

2. 1 Fysikaaliset haittatekijät

2.1.1 Lämpötila

Lämpötila on suurin yksittäinen tekijä sisäilman laadun tuntemuksen kannalta. Sopivana sisäilman lämpötilana pidetään pääsääntöisesti 21–22 °C:tta. Liian matala lämpötila aiheuttaa kylmyyden sekä vedon tunnetta. Liian korkea lämpötila voi puolestaan aiheuttaa tunkkaisuutta sekä vaikuttaa laskevasti ihmisten työtahokkuuteen.

Teollisuudessa lämpöolot voidaan jakaa sekä kuuma- että kylmätyöhön. Kuumatyön rajana pidetään +28°C astetta, kylmätyön rajana pidetään tilaa, jossa elimistön lämmönsäätelyjärjestelmät aktivoituvat. Työskentely jo 15 asteessa saatetaan katsoa kylmätyöskentelyksi.

Teollisuudessa kuumatyötä esiintyy pääasiassa metalli-, lasi- sekä keramiikka-teollisuudessa. Kuumatyötä voi esiintyä myös aloilla kuten esimerkiksi asfaltti-työssä, elintarvike teollisuudessa sekä kesällä lämpötilasta johtuen monessa muussa työssä. Kylmätyötä esiintyy pääasiassa elintarviketeollisuudessa, jossa lämpötilojen on oltava matalat tuotteiden mikrobiologisen laadun varmistamiseksi. (Starck, Kalliokoski, Kangas, Pääkkönen, Rantanen, Riihimäki, Karhula, Työhygieniä, 2008, 290-294) (www.sisailmayhdistys.fi)

2.1.2 Melu

Yli 80 dB:n melu voi heikentää ihmisen kuuloa, lähes yhtä merkittävä vaikutus kuulon heikkenemiseen on melun kestolla kuin melutasolla. Työelämässä melulle altistuu vuosittain noin 190 000 ihmistä ja vuosittain tietoon tulee noin 800 uutta meluvammaa. Melulle voi altistua lähes missä tahansa, esimerkiksi päiväkodeissa on mitattu riskirajan ylittäviä voimakkuuksia. Teollisuudessa melulle altistuminen on hyvinkin yleistä, mutta meluvammat aiheutuvat hyvin harvoin

äkillisestä voimakkaasta melusta, vaan yleisemmin kuulovauriot ovat peräisin vuosikymmenien altistumisen seurauksena. (Työhygieniä, 278-283)

Kuulovaurioiden lisäksi melun vaikutuksia ovat nukahtamisvaikeudet, melun vaikutukset unen laatuun sekä mielialaan. Korkea melu voi vaikuttaa myös esimerkiksi sydämen sykkeeseen, verenpaineeseen sekä yleiseen vireystilaan. (www.sisailmayhdistys.fi)

2.1.3 Säteily

Sähkömagneettisen säteilyn lähteitä ovat: ultraviolettisäteily, näkyvä säteily, infrapunasäteily, lasersäteily sekä staattiset ja pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät. Näistä ultraviolettisäteily on merkittävin haittatekijä. Lisäksi sisätiloissa voi esiintyä radon säteilyä.

Ultraviolettisäteilyä esiintyy pääasiassa laboratorioissa sekä elintarviketeollisuudessa mikrobien sekä muiden mikro-organismien tuhoamiseen. Lisäksi UV-säteilylle voi altistua ulko- ja hitsaustöissä. (Työhygieniä, 296-298)

Radon on väritön, hajuton ja mauton jalokaasu. Radonia nousee maaperästä josta se pääsee edelleen sisätiloihin rakennusten alapohjista. Radonin hajoamistuotteet polonium-218 sekä polonium-214 lähettävät alfahiukkasia. Keuhkoihin päästessään alfahiukkaset aiheuttavat säteilyä joka aiheuttaa solussa tumavaurioita, mikä puolestaan voi johtaa syöpäsolujen hallitsemattomaan kasvuun. (www.stuk.fi)

2.2 Kemialliset haittatekijät

Kemikaaleja käytetään laajasti suomalaisessa teollisuudessa, työpaikoilla on käytössä liki 30 000 eri kemikaalia, joista noin 5000:nen arvioidaan olevan terveydelle tai ympäristölle vaarallisia. Kemikaaleille altistuu vuosittain noin miljoonaa työntekijää ja niille altistuminen aiheuttaa Suomessa vuosittain noin 2000

ammattitautia, niinpä onkin tärkeää osata tunnistaa työpaikan haitalliset kemikaalit, jolloin voidaan suojautua niiden haittavaikutuksilta.

Alla on esiteltyä muutamia työympäristön kemiallisia haittatekijöitä sekä myös joitakin sisäilman kemiallisia haittatekijöitä. (Kämäräinen, Lappalainen, Oksa, Pääkkönen, Rantanen, Saarela, Sillanpää, Soini, Työsuojelun perusteet, 2009, 124 – 125)

2.2.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC- yhdisteet (volatile organic compound) ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka esiintyvät kaasumaisina ulkoilman lämpötilassa. Joukkoon eivät kuitenkaan kuulu metaani sekä kloorifluoratut hiilivedyt. VOC-yhdisteistä puhutaan lähinnä, ei teollisissa työtiloissa, joissa pitoisuudet ovat pääosin pieniä.

VOC- yhdisteitä vapautuu pääasiassa rakennus- ja sisustusmateriaaleista, muita lähteitä ovat mm. liikenteen pakokaasut ja muut ulkoilman saasteet. VOC-yhdisteiden pitoisuuksia mitattaessa ei ulkoilman pitoisuuksien ole havaittu nousevan haitallisen korkealle tasolle. Ongelmaksi yhdisteiden pitoisuudet nousevat pääasiassa sisätiloissa jossa ilman vaihtuvuus ei ole tarvittavan korkealla tasolla.

Yhdisteille asetetut pitoisuus arvot eivät ole tarpeeksi tarkkoja käytettäväksi sellaisenaan, sillä yhdisteisiin kuuluu laaja kirjo eri kemikaaleja. Jokaisen kemikaalin haitta-, pitoisuus- ja altistumisaika vaikutukset ovat yksilöllisiä pitoisuus rajaa määritettäessä ja tärkeämpää on keskittyä tietyn yhdisteen pitoisuuden mittaamiseen kuin VOC- pitoisuuden määrittämiseen. Yhdisteiden aiheuttamia haittoja ovat mm. silmien limakalvojen ärsytys, hajuhaitat sekä päänsärky. (www.sisailmayhdistys.fi)

Teollisuudessa esiintyy paljon haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joita käytetään liuotin aineina hartsiin, muovien, rasvojen ja vahojen valmistuksessa sekä

ohentamisessa. Yleisimpiä liuotin aineita ovat alifaattiset, aromaattiset hiilivedyt, alkoholit, eetterit, esterit ja ketonit.

Liuotin aineille altistuu päivittäin liki 20 000 työntekijää. Liuotin aineet ärsyttävät sidekalvoa sekä hengitysteiden limakalvoja. Liuotinaineet vaikuttavat ihmisten hermostoon, altistuminen suurille pitoisuuksille saattaa aiheuttaa pahimmassa tapauksessa tajunnan menetyksen. (Työhygienia, 210 – 213)

2.2.2 Styreeni

Styreeni on aromaattinen hiilivety. Styreeni on pistävän hajuinen, väritön tai keltävä neste. Teollisuudessa styreeniä käytetään lähinnä muovi- sekä kumiteollisuudessa. Muoviteollisuudessa sitä käytetään pääasiassa kesto- sekä lujitemuovien valmistuksessa, kumiteollisuudessa sen käyttö liittyy lähinnä renkaiden valmistuksen.

Suomessa Styreenille altistuu vuosittain noin 3 500 työntekijää. Suurimpia pitoisuuksia työntekijöille on mitattu lujitemuoviteollisuudessa, jossa sitä haihtuu ilmaan suuriakin määriä. Lyhytaikainen altistuminen pienille pitoisuuksille styreeniä voi aiheuttaa ärsytystä hengitysteille sekä silmille, huonovointisuutta sekä ruokahaluttomuutta. Suurempien pitoisuuksien on todettu aiheuttavan kuulon alenemista sekä värinäön heikkenemistä. Pidempiaikainen altistus voi aiheuttaa häiriöitä keskushermoston toiminnassa sekä muutoksia valkosolujen kromosomien toiminnoissa. (Työhygienia, 219-221)

2.2.3 Ammoniakki

Ammoniakkia voi päästä sisäilmaan rakennusmateriaaleista, käytetyistä kemikaaleista kuten esimerkiksi puhdistusaineista, lakoista ja maaleista. Ammoniakkia vapautuu ilmaan myös rakennusmateriaaleissa tapahtuvan orgaanisten aineiden hajoamisen seurauksena. Ammoniakki pitoisuuden määrittäminen toimii usein

indikaattorina muiden yhdisteiden esimerkiksi amiinien olemassa ololle. (Välikylä, Asumisterveysopas, 2009, 130-131)

2.2.4 Hiilidioksidi

Huoneilmassa oleva hiilidioksidi on pääosin peräisin ihmisistä, joissa sitä syntyy aineenvaihdunnan lopputuotteena. Hiilidioksidi on ihmiselle vaarallista vasta korkeina pitoisuuksina. Kohonnut hiilidioksidi pitoisuus aiheuttaa huoneessa tunkkaisuuden tunnetta, ihmisissä kohonnut pitoisuus aiheuttaa päänsärkyä, väsymystä sekä näistä syistä johtuen työtehon alenemista.

Kohonnut hiilidioksidi pitoisuus indikoi lähinnä huoneilman riittämättömästä ilmanvaihdosta. Hiilidioksidille ei ole määritetty terveydelle haitallista pitoisuutta, mutta 2700 mg/m³ pitoisuutta pidetään tyydyttävän sisäilman enimmäistasona. (www.hengitysliitto.fi)

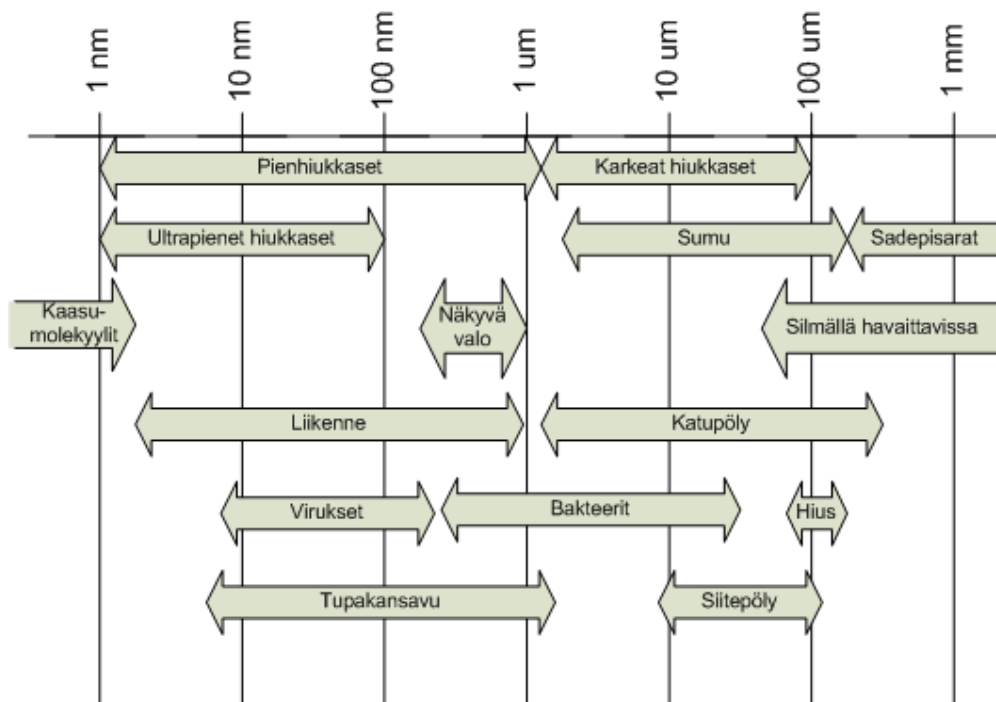
2.2.5 Hiilimonoksidi eli häkä

Häkä on hajuton, mauton ja väritön kaasu, jota syntyy orgaanisten aineiden epätäydellisessä palamisessa. Sisätiloissa oleva häkä voi olla peräisin uuneista, takoista, liesistä, tupakoinnista sekä ulkotiloista siirtyneenä.

Hiilimonoksidilla on kyky sitoutua veren hemoglobiiniin huomattavasti happea herkemmin. Hiilimonoksidin sitoutuessa hemoglobiiniin veren kyky kuljettaa happea kehoon heikkenee huomattavasti, tämä voi aiheuttaa häkämyrkytykseksi kutsutun tilan. Häkämyrkytyksen oireita ovat päänsärky, pahoinvointi sekä hengenahdistus. Häkämyrkytys voi pahimmassa tapauksessa johtaa tajunnan menetykseen ja jopa kuolemaan. (www.hengitysliitto.fi)

2.3 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Puhuttaessa pelkistä hiukkasista käytetään usein termiä aerosolihiukkanen. Aerosoli tarkoittaa seosta jossa kaasussa on joko kiinteätä ainetta tai nestettä. Aerosolihiukkanen voi sisältää orgaanisia tai epäorgaanisia materiaaleja, kuten pölyä, kuituja tai mikrobeja. Kuviossa 1 on esitetty tyypillisiä aerosoleja sekä niiden kokoluokat.



Kuvio 1: Tyypillisiä aerosoleja mittoineen. (<http://tk232.norfello.com/node/22>)

Aerosolihiukkasten kokoluokka vaihtelee alueella 1 nm-100 μm:ä. Pienempien hiukkasten koon määrää hiukkasia muodostavan molekyylien koko ja suurimpien hiukkasten koon taas niiden asettumisaika ilmassa. Jos hiukkasen koko kasvaa liian suureksi on siihen vaikuttava maan vetovoima niin suuri, ettei hiukkanen leiju enää ilmassa vaan putoaa nopeasti maahan.

Hiukkasten koosta puhuttaessa puhutaan usein hiukkasen halkaisijasta. Hiukkasen koko vaikuttaa suuresti partikkelin ominaisuuksiin. Koska hiukkaset eivät useinkaan ole täysin pyöreitä, vaan esimerkiksi asbestin tapauksessa puhutaan kuitumaisesta, hyvinkin pitkästä ja ohuesta materiaalista, on käyttöön otettu käsite aerodynaaminen halkaisija. (tk232.norfello.com/node/22)

”Aerodynaamisella halkaisijalla tarkoitetaan sellaisen kuvitteellisen pallonmuotoisen hiukkasen halkaisijaa, jonka tiheys on 1 g/cm^3 , ja jolla on sama laskeutumisnopeus kuin kyseessä olevalla hiukkasella”.

(virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/dia_11_2.htm)

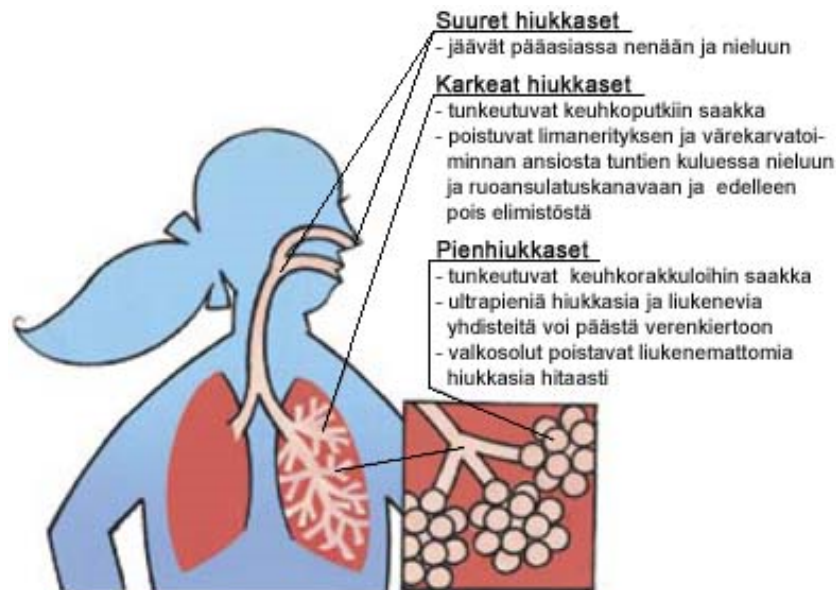
2.3.1 Luokittelu

Hiukkaset luokitellaan koon mukaan neljään eri ryhmään. Suurimpaan ryhmään kuuluu hiukkaset jotka ovat mitaltaan yli $10 \mu\text{m}$:ä. Mitaltaan alle $10 \mu\text{m}$:n hiukasia kutsutaan hengitettäviksi hiukkasiksi. Mitaltaan $10 \mu\text{m}$ - $2,5 \mu\text{m}$ olevia hiukasia kutsutaan karkeiksi, alle $2,5 \mu\text{m}$ olevia hiukasia kutsutaan pieniksi ja alle $0,1 \mu\text{m}$ olevia hiukasia kutsutaan ultrapieniksi hiukkasiksi. (Hiukasia ilmassa tiedote)

Usein hiukkaspitoisuus ilmoitetaan PM (Particulate Matter) massapitoisuutena. Esimerkiksi PM_{10} kertoo tuloksen sisältävän halkaisijaltaan alle $10 \mu\text{m}$:ä hiukkaset.

2.3.2 Hiukkasten terveysvaikutukset

Hiukkasten koolla ja muodolla on suuri vaikutus siihen miten ne vaikuttavat ihmisten terveyteen. Kuviosta 2 voi nähdä kuinka hiukkasen koko vaikuttaa hiukkasten kulkeutumiseen hengityselimissä. Mitä pienempiä hiukkaset ovat sitä syvemmälle hengityselimistöön ne pääsevät tunkeutumaan. Hiukkasten poistuminen kehosta vie sitä kauemmin mitä syvemmälle ne pääsevät kulkeutumaan. Suuret ja karkeat hiukkaset poistuvat limanerityksen sekä värekarvojen toiminnan ansiosta jo muutaman tunnin päästä altistumisesta. Pienhiukkasten poistuminen hengityselimistöstä voi viedä kuukausia tai jopa vuosia, pahimmassa tapauksessa ne eivät poistu ollenkaan.



Kuvio 2: Hiukkasten pääsy elimistöön. (www.hengitysliitto.fi)

2.4 Hiukkasten lähteet

Merkittävimpiä hiukkasten lähteitä työympäristössä ovat asbesti, kvartsi, mineraalikulidut sekä puupöly.

2.4.1 Asbesti

Asbesti on yleisnimi luonnossa esiintyville kuitumaisille silikaattimineraaleille. Asbestia on käytetty rakennusmateriaaleissa 1920-luvulta alkaen, Suomessa asbestin käyttö kiellettiin 1994. Asbestin käyttö rakennusmateriaaleissa oli suosittua koska asbestilla on hyvät lämmöneristys- ja kestävyysominaisuudet, sen lisäksi asbestin käyttöä puolti materiaalin palamattomuus.

Asbestin käyttö kiellettiin koska kuitumaisen muotonsa ansiosta asbesti pääsee kulkeutumaan keuhkoissa aina keuhkorakkuloihin asti. Päädyttyään hengityselimiin asbestikulidut eivät kulkeudu tai liukene pois, joten jo pienikin altistuminen voi aiheuttaa keuhkosairauksia. Asbestin yleisimmät sairaudet ovat keuhkopussin- tai vatsaontelonsyöpä sekä asbestoosi.

Vaikka asbestia edelleen on suuressa osassa rakennuksista, ei sille altistuminen ole yleistä, sillä asbestin ollessa sitoutuneena ehjiin rakenteisiin ei sitä pääse hengitysilmaan. Ongelmaksi asbesti muodostuu rakennusten korjaus- sekä purkutöissä, joissa sille altistuu vuosittain yli 3000 työntekijää. (www.hengitysliitto.fi)

2.4.2 Kvartsi

Kvartsi on yksi piidioksidin kiteisistä muodoista, jota esiintyy pääainesosina monissa kivi- ja hiekkalajeissa. Kvartsia tuotetaan Suomessa noin 200 000 tonnia. Keramiikka teollisuudessa sitä käytetään lasin, lasivillan sekä lasikuidunvalmistuksessa. Kiviteollisuudessa kvartsipitoisista kivilajeista valmistetaan rakennus- sekä hautakiviä.

Suomessa työskentelee noin 70 000 työntekijää ammateissa, joissa on mahdollista altistua kvartsipölylle. Pitkäaikainen altistuminen kvartsipölylle voi aiheuttaa fibroottisen keuhkopölysairauden eli silikoosin. Silikoosi huonontaa hengityksen toimintaa sekä lisää riskiä sairastua keuhkosyöpään. (Työhygieniä, 119-120)

2.4.3 Mineraalikuidut

Mineraalikuiduiksi kutsutaan synteettisiä aineita, joiden käyttö perustuu niiden kuitumaiseen rakenteeseen. Mineraalikuituja ovat: lasikuitu, lasivilla, vuorivilla, kivivilla sekä kuonavilla. Mineraalikuituja käytetään pääasiassa rakennusteollisuudessa eristeissä, lisäksi lasikuitua käytetään joidenkin tekstiilien valmistuksessa.

Mineraalikuidut aiheuttavat ärsytystä silmissä, hengitysteissä sekä iholla. Kuitujen terveysvaikutuksia hengitysteille tutkitaan ja kansainvälinen Syöväntutkimuslaitos onkin luokitellut mineraalikuidut mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi. (Työhygieniä, 126- 127)

2.4.4 Puupöly

Puupölyä syntyy puuta työstettäessä, merkittävimpiä puuntyöstö menetelmiä Suomessa ovat sahaus, jysintä sekä hionta. Hiukkasia syntyy kun puun solut pirstoutuvat tai lohkeavat. Puun kovuudella sekä kosteudella on suuri merkitys pölyn muodostumiseen, mitä kovempaa sekä kuivempaa työstettävä puu on sitä, enemmän siitä syntyy haitallista pölyä.

Koska puu koostuu monista eri kemiallisista aineista, voi siitä syntyvä pöly sisältää monia haitallisia aineita. Puu koostuu pääasiassa selluloosasta, hemiselluloosasta sekä ligniinistä. Lisäksi puu voi sisältää uuteaineita joita syntyy puun aineenvaihdunnan tuotteena, uuteaineet sisältävät pihkaa, rasvoja, alkoholeja sekä fenolisia yhdisteitä. Lisäksi puupölyssä voi olla luonnollisia epäpuhtauksia kuten mikrobeja sekä homesieniä. (Työhygieniä, 148-150)

3. MITTAUKSET

3.1 Mittalaitteet

Mittalaitteina oli Split 2-hiukkaskeräin, jonka käyttöohje on liitteenä 1. Käyttöohjeessa on opastettu, kuinka laite saatetaan käyttökuntoon ennen mittausten aloittamista. Kontrollilaitteena käytettiin DustTrak merkistä mittalaitetta.

3.1.1 Split 2-hiukkaskeräin

Split 2, esitetty kuviossa 3, on valonsirontateknologiaan perustuva, ilmassa olevien hiukkasten massapitoisuutta mittaava hiukkaskeräin. Split 2 on pienikokoinen helposti mukana kulkeva mittalaite joka on tarkoitettu sekä hengittävän-, keuhko että alveoli-luokan jakeitten mittaamiseen.



Kuvio 3: Split 2-mittalaite (Kuva Kalle Kuulasmaa)

Mitattu pitoisuus	0.01 mg/m ³ - 200 mg/m ³
Laitteen tarkkuus	0,02 mg/m ³
Partikkelin koko	0,1 µm - 10 µm
Mittaus taajuus	1/s , 10/s , 1/h , 1/d °
Laitteen muisti	21 500 mittausta

° mittalaite mittaa pitoisuutta jatkuvasti, tallennettu tulos on keskiarvo mittausvä-
liltä.

Taulukossa 1 on esitetty Split 2-mittalaitteen tiedot. (www.skcinc.com/prod/770-300.asp)

Laite on passiivikeräin, joka on helppo muuntaa aktiivikeräimeksi lisäämällä mit-
talaitteeseen pumppu. Aktiivikeräin moodia käytettäessä mittalaitteella voidaan
analysoida henkilön hiukkaskertymä tietyssä aikana (esimerkiksi työpäivä) jol-
loin voidaan arvioida henkilölle kohdistuvat terveysvaikutukset. Aktiivi moodia
käytettäessä mittalaite asennetaan henkilön vyölle yhdessä mittapumpun kans-
sa ja laitteen mittasensori asennetaan koehenkilön hengitys alueelle, esimerkik-
si paidan kaulukseen.

Mittausten aikana Split2-laite oli pääosin käytössä vain passiivikeräimenä, jol-
loin mittasensorille tulevien hiukkasten määrä perustuu pääosin hiukkasten dif-
fuusioon sekä painovoiman vaikutukseen.

3.1.2 DustTrak

DustTrakin malli on TSI 8520, joka on esitetty kuviossa 4



Kuvio 4: Kontrollilaitteena toimiva DustTrak.

[www.bis.fm/products/TSI_8520_DustTrak.asp]

Laite on aktiivikeräin mikä tarkoittaa että mittalaitteessa on pumppu joka imee pölyä mittasensoreille noin 1,7 l/min. Laitteen toiminta perustuu laserfotometriin, joka laskee laitteen sisään tulevien hiukkasten määrän ja mittalaite ilmoittaa ilmassa olevan hiukkasten massapitoisuuden mg/m^3 kohti.

Tulokset voidaan lukea reaaliajassa laitteessa olevalta digitaalinäytöltä, joka myös toimii laitteen ohjauspaneelina. Tulokset voidaan myös tallentaa laitteen muistiin (31 000 mittausta), josta ne on mahdollista siirtää TrakPro-ohjelmaa käyttäen tietokoneelle.

DustTrak-mittalaitteella voidaan mitata pitoisuuksia alueella $0,001 \text{ mg}/\text{m}^3$ – $100 \text{ mg}/\text{m}^3$. Mitattavien hiukkasten kokoluokka voi olla $0,1 \mu\text{m}$ – $10 \mu\text{m}$. Mittalaitteen tallentama mittaustulos on mahdollista säätää tallennettavaksi välillä 1 mittaustulos/sekunti – 1 mittaustulos/tunti.

Tämän työn mittauksissa tulokset on tallennettu pääasiassa 1 mittaustulos/sekunti loggaus moodia käyttäen, koska mittaustulosten vaihtelutaajuus oli usein hyvinkin nopeaa ja näin ollen tulosten tarkkuus olisi ollut vajavainen, mikäli mittaustuloksia olisi tallennettu harvemmin. (www.hotzonewv.com)

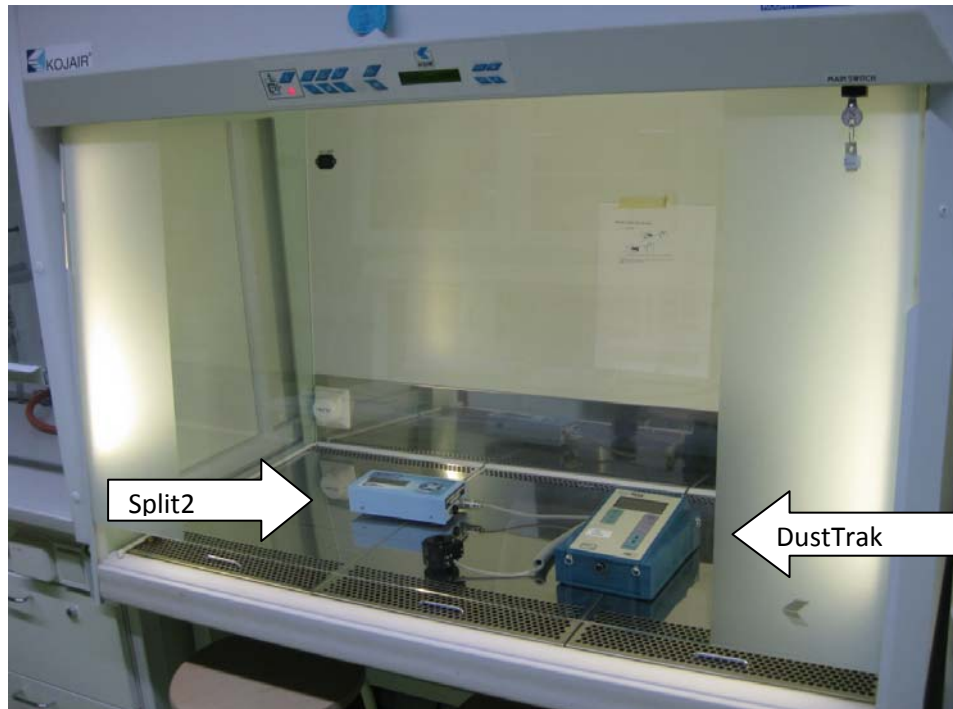
3.2 Mittaus järjestelyt

Mittaukset suoritettiin kolmessa eri mittaustaikassa Tampereen ammattikorkeakoululla. Mittauksia tehtiin mikrobiologian laboratoriossa laminaarikaapissa, pölyn laskeumakammiossa sekä betonilaboratoriossa.

3.2.1 Laminaarikaappi

Laminaarikaappi on laboratoriotyöskentelyssä käytettävä ilmanvaihdolla varustettu työtaso. Laminaarikaapissa on metallinen työtaso, ilmanvaihtokanavat sekä liikuteltava lasinen etulevy. Mittauksissa käytetyn laminaarikaapin ilmanvaihtoa oli mahdollista muuttaa kaapin edessä olevan näytön avulla. Mittauksen aikana laminaarikaappiin laitettiin päälle puhallin, joka puhalsi kaappiin suodattimen läpi tulevaa puhdasta ilmaa. Lasisen etulevyn ollessa alhaalla jäi etulevyn ja työtason väliin noin 5 senttimetrin rako, josta puhaltimien puhaltama ilma virtasi ulospäin. Näin saatiin luotua olosuhteet jolloin laminaarikaapissa oli vain puhaltimen tuottamaa puhdasta ilmaa eikä huoneilmasta päässyt tapahtumaan virtausta laminaarikaappiin.

Ensimmäiset mittaukset suoritettiin kuviossa 5 näkyvässä laminaarikaapissa, jossa voitiin olettaa olevan hyvin puhdasta ilmaa. Kontrollimitalaitteena toimivalla DustTrak mittalaitteella mitattaessa hiukkaspitoisuus olikin hyvin pieni.



Kuvio 5: Mittaukset laminaarikaapissa. (Kuva Kalle Kuulasmaa)

Mittauksen tarkoituksena oli nähdä kuinka suuresti Split 2-laitteen antama mittaustulos eroaa DustTrakin mittaustuloksista. Mittaustulokset on esitetty kohdassa 4.1.1

Kyseisellä Split2-mittalaitteella aikaisemmin mitattujen tulosten perusteella odotettiin pitoisuuden olevan n. 50 kertaa suurempia kuin DustTrak mittalaitteen hiukkaspitoisuuden.

3.2.2 Pölyn laskeumakammio

Ensimmäiset hiukkasmittaukset suoritettiin kuviossa 6 näkyvällä pölyn laskeumakammioilla, joka sijaitsee Tampereen ammattikorkeakoululla ympäristömittauslaboratoriossa. Laskeumakammion käyttö mittaustaikana oli tärkeää, jotta mittalaitteille saadaan mahdollisen samankaltaiset kontrolloidut mittaolosuhteet sekä helppo toistettavuus. Kammiota käytettäessä saatiin mittauksissa käytettävän hiukkasten määrää säädettyä ja näin ollen mittalaitteiden mittaa-

maa pitoisuutta oli mahdollista kontrolloida ja pitää tasolla jolla mittalaitetta tul-
laan kentällä käyttämään.



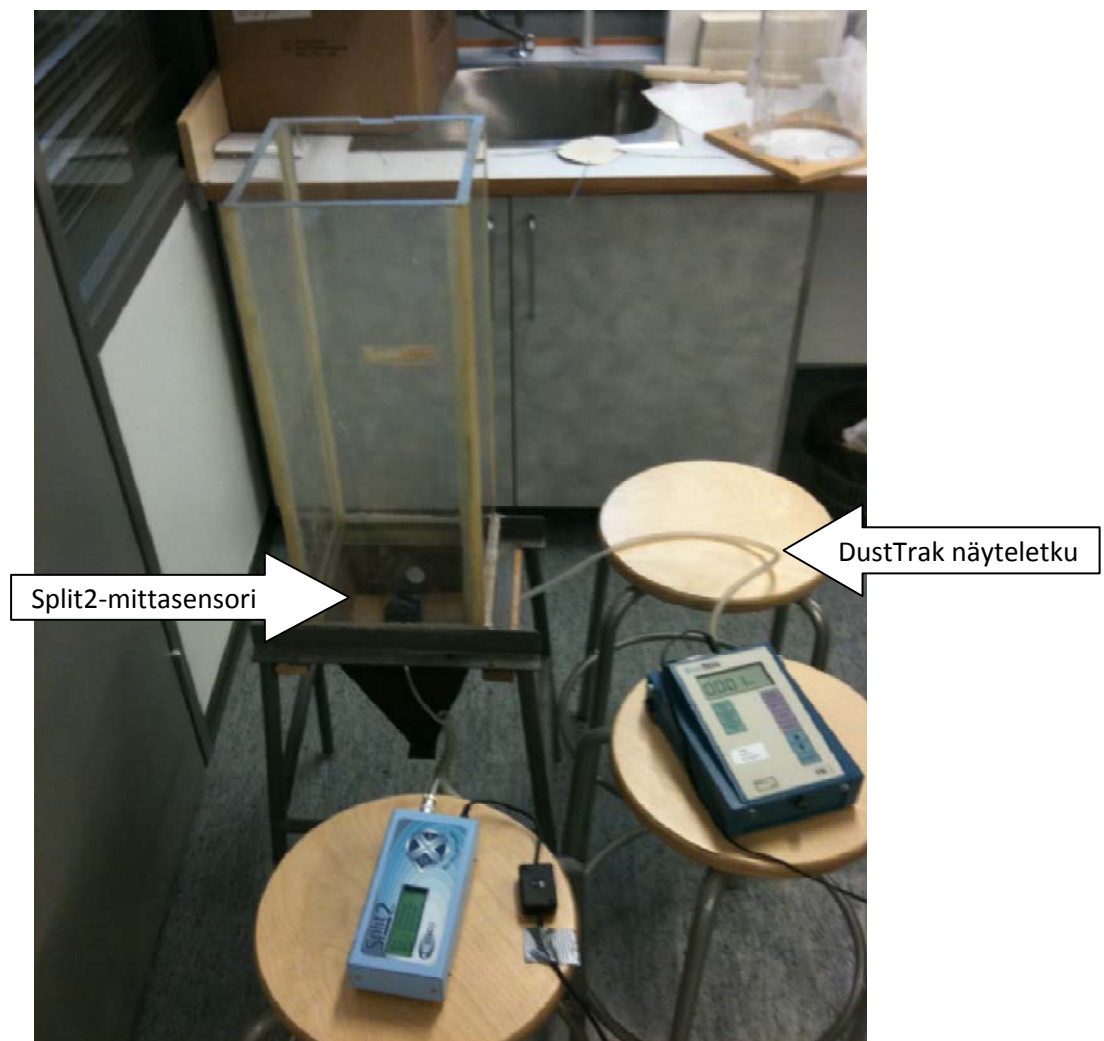
Kuvio 6: Pölyn laskeumakammio (Kuva Kalle Kuulasmaa)

Laskeumakammio koostuu kahdesta n. 0.7 metrin korkuisesta muovi putkesta, näiden kahden putken väliin asennettavasta välitasosta, jonka tarkoituksena on ottaa hiukkasten pudotusvaiheessa nopeasti tippuvat isoimmat hiukkaset jotta nämä eivät aiheuta virhettä mittaustuloksiin ja samalla ehkäistään mittalaitteiden ylimääräinen kontaminoituminen. Muovi putki kiinnittyy pohjasta metalliseen, suppilons muotoiseen osaan johon on liitetty 4 metallista jalkaa. Mittalaitteet asennetaan laskeumakammioon metalli suppilossa olevista rei'istä.

Lisäksi mittauspaikkaan kuuluu pohjalevy, jotta mittalaitteet saadaan samalle korkeudelle mahdollisimman samankaltaisten mittausolosuhteiden varmistamiseksi, lisäksi mittauspaikkaan kuuluu ylimmän putken päällä oleva levy, jonka päälle kammioon pudotettavat hiukkaset levitetään mahdollisimman tasaisesti.

Mittausten suorittaminen

Mittalaitteet asennettiin paikoilleen kammiossa olevan pohjalevyn päälle. Kuviossa 7 oikealla näkyy DustTrak mittalaite, joka on yhdistetty laskeumakammioon kuvassa näkyvällä näyteletkulla. Kuvassa vasemmalla näkyy Split 2-mittalaite ja mittalaitteesta kammioon menevä mittasensori.



Kuvio 7: Mittalaitteet mitattaessa pitoisuuksia pölynlaskeumakammiossa. (Kuva Kalle Kuulasmaa)

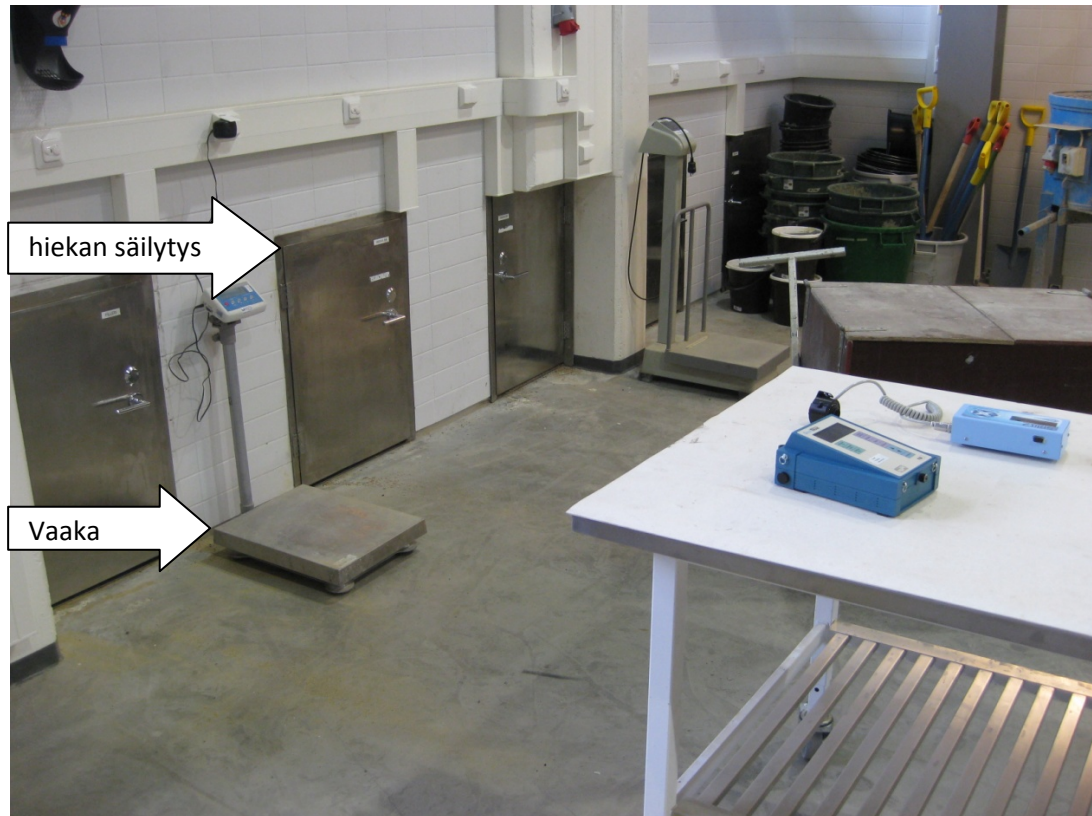
Ennen mittausten aloitusta DustTrak mittalaite tarkistetaan liittämällä näyteletkun päähän suodatin joka estää pölyn pääsemisen mittalaitteelle, tällöin laitteen pitäisi ilmoittaa mittaustulokseksi 0,000. Myös Split 2-mittalaite puhdistetaan sekä nollataan ennen mittauksen aloittamista. Split 2-mittalaitteen käyttöönotto on esitetty liitteessä 1.

Laitteet asennettiin laskeumakammioon, jonka jälkeen laitteiden annettiin seistä paikoillaan muutama minuutti jotta laitteiden näyttämä mittaustulos ehtii laskeutumaan normaalille, luokkahuoneen oletetulle tasolle. Mittaus aloitettiin laskeumakammion päällä olevan näytelevyn vapauttamisella jolloin hiukkaset levisivät kammioon. Mittausta jatkettiin kunnes mittalaitteiden mitaamat pitoisuudet laskivat laitteiden mitaaman pitoisuuden minimi tasolle.

Mittaus aika oli keskimäärin n. 30 minuuttia riippuen käytetyistä hiukkasista sekä sen määrästä. Mittauksissa käytettiin Arizona Dust-nimistä hienojakoista hiekkaa, jonka sopivaksi määräksi osoittautui n. 0,5 g, jolloin mitatut pitoisuudet olivat halutulla tasolla. Mittaustulokset laskeumakammiossa tehdyistä mittauksista esitetty kohdassa 4.1.2

3.2.3 Betonilaboratorio

Viimeiset mittaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa. Mittauksen aikana huoneeseen pyrittiin saamaan aikaiseksi pölyä käsittelemällä laboratoriossa käytettäviä aineita kuten esimerkiksi eri raekokoja olevia hiekka-aineita sekä sementtiä. Kyseisiä aineita punnittiin säilytystiloista vaa'alla oleviin saaveihin, hiekka-aineiden säilytystilat näkyvät kuvassa 8. Laboratoriossa on kohdeilmanpoisto joka ei ollut päällä mittauksia tehdessä. Ilmanpoistoa ei käynnistetty jotta mittalaitteiden mitaamat pitoisuudet saatiin pysymään tarpeeksi korkealla tasolla. Mittauksen aikana mittalaitteet olivat pöydällä metrin korkeudella maasta ja noin 2 metrin päässä paikasta joissa materiaaleja käsiteltiin. Mittaustulokset betonilaboratoriosta on esitetty kohdassa 4.1.3



Kuvio 8: Mittaukset betonilaboratoriossa (Kuva Kalle Kuulasmaa)

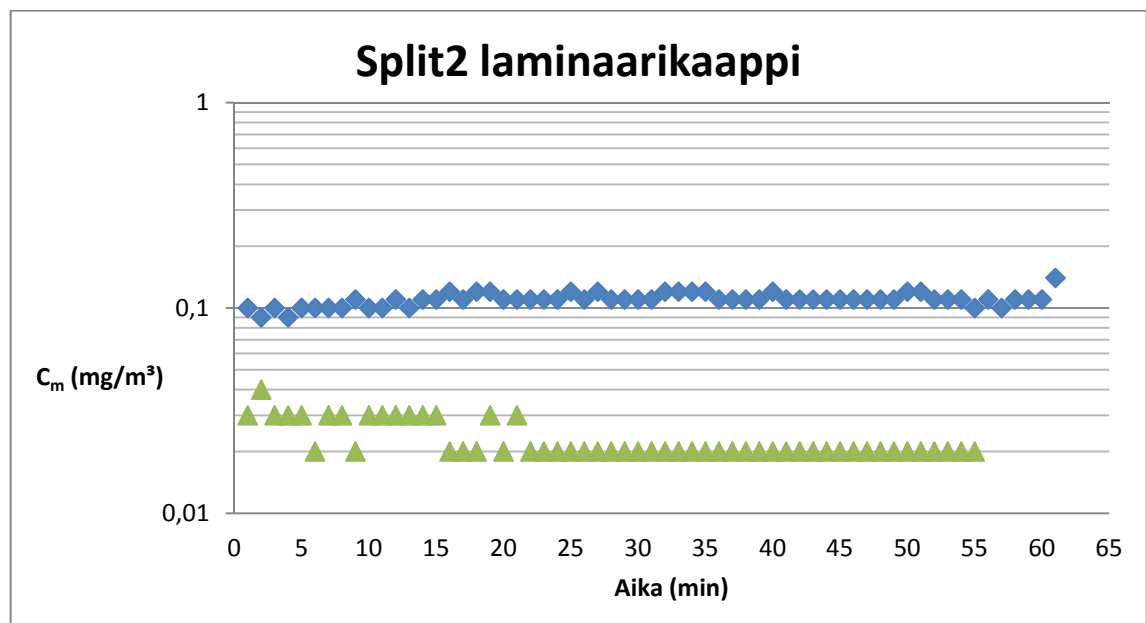
Mittaustuloksia betonilaboratoriossa suoritetuista mittauksista ei tule käyttää kyseisen tilan ilmanlaadun arviointiin. Mittausten aikana tilaan pyrittiin saamaan pölyä hiukkaspitoisuuden mittaamiseksi, tämän takia normaalisti käytössä olevia ilmanpoistolaitteita ei käynnistetty.

4. MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

4.1 Laminaarikaappi

Laminaarikaapissa suoritetuissa mittauksissa mittausaika oli noin yhden tunnin. Koska hiukkaspitoisuuden voitiin koko mittauksen ajan pysyvän likimäärin muuttumattomana, tallennettiin tulos mittalaitteille minuutin välein.

Mittaustulokset laminaarikaapissa tehdyistä mittauksissa esitetty kuviossa 9. Kuviosta on jätetty pois DustTrak mittalaitteen mittauksien tulokset koska DustTrak mittalaitteen mitaama pitoisuus koko mittausajalta oli $0,000 \text{ mg/m}^3$. Hiukkaspitoisuudet on esitetty logaritmisellä asteikolla.



Kuvio 9: Mittaustulokset laminaarikaapissa tehdyistä mittauksista.

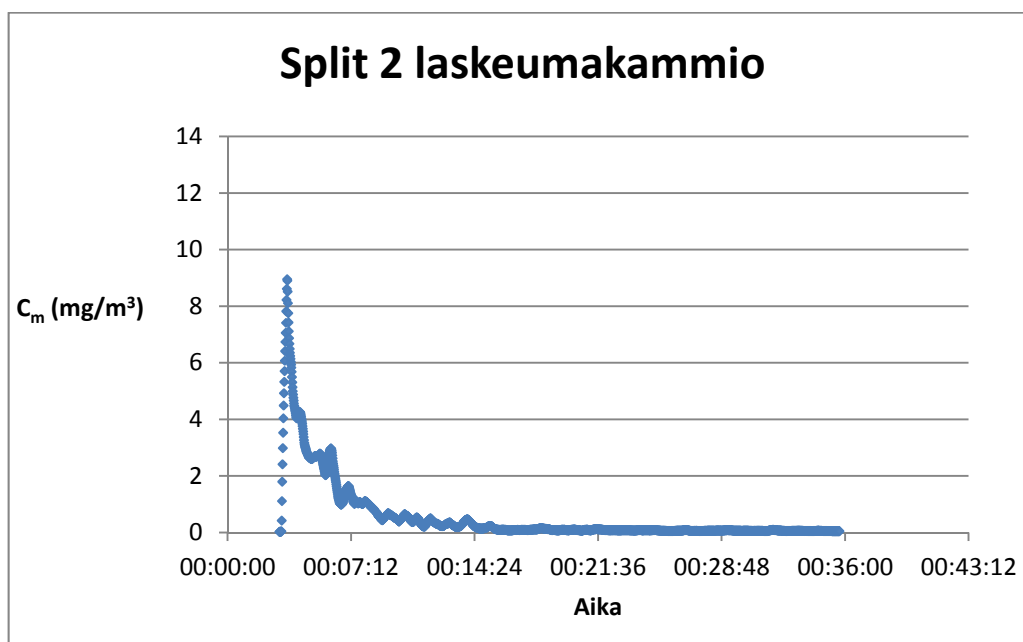
Siniset mittaustulokset ovat tuloksia jotka laitteella on saatu, kun mittalaitteelle tehtävä automaattinen nollaus on suoritettu välittömästi laitteen käynnistämisen jälkeen. Tämän jälkeen on odotettu käyttöohjeessa ilmoitettu laitteen vaatima lämpenemisaika, joka on kymmenen minuuttia.

Vihreät mittaustulokset ovat tuloksia, jotka on mitattu sinisten mittausten jälkeen ja näiden mittausten välissä on laitteelle tehty automaattinen nollaus.

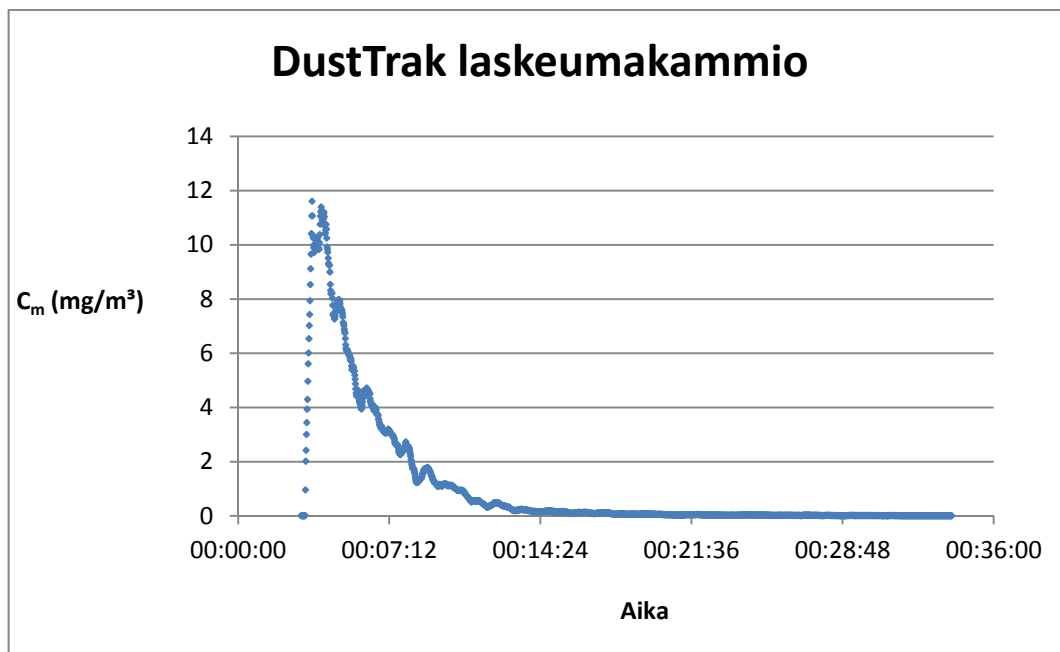
Tuloksista voidaan nähdä että laitteen täytyy olla lämmennyt ennen kuin sille suoritettava automaattinen nollaus suoritetaan. Käyttöohjeessa on ilmoitettu laitteen lämpenemis ajaksi kymmenen minuuttia. Mittauksia tehdessä huomasin että kyseinen laite kannattaa pitää päällä vähintään 15 minuuttia ennen kuin laitteelle suoritetaan automaattinen nollaus toimenpide.

4.2 Pölynlaskeumakammio

Pölynlaskeumakammiossa tehdyissä mittauksissa käytettiin Arizona Dust-hiekkaa, jota punnittiin noin 0,5 g. Mittauksien tallennuksessa käytettiin mittausnopeutta 1 mittaus/sekunti, koska mittalaitteiden mittaamat pitoisuudet vaihtelivat hyvinkin nopeasti. Kuvioissa 10 - 13 on esitetty mittaustulokset laskeumakammiossa tehdyistä mittauksissa.

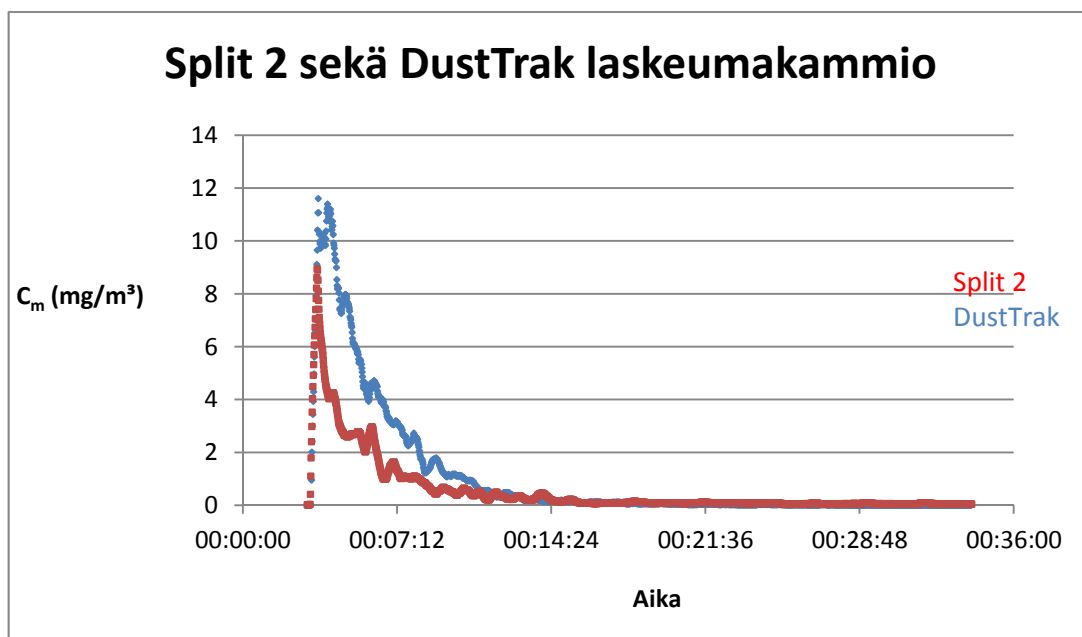


Kuvio 10: Mittaustulokset laskeumakammiossa Split 2-mittalaitteella.



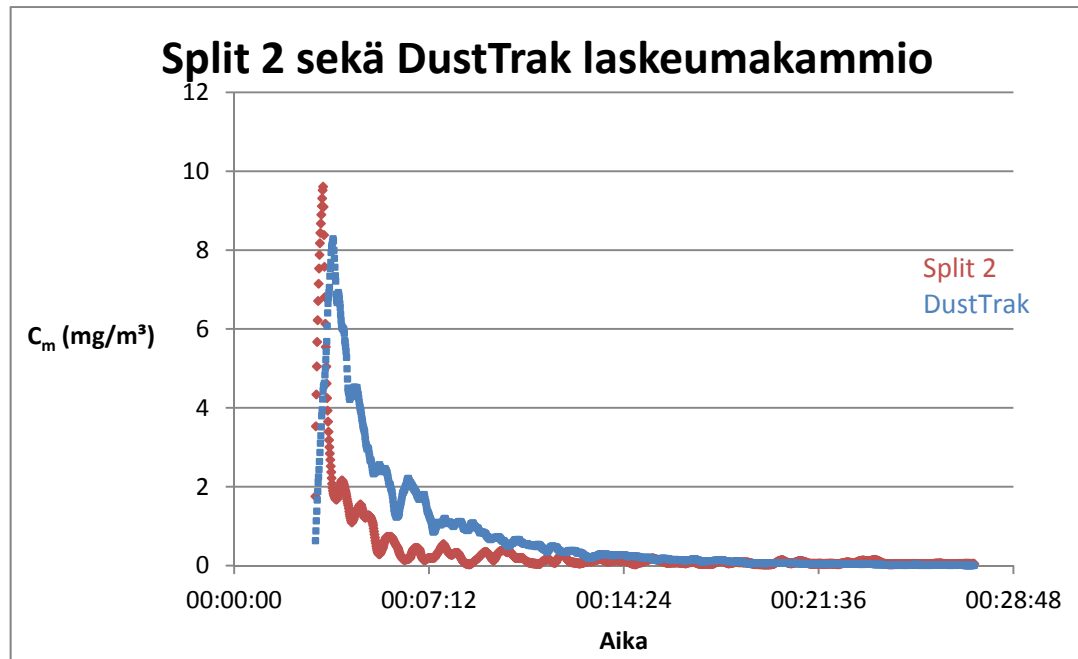
Kuvio 11: Mittaustulokset DustTrakilla tehdyistä mittauksista.

Kuviossa 12 on esitetty mittaustulokset sekä DustTrak laitteella, että Split 2-laitteella tehdyistä mittauksista laskeumakammiossa. Mittaustulokset on piirretty samalle kuvaajalle, jolloin on mahdollista vertailla mittalaitteiden tulosten yhdenmukaisuutta.



Kuvio 12: Mittaustulokset laskeumakammiossa tehdyistä mittauksista.

Kuvio 13: Mittaustulokset uudelleen suoritetulta mittauskerralta laskeumakammiossa. Mittaustapahtuma on pyritty suorittamaan mahdollisimman yhdenmu-
kaisesti aikaisemman mittaustapahtuman kanssa.



Kuvio 13: Mittaustulokset laskeumakammiossa tehdyistä mittauksista.

Molemmissa mittauksissa mittalaitteiden kuvaajat ovat hyvin toistensa kaltaiset, vaikkakin DustTrak mittalaitteen pitoisuudet näyttävät samalla ajanhetkellä olevan suuremmat kuin Split 2-mittalaitteen. Kuten kuvaajista voi nähdä, saavuttaa DustTrak mittalaite korkeimman mittauspitoisuudenkin Split 2-mittalaitteen jälkeen.

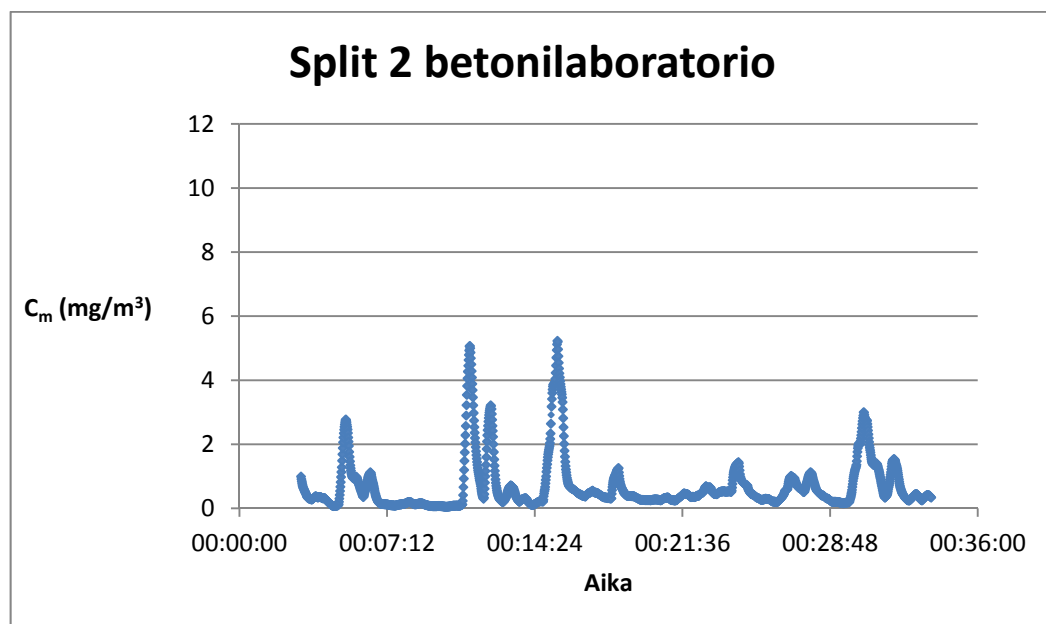
Ero mittaustuloksissa johtuu todennäköisesti mittaustavasta. Mittauksissa Split 2-mittalaitteen pitoisuutta mittaava osa eli mittasensori on laskeuma-kammion sisällä, kun taas DustTrakissa sensori sijaitsee laitteessa, minne näyte tulee laskeumakammioista 0,5 metriä pitkää näyteletkua pitkin. Virtausnopeus DustTrakin näyteletkussa on noin 1 m/s, joten tämä ei selitä täysin mittaustulosten eriaikaisuutta. Mittaustulosten eriaikaisuuteen saattaa vaikuttaa hiukkasten lii-

kenopeus, joka voi olla pienempi kuin ilman virtausnopeus näyteletkussa. Erityisesti isoimpien hiukkasten nopeus sekä niiden epätasainen kulkeutuminen näyteletkussa voi aiheuttaa eron mittaus-tuloksissa. Mittaustuloksissa oleva ero pienenee voimakkaasti ajan kuluessa kun isoimmat hiukkaset ovat laskeutuneet ja hiukkaskoostumus muuttuu homogeenisemmaksi.

Mitattavien hiukkasten siirtyminen kammioista DustTrak mittalaitteelle havaitaan kuvaajassa pitoisuuserona, jota ei synny betonilaboratoriossa suoritetuissa mittauksissa (kuviossa 16) esitetyissä mittauksissa. Betoni laboratoriossa suoritetuissa mittauksissa DustTrak mittalaitteen päähän ei tarvinnut liittää jatko-osia joten mittaustulokset ovat hyvin samanaikaisia kuin Split 2-mittalaitteen.

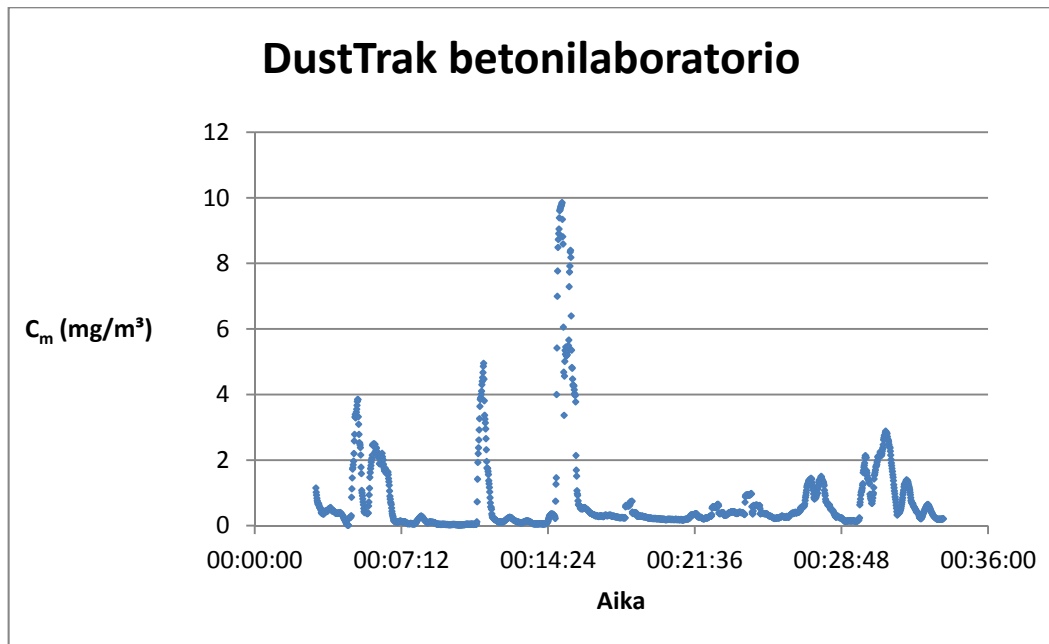
4.3 Betonilaboratorio

Mittausten tallennuksessa käytettiin mittausnopeutta 1 mittaus/sekunti, koska mittalaitteiden mitaamat pitoisuudet vaihtelivat hyvinkin nopeasti. Mittausaika oli noin 30 minuuttia. Mittaustulokset betonilaboratoriossa tehdyistä mittauksista Split 2-laitteella on esitetty kuvioissa 14 - 16



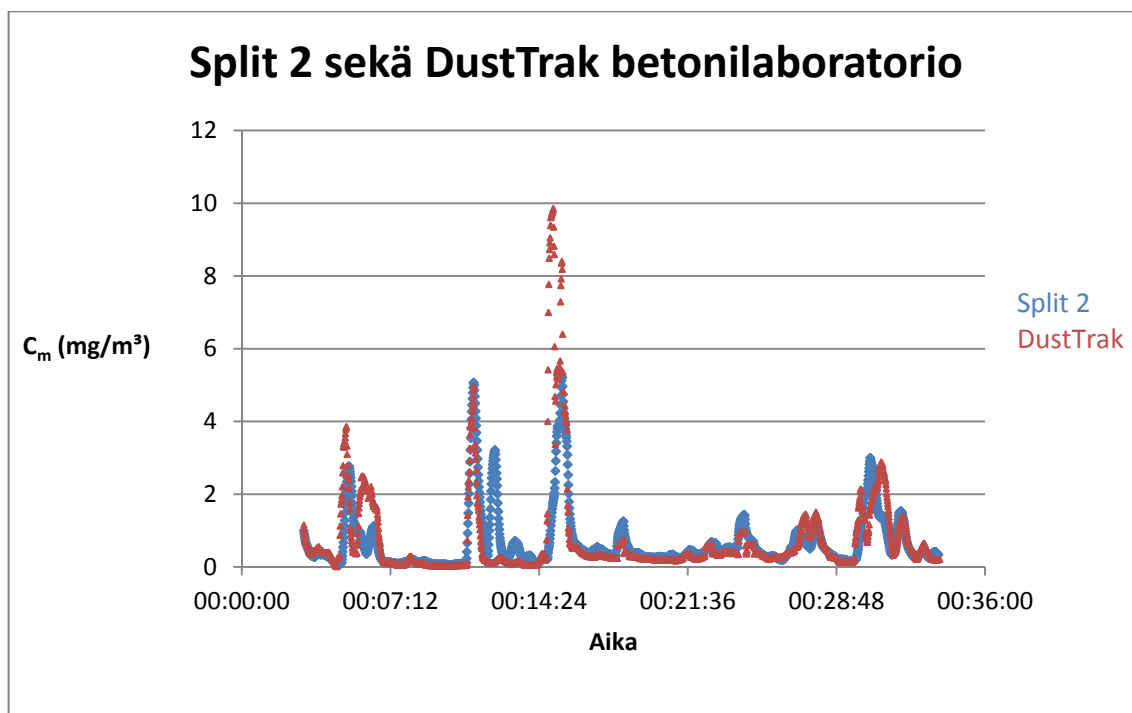
Kuvio 14 : Mittaustulokset betonilaboratoriosta Split 2-laitteella.

Kuviossa 15 on esitetty mittaustulokset betonilaboratoriosta DustTrak mittalaitteella.



Kuvio 15: Mittaustulokset betonilaboratoriosta DustTrakilla mitattuna.

Kuviossa 16 mittaustulokset betonilaboratoriosta on piirretty samalle kuvaajalle, jolloin on mahdollista vertailla mittalaitteiden tulosten yhdenmukaisuutta.



Kuvio 16: Mittaustulokset betonilaboratoriosta Split 2 ja DustTrak mittalaitteilla.

Niin kuin kuviosta 16 voi nähdä, ovat betonilaboratoriossa suoritettuja mittaustulokset hyvinkin samanlaisia, vaikkakin pieniä eroja pitoisuuksissa on havaittavissa. Mittaustulosten pienet eroavaisuudet voivat johtua laitteiden välisistä eroista sekä todellisesta pitoisuuserosta mittauspisteiden välillä.

5. LOPPUPÄÄTELMÄT

Mittaustulosten perusteella Split 2-mittalaitteen tulokset ovat uskottavia ja vertailukelpoisia mittauksissa kontrollilaitteena toimineeseen DustTrakiin verrattuna. Mittalaitteen mittaamat pitoisuudet vastaavat hyvin ilmassa olevaa todellista pitoisuutta. Mielestäni Työterveyslaitos voi ottaa laitteen käyttöön työolosuhteiden laadun kartoittamiseksi. Mittalaitteella voi suorittaa ilmanlaadun pitoisuusmittauksia ja saadut mittaustulokset ovat luotettavia.

Suorittamani mittaukset on tehty passiivi moodia käyttämällä, joten tulosten tarkkuudesta aktiivimoodilla ei ole tietoa. Mielestäni mittalaitteelle tulisi suorittaa samantyyppisiä mittauksia myös aktiivimoodia käyttäen, jolloin saataisiin laitteen kaikki ominaisuudet käyttöön. Suorittamani hiukkaspitoisuusmittaukset tehtiin ArizonaDust hiekkapölyä käyttäen, laitteella voisi suorittaa mittauksia myös esimerkiksi puupölyn pitoisuuksien määrittämiseksi.

Suoritettaessa mittauksia laminaarikaapissa, ei laite missään vaiheessa päässyt aivan yhtä pieniin pitoisuuksiin kuin DustTrak mittalaite. Laitteen maahantuojalta voisi kysyä mielipidettä laitteen tuloksiin pieniä pitoisuuksia mitattaessa.

Split 2-mittalaitteen käyttöohjeen mukaan mittalaitteen tulee olla päällä vähintään kymmenen minuuttia ennen kuin laitteelle suoritetaan automaattinen nollaus. Mielestäni tämä aika saisi olla vähintään 15 minuuttia, sillä laitteen mittaamat pitoisuudet huoneilmapitoisuuksia mitattaessa ovat noin 2-3 kertaa suurempia jos automaattinen nollaus on suoritettu liian aikaisin.

6. LÄHTEET

Tapio Välikylä, Asumisterveysopas, 2009

DustTrak käyttöopas [www-sivu]. [viitattu 19.05.2011]. Saatavissa:
www.hotzonewv.com/PDF/DustTrakManual.pdf

Hengityслиitto [www-sivu]. [viitattu 22.5.2011]. Saatavissa:
www.hengityслиitto.fi/Hengitysilma/Sisailma/Muita-sisailmaongelmia/Asbesti/

Hengityслиitto [www-sivu]. [viitattu 22.5.2011]. Saatavissa:
www.hengityслиitto.fi/Hengitysilma/Sisailma/Muita-sisailmaongelmia/Hiilidioksidi/

Hengityслиitto [www-sivu]. [viitattu 23.5.2011]. Saatavissa:
www.hengityслиitto.fi/Hengitysilma/Sisailma/Muita-sisailmaongelmia/Hiilimonoksidi/

Hiukkasia ilmassa tiedote [www-sivu]. Viitattu 27.5.2011]. Saatavissa:
cdn.fmi.fi/legacy-fmi-fi-content/documents/Hiukkasiailmassa_LR_2.pdf

Hiukkastieto [www-sivu]. [viitattu 27.5.2011]. Saatavissa:
tk232.norfello.com/node/22

Sisäilmayhdistys [www-sivu]. [viitattu 24.5.2011]. Saatavissa:
www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/fysikaaliset_tekijat/

Sisäilmayhdistys [www-sivu]. [viitattu 20.5.2011]. Saatavissa:
www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/kemialliset_epapuhutudet/#VOC

Jukka Starck, Pentti Kalliokoski, Juhani Kangas, Rauno Pääkkönen, Salme Rantanen, Vesa Riihimäki, Anna-Liisa Karhula, Työhygienia, 2008

Säteilyturvakeskus [www-sivu]. [viitattu 24.5.2011]. Saatavissa:
www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/fi_FI/mita_radon_on/

Split2 käyttöopas [www-sivu]. [viitattu 20.05.2011]. Saatavissa:
www.skcinc.com/prod/770-300.asp

Markku Kämäräinen, Jorma Lappalainen, Panu Oksa, Rauno Pääkkönen, Salme Rantanen, Kaija Leena Saarela, Jarmo Sillanpää, Sinikka Soini, Työsuojelun perusteet, 2009

VTT [www-sivu]. [viitattu 26.5.2011]. Saatavissa:
virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/dia_11_2.htm

7. LIITTEET

Split 2 - pikaopas

- Kun olet käynnistänyt laitteen, anna sen levätä 15 minuuttia ennen toimenpiteitä.
- Hiukkaskoon valinta:
Special Functions → System Options → Extended Options → Size Select → Select
 - Respirable**
 - Thoracic**
 - Inhalable**
- Auto-Zero –toiminto:
 - Aktiivinen näytteenotto* - Käytä pumppua jonka virtaama on 2 l/s sekä Zero-suodatinta.
Suorita: Auto-Zero-> Auto Zero
 - Passiivinen näytteenotto* - Vie laite puhtaaseen ilmaan.
Suorita: Auto-Zero -> Auto Zero

HUOM! Mittaussensorin tulee olla puhdistettu ennen Auto-Zeron tekoa!
- Näytteenottotaajuuden valinta:
Special Functions → System options → Sample Rate
 - 1 Sec (6hrs)**
 - 10 Sec (60 hrs)**
 - 1 Min (15 days)**
 - 30 Mins (1 mos)**
- Näytteenotto:
Run → Run – Continue (tallentaa uudelle muistipaikalle)
- Puhdista mittaussensori mittausten jälkeen. Avaa kuoren kolme (3) ruuvia ja käytä puhdasta paineilmaa pölyn poistamiseksi.
- Muistin tyhjentäminen:
Special Functions → System Options → Erase Memory → Yes