

# KUOPION YLIOPISTO

Ympäristötieteet  
KUOPION YLIOPISTO  
PL 1627  
70211 Kuopio



UNIVERSITY OF KUOPIO

## ILMANVAIHTOLAITOSTEN EPÄPUHTAUDET JA NILLE ALTISTUMINEN PUHDISTUSTYÖSSÄ

Kolari Sirpa, Jumpponen Mika, Hyvärinen Markku,  
Luoma Marianna, Merikoski Raisa ja Pasanen Pertti

4/2004

KUOPION YLIOPISTON YMPÄRISTÖTIETEIDEN LAITOSTEN MONISTESARJA

THE UNIVERSITY OF KUOPIO  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCES  
POB 1627, FIN-70211 KUOPIO, FINLAND

ISSN 0786-4728



LOPPURAPORTTI

**ILMANVAIHTOLAITOSTEN EPÄPUHTAUDET JA  
NILLE ALTISTUMINEN PUHDISTUSTYÖSSÄ**

Kolari Sirpa<sup>1,2</sup>, Jumpponen Mika<sup>1</sup>, Hyvärinen Markku<sup>3,5</sup>,  
Luoma Marianna<sup>4</sup>, Merikoski Raisa<sup>2</sup> ja Pasanen Pertti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuopion yliopisto, ympäristötieteiden laitos, <sup>2</sup>VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka,  
<sup>3</sup>Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos,  
<sup>4</sup>Kiinteistöalan koulutuskeskus, <sup>5</sup>Insinööri Studio Oy

Julkaistu Työsuojelurahaston avustuksella



**Julkaisija:**  
**Kuopion yliopiston**  
**ympäristötieteiden laitokset**  
**PL 1627, 70211 KUOPIO**

Julkaisun sarjan nimi ja tunnus  
 Kuopion yliopiston ympäristötieteiden  
 laitosten monistesarja 4/04  
Julkaisu aika  
 Toukokuu 2004

Tekijä(t) toimittaja  Kolari Sirpa, Jumpponen Mika, Hyvärinen Markku, Luoma Marianna, Merikoski Raisa ja Pasanen Pertti	Tutkimuksen nimi <b>ILMANVAIHTOLAITOSTEN EPÄPUHTAUDET JA          NIILLE ALTISTUMINEN PUHDISTUSTYÖSSÄ</b>  Rahoittaja  Työsuojelurahasto
Julkaisun nimeke <b>Ilmanvaihtolaitosten epäpuhtaudet ja niille altistuminen puhdistustyössä</b>  Tutkimuksessa selvitettiin ilmanvaihtolaitosten puhdistajien työperäistä altistumista mineraalikuuduille, hiukkasille, mikrobeille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille yhdeksässä erilaisessa puhdistuskohteessa kenttämittausten avulla. Tutkitut kohteet olivat: toimisto, koulu, päiväkot, huonekalutehdas, pesula, tietoliikennekeskus, liikekeskus, sairaala ja ravintola. Lisäksi selvitettiin puhdistustyön työturvallisuutta ja suojautumiskäytäntöjä puhdistajille ja heidän työnjohtajilleen kohdistetun kyselyn avulla. Lisäksi tutkimuksessa tuotettiin työturvallisuuteen liittyvää tietoa ja materiaalia puhdistajien, asentajien ja purkutyöntekijöiden käyttöön valmisteltavaan työturvallisuusoppaaseen.  Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat altistuvat lähes kaikenlaisissa kohteissa jossain määrin pölylle ja eriste- tai akustiikkamateriaalien mineraalikuuduille. Pöly ja mineraalikuudit olivatkin tutkimuksen mukaan merkittävimmät puhdistajien työperäiset altisteet. Hiukkasille altistuminen oli suurinta suljetuissa ja ahtaissa tiloissa työskenneltäessä, esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden puhaltimien ja kammioiden puhdistuksen yhteydessä. Vähätehoisen epäorgaanisen pölyn HTP-arvo ei kuitenkaan ylittynyt näissä työvaiheissa. Sen sijaan puupölylle annettu HTP-arvo ylittyi huonekalutehtaan yhdessä mittauksessa. Mittauksen aikana puhdistaja imuroi pintakäsittelylinjan poistoilmakammiota sekä puhalsi paineilmalla tehdashallin kiertoilmakoneita. Kuitujen osalta henkilökohtainen altistuminen oli suurinta alas lasketun katon purun ja lämpöeristeiden irrotuksen yhteydessä. Altistuminen mikrobeille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille oli vähäistä tutkituissa kohteissa.  Kyselytutkimuksen mukaan fyysistä kuormitusta puhdistustyössä aiheuttavat eniten jatkuva liikkuminen tai kiipeily, kumarat/kiertyneet työasennot, polvi- tai kyykkyasennossa työskentely sekä kädet koholla työskentely. Ulkopuolelta määräytyvä nopea työtahti sekä tapaturmavaara olivat eniten henkistä kuormitusta aiheuttavat tekijät. Tyypillisimmiksi tapaturman aiheuttajiksi puhdistustyössä ilmoitettiin tikkaiden/telineiden kiinnitys ja kunto, ahtaat työskentelytilat sekä luukkuihin ja kulkuteihin liittyvät tekijät. Yleisimmin tapaturmat olivat olleet pinta- ja viiltovammoja, jotka kohdistuivat kämmeniin ja sormiin.  Alalla ilmeni olevan selkeä tarve koulutusmateriaalista ja työturvallisuusasioihin liittyvästä koulutuksesta. Tutkimus osoitti lisäksi, että työsuojelutoimintaohjelman ja työturvallisuuslain osalta tarvitaan tiedon levittämistä. Työvälineiden osalta toivottiin kevyempiä puhdistuslaitteita, parempien puhdistusmenetelmien kehittämistä erityisesti rasvakanavien puhdistukseen ja tikkaiden kehittämistä tukevimmiksi. Lisäksi vastaukset osoittivat, että ilmanvaihtokoneiden ja kanaviston puhdistettavuutta ei huomioida suunnitelmissa riittävästi ja myös käytännön toteutuksessa on parannettavaa (esim. luukkujen avautuvuus, luukkujen puute, luukkujen sijoittelu, ahtaissa tiloissa työskentely, voimavirran saatavuus, peltiruuvien käyttö).  Tutkimus toi esille paljon uutta, puhdistusalan yritysten hyödynnettävissä olevaa tietoa. Tutkimuksen merkitys korostuu siinä, että kyseessä oli ensimmäinen tämän työntekijäryhmän työolosuhteita selvittänyt tutkimus.	
Avainsanat (asiasanat suomeksi) Ilmanvaihtolaitos, puhdistustyö, altistuminen, työturvallisuus	Luokitus ja/tai indeksointi
ISSN ja avainnimeke 0786-4728	ISBN
Kokonaissivumäärä 72 s + liitteet 28 s Kieli Suomi	Hinta Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja (nimi ja osoite) Marja-Leena Patronen Kuopion yliopisto/ympäristötieteiden laitos PL 1627, 70211 KUOPIO puh. 017-163156, fax. 017-163 191	Lisätietoja



## Esipuhe

Ilmanvaihtolaitosten puhdistajat joutuvat työssään tekemisiin erityyppisten kohteiden kanssa. Osa toimeksiannoista on tavanomaisten tilojen, kuten toimistojen, koulujen ja asuntojen järjestelmien puhdistamista, mutta huomattava osa toimeksiannoista kuitenkin sijoittuu vaativiin puhdistuskohteisiin, kuten sairaaloihin, teollisuuteen ja laboratoriotiloihin, joiden kanavistoissa esiintyvistä epäpuhtauksista ei ole tutkimukseen pohjautuvaa tietoa.

Tutkimushanke ”Ilmanvaihtolaitosten epäpuhtaudet ja niille altistuminen puhdistustyössä” käynnistettiin vuoden 2003 alussa. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa puhdistusalan yritysten ja työntekijöiden käyttöön työturvallisuuteen sekä altistumiseen liittyvää tietoa. Tämä julkaisu käsittelee puhdistajille ja heidän työnjohdolleen suunnatun työturvallisuuskyselyn sekä puhdistuskohteissa tehtyjen kenttämittausten tulokset.

Tutkimus toteutettiin Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksen, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan, Lappeenrannan aluetyöterveyslaitoksen, Kiinteistöalan koulutuskeskuksen sekä puhdistusalan yritysten yhteistyönä. Hankkeen koordinoinnista vastasi Kuopion yliopisto. Tutkijoiden lisäksi tutkimuksen toteuttamiseen osallistuivat laborantti Kaisa Raatikainen Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitokselta ja teknikko Jarmo Laamanen VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta.

Kiitokset mukana olleille ilmanvaihtolaitteistojen puhdistusyrityksille ja heidän edustajilleen: Esa Karjalainen, (Nuohous- ja ilmastointipalvelu Karjalainen Esa Ky), Petteri Virranta (Virranta-yhtiöt), Aaro Seppälä (Oy Lifa Ltd), Vesa Mäkinen (Oy IV-Special Ab), Martti Airasvaara (Lassila&Tikanoja) ja Jouko Airasvaaralle sekä kiinteistöjen omistajille hyvästä yhteistyöstä tutkimuksen kenttävaiheen aikana. Erityiskiitokset puhdistajille, jotka jaksoivat kärsivällisesti kantaa mukanaan mittausvälineitä ja vastaila tutkijoiden kysymyksiin. Kiitokset myös Juhani Jyrkiäiselle (Nuohousalan Keskusliitto). Tutkimuksen rahoittaja oli Työsuojelurahasto (hanke 102372), josta hankkeen valvojana toimi Riitta-Liisa Lappeteläinen.

Kuopiossa toukokuussa 2004

Tekijät





## Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	11
2	KIRJALLISUUSKATSAUS.....	12
	2.1 KUITUJEN NIMEÄMINEN JA MÄÄRITELMÄ .....	12
	2.2 TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN TERVEYSVAIKUTUKSET .....	12
	2.2.1 Teollisten mineraalikulitujen iho- ja hengitystieärsytys .....	12
	2.2.2 Mineraalikulitujen syöpävaarallisuus .....	13
	2.3 ILMAN KUITUPITOISUUDEN ALTISTUMISRAJA-ARVOT ERI MAISSA .....	14
	2.4 KUITUJEN IRTOAMINEN TUOTTEISTA JA LEVIÄMINEN SISÄILMAAN JA PINNOILLE.....	14
	2.5 PÖLYJEN OMINAISUUKSISTA .....	16
	2.5.1 Puupöly .....	17
	2.5.2 Betonipöly.....	18
	2.5.3 Jauhöpöly .....	18
	2.5.3 Huonepöly .....	18
	2.5.4 Pölyaltistuminen siivous- ja kunnossapitotöissä.....	19
	2.6 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN PUHDISTUSTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA OHJEET .....	19
	2.6.1 Määräykset.....	19
	2.6.2 Ohjeet.....	20
3	TYÖN TAVOITTEET .....	21
4	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	21
	4.1 TUTKIMUSKOHTEET JA PUHDISTUSTYÖ.....	21
	4.1.1 Kohdekuvaukset .....	22
	4.1.2 Puhdistusmenetelmät .....	29
	4.2 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	30
	4.2.1 Työturvallisuuskysely.....	30
	4.2.2 Kenttämittaukset .....	30
	4.2.2.1 Mineraalikulidut.....	31
	4.2.2.2 Hiukkaset.....	32
	4.2.2.3 Mikrobit.....	33
	4.2.2.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) .....	34
5	TULOKSET .....	34
	5.1 TYÖTURVALLISUUSKYSELY.....	34
	5.1.1 Vastaaajien taustatietoja.....	34
	5.1.2 Puhdistustyön tilaus- ja tarjouskäytännöt .....	35
	5.1.3 Järjestelmien puhdistettavuus.....	35
	5.1.4 Työmenetelmät ja työympäristö.....	36
	5.1.5 Työtapatuimat.....	39
	5.1.6 Oireilu .....	42
	5.1.7 Suojautuminen.....	42
	5.1.8 Työturvallisuus ja työterveyshuolto.....	42
	5.1.9 Muuta.....	43
	5.2 MINERAALIKUIDUT .....	44
	5.2.1 PPPS – menetelmällä mitatut mineraalikulitupitoisuudet .....	44
	5.2.2 Standardimenetelmällä mitatut mineraalikulitupitoisuudet.....	46
	5.2.3 Laskennalliset mineraalikulitupitoisuudet.....	46
	5.3 HIUKKASET .....	48

5.4 MIKROBIT .....	53
5.5 HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (VOC).....	55
6 TULOSEN TARKASTELU .....	56
6.1 TYÖTURVALLISUUSKYSELY .....	56
6.1.1 Kohderyhmän taustatiedot .....	56
6.1.2 Puhdistettavuus ja koetut työolot.....	56
6.1.3 Käytetyt puhdistusmenetelmät.....	58
6.1.4 Työn kuormittavuus ja tapaturmat .....	58
6.1.5 Työturvallisuuskäytännöt ja työturvallisuuden hallinta .....	59
6.2 ILMANVAIHTOLAITOSTEN EPÄPUHTAUDET .....	61
6.3 EPÄPUHTAUKSILLE ALTISTUMINEN PUHDISTUSTYÖSSÄ .....	61
6.3.1 Mineraalikuidut .....	61
6.3.2 Hiukkaset.....	63
6.3.3 Mikrobit.....	64
6.3.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.....	65
7 YHTEENVETO .....	66
8 LÄHDELUETTELO .....	68
9 LIITTEET .....	72

## 1 JOHDANTO

Ilmanvaihtolaitosten puhdistaja joutuu työssään tekemisiin erityyppisten kohteiden kanssa. Osa toimeksiannoista on tavanomaisten tilojen, kuten toimistojen, koulujen ja asuntojen järjestelmien puhdistamista. Huomattava osa toimeksiannoista kuitenkin sijoittuu vaativiin puhdistuskohteisiin, kuten sairaaloihin, teollisuuteen ja laboratoriotiloihin, joiden kanavistoissa esiintyvistä epäpuhtauksista ei ole tutkimukseen pohjautuvaa tietoa. Tällaisten kohteiden IV-järjestelmässä saattaa esiintyä erilaisia terveydelle vaarallisia epäpuhtauksia, kuten pölyä, asbestia, mikrobeja tai jopa myrkkyjä. Puhdistajien altistumiseen vaikuttaa osaltaan myös työympäristö, jossa puhdistustyötä tehdään (esimerkiksi eristekuidut ullakolla työskenneltäessä).

Puhdistajat joutuvat liikkumaan työssään paljon tikkailla ja telineillä sekä kiipeämään katolle. Siksi työhön liittyy mm. kompastumis-, liukastumis- ja putoamisvaaroja. Puhdistusluukkujen leikkaavat reunat tai terävät ruuvit kanavassa saattavat tehdä viiltoja ja haavoja käsiin tai terävät metallisirut pistävät polvillaan työskenneltäessä. Puhdistajan työskennellessä kanavien sisällä kanavien kannakointi saattaa olla riittämätön kestääkseen puhdistuksen rasitukset. Ilman happipitoisuus voi laskea kanavan sisällä liian matalaksi tai työskentely lämpötila kanavassa saattaa olla korkea. Joissakin tapauksissa saattaa olla pölyräjähdysvaara staattisesta sähköstä johtuen. Myös sähkölaitteiden käyttöön ahtaissa paikoissa liittyy tapaturmariskejä. Ilmanvaihtokojeita ja säätimiä puhdistettaessa joudutaan joskus tekemään myös sähkökytkentöjä, mihin liittyvät riskit on myös tiedostettava. Ilmanvaihtolaitoksen käyttäminen puhdistustyön aikana aiheuttaa vaaratilanteita, jos esimerkiksi tulistettua höyryä päästetään kanavistoon.

Useinkaan puhdistajalla ei ole ennalta tietoa puhdistuskohteen erityispiirteistä, järjestelmässä mahdollisesti esiintyvistä epäpuhtauksista tai tarvittavasta suojautumisesta. Suojainten käyttöön onkin vaikea varautua ja motivoitua, jos työhön liittyviä riskejä ei osata ennakoita. Useat keskustelut puhdistajien kanssa ovat tuoneet esille, että ilmanvaihtojärjestelmien puhdistajat kaipaavat työturvallisuuteen sekä työssä altistumiseen liittyvää tietoa sekä sitä käsittelevää koulutusta. Myös työvälineiden puhdistukseen kaivataan ohjeistusta.

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa puhdistusalan yritysten, asentajien ja purkutyöntekijöiden käyttöön työturvallisuuteen sekä altistumiseen liittyvää tietoa sekä materiaalia työturvallisuusoppaan valmistamiseen. Tutkimuksessa kartoitettiin puhdistustyöntekijöiden työhön liittyviä vaaroja, selvitettiin erityyppisten rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä esiintyviä epäpuhtauksia ja niille altistumista puhdistustyössä.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 KUITUJEN NIMEÄMINEN JA MÄÄRITELMÄ

Kuiduksi kutsutaan partikkelia, jonka pituus suhteessa halkaisijaan on vähintään 3:1, ja sen läpimitta on koko pituudella lähes vakio. Useimmat kuidut ovat siten muodoltaan sauvamaisia. Jotkut kuidut voivat kaventua päistään, kaartua tai niissä voi olla hartsin aiheuttamia pullistumia (Tuomainen 2003). Maailman terveysjärjestö WHO on määritellyt kuidulle seuraavat kriteerit: läpimitan (D) tulee olla  $< 3 \mu\text{m}$ , pituuden (L) tulee olla  $> 5 \mu\text{m}$  sekä pituuden ja läpimitan suhteen tulee olla  $L:D > 3:1$ . Edellä mainitut kriteerit täyttäviä kuituja kutsutaankin WHO kuiduiksi (Schneider 2000).

Yleinen termi synthetic vitreous fibers (SVF) käsittää vaihtelevan joukon amorfisia kuitutuotteita (Vallarino ym. 2003). Nämä kuitutuotteet eroavat toisistaan esimerkiksi tuotteiden käytön ja kuitutyypin mukaan. SVF -tuotteita käytetään mm. äänen- ja lämmöneristeissä, ilmanvaihtolaitteiden ilmansuodattimissa ja komposiittimuovituotteissa ominaisuuksien parantajina. Kuonasta ja kivistä valmistetut SVF-tuotteet ovat lämmönkestoltaan parempia kuin lasista valmistetut tuotteet, joita käytetään lämmöneristeinä korkeissa lämpötiloissa ja palonsuojauksessa. Rakennusteollisuus on tuotteiden laajin käyttäjä, mutta lasista valmistettuja kuitutuotteita käytetään myös kasvualustana kauppapuutarhoissa (Schneider 2000).

MMMF -kuidut (man-made mineral fibre tai teolliset mineraalikuidut) ovat epäorgaanisia kuituja ja niitä valmistetaan useista eri raaka-aineista (Tuomainen 2003). MMVF -kuituryhmä (man-made vitreous fibre) pitää sisällään lasi-, kivi- ja kuonavillakuidut, jatkuvat lasi(filamentti)kuidut, ja RCF -kuidut (refractory ceramic fibers) (Carter ym. 1999, Tuomainen 2003, Vallarino ym. 2003). Eristeteollisuuden järjestö TIMA (Thermal Insulation Manufacturers Association) suosittelee lasikuitujen suhteen termin MMMF:n korvaamista termillä MMVF (Skaug 1996).

### 2.2 TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN TERVEYSVAIKUTUKSET

#### 2.2.1 Teollisten mineraalikuitujen iho- ja hengitystieärsytys

Mineraalivilla- ja lasivillakuituja irtoaa huoneilmaan huonokuntoisista akustiikkalevyistä tai ilmanvaihtokanaviston eristeistä. Pääasiallinen kuidun aiheuttama terveyshaitta on ihoärsytys, joka aiheutuu terävän kuidun tunkeutumisesta ihoon. Kuitumainen lasi voi myös ärsyttää silmiä ja aiheuttaa oireita hengitysteissä. Ensimmäiset raportit lasivillan aiheuttamista iho-oireista on julkaistu jo 1940 - 1950 luvuilla (Puhakka ym. 1993).

Teollisten mineraalikuitujen epäillään aiheuttavan osaltaan ylähengitysteiden sekä silmien ja ihon ärsytysoireita, jotka ovat tyypillisiä sairusrakennusoireita. Kuitujen ärsyttämät limakalvot ovat herkkiä tulehduksille. Ärsytysoireiden kannalta merkityksellisimmät kuidut ovat läpimitaltaan yli  $3 \mu\text{m}$ . Ne laskeutuvat nopeasti huonepinnoille, jotka toimivat toissijaisina kuitulähteinä (Tuomainen 2003).

Teollisten mineraalikuitujen terveysvaikutukset ovat riippuvaisia kuitujen paksuudesta. Halkaisijaltaan alle  $3 \mu\text{m}$  halkaisijaltaan kuidut ovat tarpeeksi pieniä kulkeutuakseen keuhkoihin

saakka (Carter 1999, Schneider 2000, Tuomainen 2003) Aritmeettinen keskiarvo kuidun halkaisijalle vaihtelee lasivillatuotteissa 1-8  $\mu\text{m}$ :n välillä ja kivi- ja kuonavillan osalta vaihtelu on 2-5  $\mu\text{m}$  luokkaa (Carter ym. 1999).

Ilman kuitujen (ja muiden partikkelien) pääsy keuhkoihin riippuu kuidun aerodynaamisesta halkaisijasta ja kuidun pituudesta. Partikkelin aerodynaamisen halkaisijan mukaan on määritetty ylempi raja, jolloin pallomainen 10  $\mu\text{m}$ :n halkaisijan omaava partikkeli voi saavuttaa keuhkojen ilmatilan. Aerodynaaminen halkaisija monille MMVF –kuiduille on noin 3,5 $\mu\text{m}$ , johtuen niiden yksilöllisestä muodosta. Ainoastaan ne kuidut, joiden halkaisija on alle 3  $\mu\text{m}$  voidaan lukea hengitettäviin kuituihin (Carter ym. 1999).

### 2.2.2 Mineraalikuitujen syöpävaarallisuus

Altistumista mineraalikuiduille on tutkittu useassa mineraalivillatuotteita valmistavassa tehtaassa ympäri maailmaa. Tutkimuksissa on keskitytty kivi-, kuona (RSW)-, lasi (GW)- ja jatkuvan lasifilamentin (CF) valmistuksessa syntyvän mineraalivillapölyn syöpävaarallisuuden tutkimiseen villatuotteita valmistavien tehtaiden työntekijöillä. Simonato ym. (1986), De Vuyst ym. (1995), Sali ym. (1999), Marsh ym. (2001a), Marsh ym. (2001b), Marsh ym. (2001c), Stone ym. (2001), Youk ym. 2001 ja Chiaze ym. (2002) tutkimusten perusteella ei ole olemassa pitäviä todisteita mineraalikuitujen syöpävaarallisuudesta. Altistumisen lasi-, kivi- ja kuonavillalle ei ole todettu lisäävän keuhkofibroosiin, hengitysteihin liittyvän syövän, mesotelioman, keuhkopussin vioittumisen, keuhkopussin tuumoreiden tai ei- spesifisten hengityselinsairauksien esiintymistä ihmisellä. Lisäksi tutkimuksissa todettiin, ettei kuolleisuus useimpiin kasvaimia muodostaviin tauteihin näytä olevan yhteydessä MMVF – tuotteiden valmistusteollisuudessa työskentelemiseen.

Kansainvälinen syövätutkimuslaitos IARC luokitteli 1998 eristevillat (lasivilla, kivivilla ja kuonavilla) ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi (luokka 2B) (De Vuyst ym. 1995, ILO 2001). Lokakuussa 2001 Kansainvälinen syövätutkimuslaitos (IARC) arvioi synteettisten mineraalikuitujen syöpävaarallisuuden siten, että mahdollisesti syöpää aiheuttavia ovat erikoislasi- ja keraamiset kuidut (luokka 2 B). Eristevillat (lasi-, vuori-, kivi- ja kuonavilla) sekä lasifilamentti ovat tässä arvioissa muutettu aiemmasta luokituksesta 2 B luokkaan 3 eli syöpävaarallisuus ei ole tutkimustiedon perusteella luokiteltavissa (<http://www.occuphealth.fi/ttl/osasto/tt/aerosoli/antinluento.htm>, <http://www.iarc.fr/>).

IARC on luokitellut asbestin ryhmään 1. eli karsinogeeniseksi ihmiselle. Asbestille altistuminen voi aiheuttaa keuhkosyöpää, asbestoosia ja keuhkopussin sairauksia (Asumisterveysohje 2003). Tupakointi moninkertaistaa asbestin syöpäriskin (<http://www.asbrak.fi/asbesti/>). Asbestikuidut ovat läpimitaltaan 0,03 – 3  $\mu\text{m}$ . (Asumisterveysohje 2003). Koska asbestikuidut voivat haljeta pitkittäin, syntyy tuloksena ohuempia kuituja ( $\ll 1,0 \mu\text{m}$ ), jotka voivat kulkeutua keuhkoissa syvemmälle. Mineraalikuidut sen sijaan hajoavat ainoastaan poikittain ja tuottavat saman halkaisijan omaavia lyhyempiä kuituja (Carter ym. 1999). Asbestikuitujen pitkittäinen halkeaminen johtuu asbestin kiteisestä (kristallisesta) rakenteesta kun mineraalikuitujen rakenne on kiteetön (amorfinen) (Vallarino ym. 2003).

### 2.3 ILMAN KUITUPITOISUUDEN ALTISTUMISRAJA-ARVOT ERI MAISSA

Taulukossa 1. on esitetty altistumisen raja-arvot ja raja-arvojen säädökset 14 eri maassa. Lyhenne EL tulee sanoista exposure limit ja on suomennettu altistumisen raja-arvoksi. EL<sup>1</sup> tarkoittaa hengitettävien (< 3 µm) kuitujen pitoisuuden raja-arvoa ilmassa (kuitu/cm<sup>3</sup>). EL<sup>2</sup> tarkoittaa altistumisen raja-arvoa pölyn massapitoisuudelle ilmassa (mg/m<sup>3</sup>). Ainoastaan maakohtaiset altistumisen raja-arvot on ilmoitettu (ILO 2001).

Taulukko 1. Altistumisen raja-arvot (EL) ja raja-arvojen säädökset eri maissa

Maa	EL <sup>1</sup> (kuitu/cm <sup>3</sup> )	EL <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	Säädös tai kommentti
Australia	0,5	2,0	Altistumis-standardin TWA
Itävalta	0,5	-	WHO – metodi
Tanska	1,0	-	IARC 2B, Direktiivi 97/69/EC
Suomi	-	10,0	Direktiivi 97/69/EC
Ranska	1,0	-	8 tunnin TWA –arvo
Saksa	-	6,0	Vaarallisten aineiden säädös, Annex V, No. 7.1.(1)
Saksa	0,25	-	Villatuotteiden tuotannolle ja käytölle
Italia	<1,0	5,0	Kuidun halkaisija alle 3 µm
Japani	-	2,9	Työministeriön ohjeita lasi- ja kivivillalle, ACL
Alankomaat	2,0	-	8 tunnin TWA –arvo
Norja	1,0	-	Ei virallista luokitusta, IARC 2B
Ruotsi	1,0	-	Direktiivi 97/69/EC
Sveitsi	0,5	-	WHO – metodi
Iso-Britannia (UK)	2,0	5,0	8 tunnin TWA –arvo
Yhdysvallat	1,0	-	OSHA ( Occupational Safety and Health Administrative) , IARC 2B

(ILO 2001). TWA= aikapainotettu keskiarvo, ACL = hallinnollinen ohjearvo.

### 2.4 KUITUJEN IRTOAMINEN TUOTTEISTA JA LEVIÄMINEN SISÄILMAAN JA PINNOILLE

Sisäilman MMVF – kuitupitoisuuksia on kartoitettu Euroopassa Carterin ym. (1999) mukaan kuudessa tutkimuksessa. Tutkittavissa rakennuksissa oli MMVF – kuitueristeisiä akustiikkalevyjä välikatossa tai MMVF – kuitueristeitä oli ruiskutettu välikattoon. Tutkimuksissa kuidut, jotka huomioitiin olivat hengitettäviä kuituja ( D < 3µm, L > 5µm ). Kuidut oli laskettu optisella faasikontrastimikroskoopilla (PCOM).

Hengitettävien MMVF – kuitujen sisä- ja ulkoilmapitoisuudet erilaisissa tutkimusympäristöissä on esitetty taulukossa 2. Taulukkoon on koottu kaikkiaan 466 rakennuksessa vuosina 1985 – 1995 tehtyjen hengitettävien MMVF – kuitujen pitoisuudet kahta kuitujen laskentamenetelmää käyttäen.

Taulukko 2. Sisä- ja ulkoilman hengitettävien kuitujen pitoisuudet erilaisissa tutkimusympäristöissä Carter ym. (1999) täydennettynä.

Lähdeviite	Näyte ja rakennustyyppi	Näytteen- ottoaikka	Menetelmä	Kuitupitoisuus (kuitu/cm <sup>3</sup> )
Rindel ym. (1987)	12 päiväkotia	Sisäilma	PCOM	alle 0,001
Gaudichet ym. (1989)	79 rakennusta	Sisäilma	PCOM	0-0,0062
Nielson & Schneider (1987)	105 rakennusta	Sisäilma	PCOM	0-0,002
Schneider ym. (1990)	16 koulua	Sisäilma	PCOM	0-0,0002
Van Der Wal ym. (1987)	Asuntoja <sup>1)</sup>	Sisäilma	PCOM	Ennen 0,011, jälkeen 0,004
Jacob ym. (1992)	74 kotia	Sisäilma	PCOM	0 - 0,002
Altree ym. (1985)	19 toimistoa	Sisäilma	SEM	0-0,013
Tiesler ym (1993)	134 rakennusta	Sisäilma	SEM	0-0,038
Fischer (1993)	7 toimistoa	Sisäilma	SEM	0,0003
Dodgelson ym (1987)	10 kotia <sup>1)</sup>	Sisäilma	PCOM	0,0046 - 0,0134
Dodgelson ym. (1987)	10 kotia <sup>1)</sup>	Sisäilma	SEM	0,0001 - 0,0003
Miller ym.(1995)	14 kotia	Sisäilma	PCOM	0,002 - 0,015
Miller ym.(1995)	14 kotia	Sisäilma	SEM	alle 0,01
Gaudichet ym. (1989)	18 näytettä	sisä/ ulkoilma	PCOM	alle 0,0001
Tiesler ym. (1993a,b)	39 näytettä	sisä/ ulkoilma	SEM	0,00499
Fischer (1993)	-	sisä/ ulkoilma	SEM	0,0017

PCOM = Optinen faasikontrastimikroskooppi, SEM = Pyyhkäisyelektronimikroskooppi,

<sup>1)</sup> = eristystyötä.

Arvioitaessa mahdollista hengitettävien mineraalikuitujen aiheuttamaa kuitualtistusta (huoneiden katossa olevat äänieristeet), on osoitettu että villatuotteista peräisin oleva kuitupitoisuus huoneilmassa on 100 kuitua/m<sup>3</sup> (= 0,0001 kuitua/cm<sup>3</sup>) (Fischer 1993).

Taulukossa 3. on esitetty hengitettävien eristevillakuitujen ilmapitoisuuksia. Hengitettävien eristevillakuitujen ilmapitoisuuksien odotetaan olevan vähemmän kuin 0,5 kuitua / cm<sup>3</sup> (aikapainotettu keskiarvo) ja hengitettävän pölyn pitoisuus alle 1,0 mg / m<sup>3</sup> villatuotteiden valmistuksen ja käytön aikana.

Taulukko 3. Hengitettävien eristevillakuitujen ilmapitoisuudet erilaisissa ympäristöissä.

Mineraalikulupitoisuus (kuitu/cm <sup>3</sup> )	Sijainti / käyttö
< 0,0001*	Ulkoilma (maaseutu), rakennukset (lämmön eristeet)
0,0001-0,001*	Ulkoilma (suuret kaupungit), rakennukset (alas lasketun katon eristeet), ilmanvaihtojärjestelmä
0,001-0,01 (Karkeat alas lasketun katon lasikuitueristeet)	Villatuotteiden valmistus ja käyttö, rakennuksissa ja ilmastointikanavassa joitakin villaeristeiden vaurioita
0,01-0,1 Lasivilla, kivi- ja kuonavilla alas lasketun katon eristeet	Villatuotteiden valmistaminen ja sekundäärituotanto Rakennusten vakavat rakennevahingot
0,1-1 Kivivilla, lasivilla	Jotkin villatuotteiden sekundäärituotannosta ja villatuotteiden käyttäminen teollisuudessa
> 1,0 Irtonaiset lasi- ja kivivillat Lasi- ja kivivillat ilman pölyn suojaa	Villatuotteiden puhallus ullakolle. Villatuotteiden tuotanto ja käyttö.

\* Pitoisuus arvioitu TEM – määrittäksin, (ILO 2001)

Thriene ym. (1996) tutkivat mineraalikulupitoisuuksista neljässä kaupassa. Lisäksi työntekijöiltä kysyttiin heidän terveysongelmistaan vuoden 1994 alussa. Tutkimuksen mukaan 79 työntekijää 133:sta kauppojen työntekijästä valittiä kutinaa, silmien polttelua ja punoitusta ja ylempien hengitysteiden ärsytystä. Kuidut määritettiin VDI 3492 menetelmällä. Tutkimuksessa tutkittiin läpimitaltaan alle 3 µm:n (hengitettävä fraktio) ja yli 3 µm:n mineraalikulupitoisuudet. Toimistoilman kuitupitoisuus (hengitettävä pitoisuus) vaihteli välillä 1000 – 3500 kuitua/m<sup>3</sup>. Yli 3 µm:n kuituja havaittiin 100 – 300 kuitua/m<sup>3</sup> (Thriene ym. 1996, Schneider 2000).

Schneider ym. (1990) tutkivat julkisessa rakennuksessa hengitettävän ja ei hengitettävän pölyn pitoisuuksia 105 huoneen sisäilmassa. Huoneissa oli käytetty erilaisia MMMF – materiaaleja katon eristeissä. Ei hengitettävien kuitujen pitoisuudet vaihtelivat 0 – 400 kuitua/m<sup>3</sup> huoneiden kattomateriaalista riippuen (Schneider ym. 1990).

## 2.5 PÖLYJEN OMINAISUUKSISTA

Noin puolet suomalaisista työntekijöistä altistuu työympäristön epäpuhtauksille tai työssä käytetyille kemikaaleille. Yleisimpiä työympäristön kemiallisia haittoja ovat pölyt (1,2 miljoonaa altistunutta), puhdistusaineet (690 000 altistunutta) ja liuottimet (500 000 altistunutta) (Heikkilä ja Kauppinen, 2003).

Pölyt koostuvat hiukkasista, joiden koko ja koostumus vaihtelee. Hiukkasen kyky leijua ilmassa tai laskeutua pinnoille riippuu sen koosta. Myös kulkeutuminen ilmapirtausten mukana ja depositio hengitysteissä ovat siitä riippuvaisia. Hiukkaset ryhmitellään aerodynaamisen halkaisijan mukaan hienoihin ja karkeisiin hiukkasiin, jossa rajana pidetään 2 µm (Hinds 1982).

Hiukkaset voidaan jaotella eri kokoluokkiin myös sen mukaan mihin osaan hengitysteitä ne kulkeutuvat. Hiukkaset voivat kiinnittyä suun, nenän ja kurkunpään alueelle, henkitorveen ja keuhkoputkien alueelle tai keuhkorakkuloiden alueelle (EPA 1996). Hiukkaset, joiden



aerodynaaminen halkaisija on yli 10 µm, takertuvat tehokkaasti nenänieluun ja ylähengitysteihin. Vain alle 5 µm:n hiukkaset pääsevät keuhkoihin (sisään hengittyvä fraktio) (Kalliokoski ym. 1992).

Haitalliseksi todetut pitoisuudet eli HTP- arvot ovat pienimpiä ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden Sosiaali- ja terveysministeriö katsoo voivan vahingoittaa työntekijää työturvallisuuslaissa (738/2002) 37 §:ssä tarkoitetulla tavalla (HTP-arvot 2002). Taulukkoon 4 on koottu yleisimpien työilman pölyjen HTP-arvot.

Taulukko 4. Yleisimpiä eri työympäristöjen pölyjä ja niiden HTP-arvot.

Pöly	Toimiala/kohde	HTP <sub>8h</sub> -arvo (mg/m <sup>3</sup> )
Puupöly	Sahat, rakennuspuusepän teollisuus, huonekalujen valmistus	5
Betonipöly (rakennuspöly)	Korjaus- ja uudisrakentaminen	10
Kvartsipöly	Talon- ja maanrakennus, kaivokset, louhokset, kiviteollisuus, valimot, tiilien ja keramiikan valmistus	0,2
Jauhöpöly	Elintarvike- ja rehuteollisuus, leipomot	5
Epäorgaaninen pöly		10
Orgaaninen pöly		5

### 2.5.1 Puupöly

Puupöly on yleinen altiste erityisesti rakennusalan työpaikoilla. EU-maissa altistuneita on tuoreen arvion mukaan 3-4 miljoonaa, ja Suomessa altistuneiden määrä on yli 60 000 (3 % työssäkäyvistä suomalaisista). Arvioon on laskettu mukaan myös matalille pölypitoisuuksille altistuvien määrä. Lukumäärällisesti eniten altistuneita on rakennusalalla, jossa altistuvia ryhmiä ovat mm. kirvesmiehet, parkettiasentajat ja osa kalusteasentajista. Yleisintä puupölylle altistuminen on luonnollisesti puu- ja huonekaluteollisuudessa, joissa 60-90 % työntekijöistä altistuu puupölylle jatkuvasti tai ajoittain. Valtaosa suomalaisista (noin 60 000) puutyöntekijöistä altistuu pehmyt puupölylle (mänty-, kuusi- ja muiden havupuiden pöly). Kovapuupölyille (koivu, tammi, pyökki, ja muiden lehtipuiden pöly) altistuneita on lukumäärällisesti vähemmän. Puulevyjen pölylle (vaneri, lastulevy, MDF-levy) altistuu lisäksi varsin moni työntekijä (noin 45 000) (Kauppinen 2003). Työpaikoilla, joilla esiintyy puupölyä on myös muita altisteita, kuten maalien, liimojen ja puunsuoja-aineiden aineosia ja mikrobeja. Kyseessä on siis useimmiten seka-altistus, mikä vaikeuttaa terveysvaikutusten arviointia.

Puupölyn haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP-arvo) on Suomessa 5 mg/m<sup>3</sup>. EU on asettanut kovapuupölyille sitovan raja-arvon 5 mg/m<sup>3</sup>, jota sovelletaan myös Suomessa. Kovapuiden raja-arvon asettamiseen vaikuttivat tiedot kovapuiden, erityisesti tammen ja pyökin syöpävaarallisuudesta. Puupölyn syöpävaarallisuus ja herkistävyys riippuvat puulajista, mutta tavallisin kaikkiin puupölyihin liittyvä terveyshaitta on kuitenkin hengitysteiden ärsytys, jota voi ilmetä jo, kun pitoisuus ylittää 0,5 mg/m<sup>3</sup> (Kauppinen 2003). Kasanen ym (2001) osoittivat, että mäntypuupöly on biologisesti aktiivisempaa kuin koviin puulajeihin kuuluvien koivun ja pyökin pöly, ainakin immunologisten solujen aktivaatiossa ja hengitysteiden fysiologisissa reaktioissa, kuten ärsyttävyydessä. Eri toimialoilla suurimpia puupölypitoisuuksia on mitattu sahoilla tukkien

kuorinnasta, tasauksesta ja paketoinnista, vaneriatehtailla huoltotöistä, puutuotteiden valmistuksesta erityisesti parketin ladonnasta sekä huonekalujen valmistuksesta, sahauksesta, hionnasta ja muusta koneistuksesta (Liukkonen 2003).

### 2.5.2 Betonipöly

Rakennustyömaiden pöly on pääosin betonipölyä. Betoni koostuu sementistä, kiviaineksesta, mahdollisista lisäaineista ja vedestä. Betonin kiviaines on kvartsipitoista ja kiviaineksista riippuen betoni- ja muu rakennuspöly sisältää muutamia prosentteja kvartssia (<http://www.ttl.fi>, hakusana: betonipöly). Uudisrakennustyömailla on mitattu jopa  $1\,030\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  pölypitoisuuksia työmaiden ilmasta. Pölyisillä työmailla myös ilmanvaihtokanavien sisäpinnat likaantuvat ellei niitä ole suojattu asianmukaisesti (Kolari ja Luoma 2001). Tätä tukee havainto, että tuloilmakanavien sisäpinoilta on määritetty hiekka- ja kivipölyä 74 %:ssa ja laasti- ja betonipölyä 61 %:ssa tutkituista kanavista (Puhakka ym. 2003). Emäksisyytensä takia betonipöly ärsyttää hengitysteitä ja ihoa, lisäksi se sisältää kvartssia. Kvartsipöly aiheuttaa pitkäkestoisessa voimakkaassa altistumisessa pölykeuhkosairauden. Kvartsipöly on myös syöpää aiheuttava altiste (<http://www.ttl.fi>, hakusana: betonipöly).

Ontelolaattoja käytetään osana ilmanvaihtokanavistoa joissakin kiinteistöissä. Ontelolaatat ovat betonista valmistettuja laattoja, joiden sisällä on nimensä mukaisesti ontelo. Onteloiden sisälle on jäänyt usein onteloiden valmistamisesta peräisin olevaa betonipölyä, joka sisältää sekä karkeita että hienoja hiukkasia. Joissakin kiinteistöissä ontelolaattakanavat on havaittu sisäilman hiukkaslähteiksi ellei kanavaa ole huolellisesti puhdistettu. Ontelolaattojen pölyn on todettu aiheuttaneen tilojen käyttäjillä silmän sidekalvon ärsytysoireita (Saarinen 1997).

### 2.5.3 Jauhopöly

Jauhojen käsittelyssä syntyvä pöly sisältää hyvin erilaisia ainesosia. Elintarvike- ja rehuotannossa käytetyt jauhot valmistetaan usein vehnästä, ohrasta, kaurasta ja rukiista. Lisäksi käytetään muita jauheita, kuten maito- ja tärkkelysjauhoja sekä maku- ja lisäaineita. Jauhopölyn hiukkaskoko vaihtelee  $1\text{--}250\ \mu\text{m}$ . Jauhopöly on merkittävä astman ja allergisen nuhan aiheuttaja. Lisäksi pöly ärsyttää hengityselimiä ja ihoa. Jauhopöly sisältää lisäksi allergeeneja, joista tärkeimpiä ovat viljan valkuaisaineet. Muita allergian aiheuttajia jauhoissa voivat olla punkit, hyönteiset, sienet, bakteerit, homeet ja jyrksijöiden ulosteet tai jauhojen lisäaineet (Kalliokoski ym. 1992).

### 2.5.3 Huonepöly

Tavallinen huonepöly on ilmassa leijuvien ja pinnoille laskeutuvien orgaanisten ja epäorgaanisten hiukkasten kooste. Pöly tulee rakennukseen vuotoilman mukana suoraan ulkoilmasta, ilmanvaihdon kautta tuloilman mukana ja rakennuksen käytöstä johtuen sisäisinä päästöinä. Leijuvan pölyn pitoisuuden on todettu vaihtelevan yleensä välillä  $50\text{--}100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Haahtela ja Reijula 1998). Luoman ja Ruotsalaisen (1999) tutkimuksessa seitsemän toimistokiinteistön sisäilman kokonaispölypitoisuus vaihteli välillä  $5\text{--}20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pölypitoisuuden voivat olla hetkellisesti tai jatkuvasti paljon suurempiakin riippuen rakennuksen sijainnista, ilmanvaihdon toiminnasta ja rakennuksessa tapahtuvasta toiminnasta.

### 2.5.4 Pölyaltistuminen siivous- ja kunnossapitotöissä

Pölyaltistumista ja pölyn terveysvaikutuksia on tutkittu paljon eri ammattiryhmillä, joilla on työympäristössään jokin tietty altiste, esim. puupöly tai jauhopöly. Samoin hienopölyn (pienihiukkasten) terveysvaikutuksia tutkitaan nykyään intensiivisesti, mutta siivous- ja kunnossapitotöissä toimivien työntekijöiden altistumista huonepölylle on tutkittu erittäin vähän. Kodinhoitajien hengitystieoireita ja työperäistä altistumista sisäilman allergeeneille on tutkittu. Tutkimuksessa mitattiin kissa-, koira- ja huonepölypunkki-allergeeneja kodinhoitajien työpaikkojen laskeutuneesta pölystä. Pölypitoisuuksia ilmassa ei kuitenkaan määritetty (Merikoski 1999). Täten kirjallisuudesta ei löydy viitearvoja, joihin tässä tutkimuksessa saatuja mittaustuloksia voisi verrata.

Ilmanvaihdon puhdistajien työssä on useita eri vaiheita, joissa altistutaan pölylle. Ilmanvaihtokanavat kulkevat yleensä näkymättömissä erilaisissa vaikeakulkuisissa tiloissa kuten ullakoilla, pystykuiluissa ja alaslaskettujen kattojen yläpuolella. Näissä rakennuksen osissa ei yleensä ole ilmanvaihtoa, eivätkä ne kuulu normaalin siivoustoiminnan piiriin. Tilat ovat usein olleet vuosia, jopa vuosikymmeniä koskemattomina ja käyttämättöminä ennen puhdistajien tuloa. Näihin tiloihin ja rakenteisiin on jäänyt rakennusaikaista likaa ja pölyä, ja lisäksi niihin on vuotoilman mukana kulkeutunut pölyä sekä ulkoilmasta että sisäilmasta. Joskus tiloissa on myös epäpuhtauslähteitä, esim. kosteusvaurioita, joista ilmaan ja laskeumapinnoille on kertynyt mikrobeja tai muita epäpuhtauksia. Tällaisen rakennuspölyn koostumuksesta ja/tai pitoisuuksista ei ole tutkittua tietoa.

Rakennuspölyn lisäksi puhdistustyöntekijät altistuvat tavanomaiselle huonepölylle, jota on kertynyt erityisesti poistoilmajärjestelmään, avointen alaslaskujen päälle ja kanaviston osien päälle.

Ulkoilman epäpuhtaudet (liikenteen ja teollisuuden päästöt, siitepöly jne) kertyvät pääosin tuloilmakoneen suodattimille. Koneita puhdistettaessa ja suodattimia vaihdettaessa puhdistajat altistuvat näille epäpuhtauksille.

## 2.6 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN PUHDISTUSTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

### 2.6.1 Määräykset

Suomessa on annettu ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja puhtautta koskevia määräyksiä ja ohjeita lähinnä paloturvallisuuskulmasta. Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmiä on puhdistettu vapaaehtoisesti, kun rakennusten hyvän sisäilman laadun merkitys on ymmärretty.

Koska määräykset perustuvat paloturvallisuuskäyttöön, niin ne kohdistuvat harvoin rakennuksen tuloilmajärjestelmään, vaikka sillä on huomattavasti suurempi vaikutus sisäilman laatuun. Aiemman Sisäasiainministeriön määräyksen (06.03.1995) mukaan ilmanvaihtolaitoksen puhtaus oli tarkistettava paloturvallisuuden ylläpitämiseksi määrävälein niin, että rakennukset oli luokiteltu yhden, viiden ja kymmenen vuoden välein tarkastettaviin. Puhdistus tuli suorittaa tarkastuksessa tarpeellisiksi katsotuilta osin. Tämä tarkoitti sitä, että tarvittaessa tarkastajalla (paloviranomainen) oli oikeus ja velvollisuus määrätä puhdistus toteutettavaksi.

Vuonna 2001 annetun Sisäasiainministeriön asetuksen (n:o 802/2001) mukaan puhdistus on määrätty pakolliseksi seuraavan luokituksen mukaisesti:

*Vuosittain puhdistettavat ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot*

Kerran vuodessa tulee puhdistaa:

- 1) ammattimaisten ruuanvalmistuspaikkojen ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot;
- 2) ruiskumaalaamon, puusepäntehtaan ja –liikkeen, tekstiilitehtaan, pesulan, leipomon ja savustamon ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot, sekä ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot, jotka ovat sellaisessa teollisuus- tai muussa tilassa, missä ilmanvaihtokanaviin kertyy runsaasti herkästi paloa levittäviä aineita;
- 3) ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot huonetilassa, jossa teollisesti valmistetaan tai käytetään palavaa nestettä.

*Viiden vuoden välein puhdistettavat ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot*

Vähintään viiden vuoden välein tulee puhdistaa:

- 1) sairaalan, vanhainkodin ja suljetun rangaistuslaitoksen ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot;
- 2) päivähoitolaitoksen, koulun, hotellin, lomakodin, asuntolan ja ravintolan ilmanvaihtokanavat ja –laitteistot.

## **2.6.2 Ohjeet**

Sisäilmastoluokituksessa 2000 (Sisäilmayhdistys 2001) on annettu ohjeita, jotka tähtäävät hyvälaatuisen sisäilmaston luomiseksi. Näissä ohjeissa kehoitetaan tarkastamaan tuloilmakanaviston puhtaus viiden vuoden välein. Puhtausluokille P1 ja P2 on annettu ohjeellisia arvoja tuloilmakanavissa esiintyville pölykertymille. Puhtausluokassa P1 tuloilmakanavat tulee puhdistaa, mikäli pölykertymä ylittää  $2 \text{ g/m}^2$  kanavan alapuolisella pinnalla ja vastaavasti muiden kuin P1 luokan järjestelmien pölykertymä ei saisi ylittää  $5 \text{ g/m}^2$  (Sisäilmayhdistys 2001). Pölyn pintakertymän määrittämisessä tulee käyttää suodatinnäytteenottomenetelmää kanavan alapuoliselta pinnalta.

### 3 TYÖN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa puhdistusalan yritysten ja työntekijöiden käyttöön työturvallisuuteen sekä altistumiseen liittyvää tietoa. Tutkimuksen osatavoitteina olivat:

- 1) kartoittaa puhdistustyöntekijöiden puhdistustyöhön liittyvät vaarat.
- 2) selvittää erityyppisten rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä esiintyvät epäpuhtaudet ja niille altistuminen puhdistustyössä.
- 3) etsiä keinoja ilmanvaihtojärjestelmien ja työympäristön epäpuhtauksilta suojautumiseen.
- 4) tuottaa tietoa ja materiaalia puhdistajien, asentajien ja purkutyöntekijöiden käyttöön valmistettavaan työturvallisuusoppaaseen. (Opas julkaistaan erillisenä).

### 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 4.1 TUTKIMUSKOhteet JA PUHDISTUSTYÖ

Puhdistajien altistumista selvitettiin kenttämittauksilla 9 kohteessa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyön aikana. Tutkimuksessa oli mukana 4 puhdistusalan yritystä, joiden toimeksiantojen joukosta kohteet valittiin. Kohteet sijoituivat pääasiassa Kuopion seudulle, mutta yksi kohteista sijaitti Kuusamossa ja yksi Helsingissä. Tutkimukseen pyrittiin ottamaan mukaan mahdollisimman erilaisia kohteita, jotta puhdistajien työkenttä saataisiin selvitettyä kattavasti. Kohteiden valinnassa hyödynnettiin taulukkoa 5, jossa on kuvattu erityyppisten kohteiden ilmanvaihtojärjestelmissä esiintyviä epäpuhtauksia. Taulukko on koottu tutkimusryhmän asiantuntemuksen pohjalta hankkeen valmisteluvaiheessa. Jokaisessa kohteessa pyydettiin kiinteistön omistajalta lupa tutkimuksen suorittamiseen. Tutkitut kohteet olivat toimisto, koulu, päiväkot, huonekalutehdas, pesula, tietoliikennekeskus, liikekeskus, sairaala ja ravintola.

Taulukko 5. Tulo- (T) ja poistoilmakanavistossa (P) todennäköisesti esiintyviä epäpuhtauksia.

Puhdistuskohde	Mikrobit	Hiukkaset	Kemialliset yhdisteet	Kuidut	muut
Toimisto/koulu/päiväkoti	T	T/P	-	-	-
Automaalaamo	T	T/P	P	P	asbesti
Puuverstas	T	T/P	-	-	puupöly
Öljynjalostamo	T	T/P	P	-	-
Ravintolasali/keittiö	T	T/P	-	-	tupakansavun jäämät/rasva
Leipomo	T	T/P	-	-	lisäaineet
Sairaala/sairaalan pesula	T/P	T/P	P	P (pesula)	-
Laboratoriotilat	T/P	T/P	P	-	-
Lääketeollisuus	T	T/P	P	-	-

- = epäpuhtautta ei todennäköisesti esiinny kohteessa.

#### 4.1.1 Kohdekuvaukset

Rakennus A oli suuri toimistorakennus kaupungin keskustassa. Puhdistusurakkaan kuului rakennuksen yhden osan tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus. Rakennuksen muut osat oli puhdistettu jo aiemmin. Puhdistustyö tehtiin keväällä (5/2003). Kohteessa työskenteli 2-3 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 4 viikkoa. Puhdistus tehtiin päivätyönä ja rakennus oli normaalikäytössä puhdistustyön aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät pääasiassa toimistohuoneissa ja käytävillä (Kuva 1).

<p><b>Rakennus A:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1989          Bruttoala: 8 760 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 44 500 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 4 + kellari          Käyttötarkoitus: Virastotalo          Julkisivu: Betonielementti          Kattomuoto: tasakatto          Sijainti: kaupungin keskusta</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto, ilmamääräsäätäinen (IMS) järjestelmä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lämmöntalteenotto: nestekiertoinen</li> <li>- suodatusluokka: tulosuodatin: EU 6 / poistosuodatin: EU 3</li> <li>- jäähdytys: jäähdytys tuloilmassa</li> <li>- kostutus: höyrykostutus tuloilmassa</li> </ul> <p>Ilmastointikonehuone: kellarissa          Ilmanvaihdon ohjaus: käy jaksottaisesti (yöllä ja viikonloppuisin pois käytöstä)</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto: säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: ei puhdistettu aiemmin</p>
---	--

Rakennus B oli suurehko päiväkotitaaajama-alueella, lähellä keskustaa. Puhdistusurakkaan kuului koko rakennuksen tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin kesällä (7/2003). Kohteessa työskenteli 2 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 3 viikkoa. Puhdistus tehtiin päivätyönä, rakennus oli tyhjillään puhdistustyön aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät sisätiloissa ja ilmastointikonehuoneessa (Kuva 2).

<p><b>Rakennus B:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1987          Bruttoala: 1 900 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 6 900 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 1          Käyttötarkoitus: Päiväkoti          Julkisivu: Puuta          Kattomuoto: harjakatto          Sijainti: taajama, lähellä keskustaa</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto          - lämmöntalteenotto: levylämmönsiirrin          - suodatusluokka:          tulosuodatin: EU 6 / poistosuodatin: EU 4          - jäähdytys: ei jäähdytystä          - kostutus: ei kostutusta</p> <p>Ilmastointikonehuone: ullakolla          Ilmanvaihdon ohjaus: käy jaksottaisesti (yöllä ja viikonloppuisin pois käytöstä)</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto:          säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: ei puhdistettu aiemmin</p>
---	---

Rakennus C oli suurehko koulurakennus taajama-alueella, metsän vieressä. Puhdistusurakkaan kuului koko rakennuksen tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin kesällä (6/2003). Kohteessa työskenteli 2-3 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 4 viikkoa. Puhdistus tehtiin päivätyönä, rakennus oli tyhjillään puhdistustyön aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät sisätiloissa ja ilmastointikonehuoneissa vesikatolla (Kuva 3).

<p><b>Rakennus C:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1977          Bruttoala: 6 500 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 27 900 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 2          Käyttötarkoitus: Koulu          Julkisivu: Tiili          Kattomuoto: tasakatto</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto          - lämmöntalteenotto: ei lämmöntalteenottoa          - suodatusluokka:          tulosuodatin: EU 5 / poistosuodatin: -          - jäähdytys: ei jäähdytystä          - kostutus: ei kostutusta</p> <p>Ilmastointikonehuone: vesikatolla</p> <p>Ilmanvaihdon ohjaus: käy jaksottaisesti (yöllä ja viikonloppuisin pois käytöstä)</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto:          säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: ei puhdistettu aiemmin</p>
---	--

Rakennus D oli huonekalutehdas maaseutuymäristössä. Puhdistusurakkaan kuului koko tehtaan tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus sekä kanavien yläpintojen imurointi. Puhdistustyö tehtiin kesällä (7/2003). Kohteessa työskenteli 3-4 puhdistajaa samanaikaisesti. Puhdistus tehtiin päivätyönä, rakennuksessa oli vähäistä toimintaa puhdistustyön aikana tehtaan loma-ajankohdasta johtuen. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät tehdassalissa (Kuva 4).

<p><b>Rakennus D:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1990-1991          Bruttoala: 1 000m<sup>2</sup>          Tilavuus: 6 000 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 1          Käyttötarkoitus: huonekalutehdas          Julkisivu: pellitys          Kattomuoto: tasakatto          Sijainti: pienteollisuusalueella</p> <p><b>Lämmitys:</b>          Vesikeskuslämmitys,          kiertoilmakoneet</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto, lisäksi erillisiä kohdepoistojärjestelmiä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lämmöntalteenotto: nestekiertoinen LTO</li> <li>- suodatusluokka: tulosuodatin:EU 3</li> <li>- jäähdytys: ei jäähdytystä</li> <li>- kostutus: haihduttava kostutin</li> </ul> <p>Ilmanvaihdon ohjaus: käy tuotannon olessa käynnissä</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto:          säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: puhdistetaan vuosittain</p>
--	--

Rakennus E oli suuri keskuspesula maaseutuymäristössä. Puhdistusurakkaan kuului tuotantotilojen kohdepoistojärjestelmän ja tuloilmajärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin kesällä (9/2003). Kohteessa työskenteli 4 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 2 viikkoa. Puhdistus tehtiin iltatyönä (15-23), rakennus oli tyhjiällä puhdistustyön aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät sisätiloissa ja ilmastointikonehuoneissa vesikatolla (Kuva 5).



<p><b>Rakennus E:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1983          Bruttoala: 3 300 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 18 900 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 2          Käyttötarkoitus: Pesula          Julkisivu: Tiili          Kattomuoto: tasakatto          Sijainti: maaseudulla</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto, lisäksi erillisiä kohdepoistojärjestelmiä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lämmöntalteenotto: ei lämmöntalteenottoa yleisilmanvaihdossa</li> <li>- suodatusluokka: tulo-suodatin: EU 3 + EU6</li> <li>- jäähdytys: jäähdytys tuloilmassa</li> <li>- kostutus: ei kostutusta</li> </ul> <p>Ilmastointikonehuone: vesikatolla</p> <p>Ilmanvaihdon ohjaus: käy jaksottaisesti (yöllä ja viikonloppuisin pois käytöstä)</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto: säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: tulojärjestelmää ei ole puhdistettu aiemmin, poistojärjestelmät (kohdepoistot) puhdistetaan säännöllisesti; 1 krt/vuosi</p>
---	---

Rakennus F oli liikekeskus esikaupunkialueella. Puhdistusurakkaan kuului tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin syksyllä (10/2003). Kohteessa työskenteli 2 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 2 kuukautta. Puhdistus tehtiin kahdessa vuorossa: päivä- sekä ilta- ja yötyönä. Rakennus oli tyhjillään ilta- ja yövuoron aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät toimistohuoneissa ja käytävillä (Kuva 6).

<p><b>Rakennus F:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1992          Bruttoala: 15 000 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 60 000 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 4          Käyttötarkoitus: Betonielementti          Kattomuoto: tasakatto          Sijainti: esikaupunkialue</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lämmöntalteenotto: on</li> <li>- suodatusluokka: tulo-suodatin: EU6</li> <li>- jäähdytys: ei jäähdytystä</li> <li>- kostutus: ei kostutusta</li> </ul> <p>Ilmastointikonehuone: vesikatolla</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto: säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: ei puhdistettu aiemmin</p>
---	--

Rakennus G oli toimistotyyppinen rakennus pienessä taajamassa. Puhdistusurakkaan kuului koko rakennuksen tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin syksyllä (10/2003). Kohteessa työskenteli 2 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 2 viikkoa. Puhdistus tehtiin päivätyönä, ja rakennus oli tyhjillään puhdistustyön aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät sisätiloissa ja ilmastointikonehuoneessa kellarissa (Kuva 7).

<p><b>Rakennus G:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1978          Bruttoala: 1 300 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 3 800 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 2          Käyttötarkoitus: tietoliikennekeskus          Julkisivu: tiili          Kattomuoto: harjakatto          Sijainti: taajama</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto          - lämmöntalteenotto: ei lämmöntalteenottoa          - suodatusluokka:          tulosuodatin: EU 5          - jäähdytys: ei jäähdytystä          - kustutus: ei kustutusta          Ilmastointikonehuone: kellarissa</p> <p>Ilmanvaihdon ohjaus: käy jaksottaisesti (yöllä ja viikonloppuisin pois käytöstä)</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto: säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: ei puhdistettu aiemmin</p>
--	--

Rakennus H oli suuri keskussairaalarakennus. Rakennus sijaitsi taajamassa, lähellä keskustaa. Puhdistusurakkaan kuului yhden suuren rakennusosan tulo- ja poistoilmajärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin syksyllä (11-12/2003). Kohteessa työskenteli 2-4 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 8 viikkoa. Puhdistus tehtiin päivätyönä, rakennus oli normaali käytössä puhdistustyön aikana. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät sisätiloissa ja ilmastointikonehuoneessa ullakolla (Kuva 8).

<p><b>Rakennus H:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1959 / 1995          Bruttoala: 31 800 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 118 800 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 10          Käyttötarkoitus: sairaala          Julkisivu: rapattu tiili          Kattomuoto: harjakatto          Sijainti: taajama, lähellä keskustaa</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto          - lämmöntalteenotto: nestekiertoinen          - suodatusluokka:          tulosuodatin: EU 3 ja EU 6          - jäähdytys: ei jäähdytystä          - kustutus: ei kustutusta          Ilmastointikonehuone: ullakolla</p> <p>Ilmanvaihdon ohjaus: käy pääosin 1/1-teholla, talvella yöaikaan osittain ½-teholla</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto: säännöllisesti huolto-ohjelman mukaan          IV-järjestelmän puhdistus: puhdistettu viimeksi n. 5 vuotta sitten</p>
---	--

Rakennus I oli liikekeskus, jossa toimi pieni lähiöravintola. Rakennus sijaitsi taajamassa. Puhdistusurakkaan kuului ravintolahuoneiston tulo- ja poistoilmajärjestelmän sekä rasvanpoistojärjestelmän puhdistus. Puhdistustyö tehtiin syksyllä (12/2003). Kohteessa työskenteli 2 puhdistajaa samanaikaisesti. Urakan kesto oli noin 1 viikko. Puhdistus tehtiin yötyönä. Ravintola oli päivällä ja illalla normaalissa käytössä. Tutkimukseen liittyvien mittausten aikana puhdistustyöntekijät työskentelivät ravintolasalissa, keittiössä, ullakolla, koehuoneessa ja vesikatolla (Kuva 9).

<p><b>Rakennus I:n perustiedot:</b></p> <p>Rakennusvuosi: 1990          Bruttoala: 1 200 m<sup>2</sup>          Tilavuus: 4 800 m<sup>3</sup>          Kerroslukumäärä: 1          Käyttötarkoitus: liikekeskus, ravintola          Julkisivu: tiili          Kattomuoto: harjakatto          Sijainti: taajama</p> <p><b>Lämmitys:</b></p> <p>Lämmönjakotapa: vesipatterit</p>	<p><b>Ilmanvaihto:</b></p> <p>Ilmanvaihtotapa: koneellinen tulo ja poisto, keittiössä erilliset poistojärjestelmät          - lämmöntalteenotto: levylämmönsiirrin          - suodatusluokka:          tulosuodatin: EU          - jäähdytys: ei jäähdytystä          - kostutus: ei kostutusta          Ilmastointikonehuone: ullakolla</p> <p>Ilmanvaihdon ohjaus: käy osan aikaa 1/2-teholla</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmän huolto:          IV-järjestelmän puhdistus: yleisilmanvaihtoa ei puhdistettu aiemmin, rasvakanava puhdistettu säännöllisesti</p>
---	---



Kuva 1. Kohde A.



Kuva 2. Kohde B.



Kuva 3. Kohde C.



Kuva 4. Kohde D.



Kuva 5. Kohde E.



Kuva 6. Kohde F.



Kuva 7. Kohde G.



Kuva 8. Kohde H.



Kuva 9. Kohde I.

#### 4.1.2 Puhdistusmenetelmät

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustoimenpiteet vaihtelevat puhdistuskohteen iv-järjestelmän ja laitekannan mukaan. Nykyisillä laitteilla pystytään puhdistamaan tavanomaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä olevat laitteet ja kanavat, mutta puhdistaminen on kehittyneistä laitteista huolimatta edelleen runsaasti käsityötä vaativaa. Puhdistustyötä vaikeuttaa se, että kohteet ovat yleensä korkealla tai muutoin vaikeasti saavutettavissa. Tässä tutkimuksessa olleissa kohteissa käytettiin kaikkia yleisiä ja hyväksi havaittuja puhdistusmenetelmiä. Puhdistusmenetelmät on kuvattu alla lyhyesti. Mittauspäivien aikana tehdyt työvaiheet on kuvattu liitteessä 4.

**Säleiköt ja säätöpellit** puhdistetaan imuroimalla, paineilmalla ja harjaamalla. Vaikeasti irrotettavan lian puhdistukseen voidaan käyttää vettä, pesuainetta ja tarvittaessa myös rasvanpoistoaineita.

**Tulo- ja poistoilmasuodattimien** vaihto kuuluu puhdistusurakkaan. Suodattimet vaihdetaan yleensä kun koko järjestelmä on puhdistettu. Jos tuloilmajärjestelmä puhdistetaan koneilta alkaen, ja tuloilmakoneita käytetään puhdistuksen aikana, niin suodattimet vaihdetaan puhdistuksen yhteydessä.

**Tuloilmakoneen sisäpuoliset peltipinnat** raitisilmakammioista äänenvaimentimelle puhdistetaan imuroimalla ja tarvittaessa pesemällä ne vesipesulla ja desinfioidulla pesuaineella.

**Lämmöntalteenottolaitteiden** puhdistus riippuu laitetypistä. Levylämmönsiirrin puhdistetaan kuivasta pölystä imuroimalla tai puhaltamalla siirtimen läpi paineilmaa. Tarvittaessa levylämmönsiirrin voidaan puhdistaa myös vedellä. Regeneratiivisen lämmöntalteenottolaitteiston roottori voidaan puhdistaa tehokkaalla imulla tai paineilmalla likaiselta puolelta puhtaalle puolelle. Lujasti kiinnittyneen lian irrottamiseksi voidaan ruiskuttaa liuotainainetta (esim. kylmärasvanpoistoainetta), jonka jälkeen roottori puhdistetaan paineilmalla.

**Lämmityspatteri** puhdistetaan imuroimalla, paineilmalla, höyryllä tai lämpimällä vedellä. Irronnut lika ja pesuvesi imuroidaan tai johdetaan lattiakaivoon. Lämmityspatteria puhdistettaessa on varottava taivuttelemasta ohuesta metallilevystä valmistettuja lamelleja.

**Puhaltimien** siivet ja moottorien jäähdytysrivat puhdistetaan harjaamalla ja imuroimalla. Lujasti kiinnittyneen lian irrottamiseen voidaan käyttää vettä, alkalista pesuainetta tai liuotinpesuainetta. Nestemäisiä pesuaineita käytettäessä on huolehdittava siitä, että nesteitä ei pääse moottorin sähköjärjestelmään tai eristeisiin.

**Kanavisto** puhdistetaan yleensä alipaineistuksen ja mekaanisen harjauksen avulla. Paineilmapuhallusta, käsin harjausta ja pesua käytetään isommissa kanavissa. Rasvakanavien ja muiden erikoisen likaisten kanavien ja kanavanosien puhdistuksessa käytetään tarpeen mukaan mm. kaavintaa, liuotainainepesua ja paineilmapuhdistusta.

**Kanaviston osat (säätö- ja palopellit ym)** puhdistetaan paineilmalla ja tarvittaessa puhdistuksessa voidaan käyttää harjausta.

**Tulo- ja poistoilmaelimet** puhdistetaan niiden rakenteesta riippuen imuroimalla, harjaamalla, pesemällä tai paineilmapuhalluksella.

## 4.2 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.2.1 Työturvallisuuskysely

Tutkimuksessa kartoitettiin puhdistustyön työturvallisuutta kyselyn avulla. Kyselyjä laadittiin kaksi; toinen oli suunnattu puhdistajille ja toinen työnantajille/työnjohdolle. Molemmat kyselyt sisälsivät taustatietokysymysten lisäksi kysymyskokonaisuuksia työmenetelmistä ja työympäristöstä, työtapaturmista ja suojautumisesta. Puhdistajilta kysyttiin lisäksi oireista. Työnjohdon kyselyssä kysyttiin lisäksi puhdistustyön tilaus- ja tarjouskäytännöistä, järjestelmien puhdistettavuudesta, työturvallisuudesta ja työterveyshuollosta. Lisäksi molemmat kyselyt sisälsivät avoimia kysymyksiä alan kehittämistarpeista ja parannusehdotuksista liittyen työvälineisiin/laitteisiin, työmenetelmiin tai työturvallisuuteen ja suojautumiseen. Kyselylomakkeet on esitetty liitteissä 8 ja 9.

Kysely lähetettiin kevään 2003 aikana 30 eri puhdistusyrietykseen, joissa työskenteli yhteensä 123 puhdistajaa ja 40 työnjohtajaa. Ennen kyselyn lähettämistä yritykseen oltiin yhteydessä puhelimitse ja tiedusteltiin halukkuutta osallistua tutkimukseen. Samalla kysyttiin yrityksen työntekijöiden määrä, jotta oikea määrä kyselyitä osattiin lähettää täytettäväksi. Puhdistajien kyselyt pyydettiin sulkemaan kirjekuoreen ja palauttamaan työnjohdolle, joka palautti kaikki yrityksen kyselyt keskitetysti valmiiksi maksetussa kirjekuoreessa. Tutkimuksessa mukana olleet yritykset valittiin ennalta laaditusta osoitelistasta, joka sisälsi yli 200 alan yrityksen tiedot. Yritysten valinnassa pyrittiin ottamaan mukaan mahdollisimman erikokoisia ja erilaisia yrityksiä, jotta yritysotos kuvaisi mahdollisimman hyvin alaa. Osoitelistan kokoamisessa hyödynnettiin Nuohousalan keskusliiton jäsenrekisteriä, yrityspuhelinluetteloita ja internetin osoitepalvelusivuja.

### 4.2.2 Kenttämittaukset

Kenttämittauksilla selvitettiin puhdistajien henkilökohtaista altistumista mineraalikuuduille, hiukkasille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille. Näytteenkeräyksen aikana tehdyt työvaiheet kirjattiin ylös altistavimpien työvaiheiden löytämiseksi. Taustamittausten avulla pyrittiin erottamaan puhdistustyön aiheuttama altistus tavanomaisesta taustapitoisuudesta. Taustamittauksissa selvitettiin mineraalikuutujen, hiukkasten, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja mikrobien pitoisuuksia. Lisäksi kohteissa otettiin näytteitä lähinnä ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnoilta mikrobipitoisuuksien ja pölykertymien selvittämiseksi. Taulukossa 6 on esitetty yhteenveto tehdyistä mittauksista kohteittain. Mittausmenetelmät ja niistä käytetyt lyhenteet on esitetty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Taulukko 6. Kohteissa mitatut epäpuhtaudet ja mittausten lukumäärät kussakin kohteessa.

Kohde	Hengitysvyöhyke			Kiinteä							Pinta- näytteet	
	Hiukkaset IOM	Kuidut PPPS	VOC	Hiukkaset IOM	SFS 3860	Hiukkasten lkm	Kuidut PPPS	SFS 3860	VOC	Mikrobit	Pölykertymä	Mikrobit
Toimisto	4	16	8	3	6	2	12	6	4	2	3	2
Koulu	4	22	-	2	5	4	10	6	-	-	4	6
Päiväkoti	4	16	1	-	6	5	12	6	3	3	4	-
Huonekalu- tehdas	7	8	4	2	4	4	4	2	7	-	5	-
Pesula	4	16	-	2	7	7	8	5	4	3	-	-
Tietoliikenne- keskus	4	16	-	2	6	9	12	6	-	-	4	3
Liikekeskus	4	16	2	2	6	8	12	7	4	-	6	-
Sairaala	6	24	-	3	10	5	18	9	6	7	1	1
Ravintola	4	16	4	2	6	3	14	7	3	-	2	-
Yhteensä	41	150	19	18	56	47	102	54	31	15	29	12

#### 4.2.2.1 Mineraalikuidut

Henkilökohtaista altistumista mineraalikuiduille selvitettiin työntekijöiden hengitysvyöhykkeelle asetettujen näytteenottimien avulla. Kuitujen näytteenottomenetelmä perustuu uuteen, Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksella kehitettyyn menetelmään (Kuitujen määrittäminen hengitysvyöhykkeeltä PPPS - menetelmällä), joka kuvaa työntekijän hengitysvyöhykkeelle passiivisesti laskeutuvien kuitujen määrää. Laskeutuvat kuidut kerättiin menetelmässä kahdelle rinnakkaiselle hiiliteipille, jotka oli asennettu muovisen taustalevyn päälle. Näytteenottimet asetettiin kiinni näytteenottovaljaisiin työntekijän rintaan ja olkapäälle. Henkilökohtaista kuitualtistusta tutkittiin kussakin kohteessa vähintään kahdelta työntekijältä.

Henkilökohtaisten näytteiden lisäksi PPPS-menetelmällä tutkittiin mineraalikuitupitoisuuksia kiinteissä mittauspisteissä. Yksi näytteenottopiste sijoitettiin puhdistajien työkohteena olevaan työtilaan. Toinen mittauspiste asetettiin samaan rakennukseen ns. vertailutilaan, joka näytteenottohetkellä ei ollut puhdistustyön kohteena. Kolmas kiinteä mittauspiste sijoitettiin ulos. Vertailumenetelmänä PPPS-menetelmälle käytettiin kuitupitoisuuden määrittämistä ilmanäytteistä standardien SFS 3860 ja SFS 3868 mukaisesti. Vertailunäytteitä otettiin kiinteistä mittauspisteistä em. tiloista. Sekä henkilökohtaisten että kiinteiden mittausten kesto vaihteli 60-480 minuuttiin riippuen työvaiheesta ja siinä syntyvän pölyn ja kuitujen määrästä.

Vertailumenetelmänä PPPS- menetelmälle käytettiin kuitupitoisuuden määrittämistä ilmanäytteistä standardin SFS 3860 mukaisesti. Mittauksia tehtiin kiinteistä pisteistä: puhdistettavalta alueelta, vertailutilasta, sekä ulkoilmasta. Suodattimina käytettiin polykarbonaattisuodattimia (huokoskoko 0,8 µm, halkaisija 37 mm). Mittausten kesto vaihteli 76-130 minuuttiin riippuen työvaiheesta ja siinä syntyvän pölyn ja kuitujen määräistä. Näytteet otettiin  $20 \pm 1$  l/min tilavuusvirralla.

Kaikki kuitunäytteet analysoitiin pyyhkäisyelektronimikroskoopilla ja kuitujen alkuainekoostumus määritettiin energiadiispersiivisellä röntgenmikroanalysaattorilla (EDX). Kuidut jaettiin alkuainekoostumuksen perusteella tekstiili-, lasivilla-, kivivilla- ja asbestikuituihin.

PPPS- menetelmällä määritetyille tuloksille tehtiin laskennallinen tarkastelu ja saaduilla tuloksilla pyritään teoreettisesti arvioimaan hengitysvyöhykkeellä vallinnut keskimääräinen ilman kuitupitoisuus. Laskennallisten pitoisuuksien laskeminen perustuu kuitujen laskeutumisenopeuksiin ja kuitupitoisuudet ovat merkittävästi riippuvaisia laskeutuvien kuitujen pituuksista ja halkaisijoista (Jumpponen, 2004).

#### 4.2.2.2 Hiukkaset

Henkilökohtaista hiukkasaltistumista puhdistustyön eri vaiheissa selvitettiin IOM-keräimellä, jolloin määritetty pitoisuus vastaa standardin EN 481:1993 mukaista hengittyvän pölyjakeen pitoisuutta (EN 481, 1993). Näytteenoton kesto vaihteli 68 - 416 minuuttiin riippuen työvaiheesta ja siinä syntyvän pölyn määrästä. Suodattimina käytettiin teflonsuodatinta (polytetrafluoroethylene with polyethylene backing). Näytteenottoon käytetty tilavuusvirta oli 2 l/min. Lisäksi tällä menetelmällä mitattiin jokaisessa kohteessa hiukkasten taustapitoisuutta puhdistettavalla alueella.

Hiukkasten taustapitoisuus määritettiin ns. kokonaispölynä standardin SFS 3860 mukaisesti (SFS 3860, 1988). Pölypitoisuus määritettiin jokaisessa kohteessa puhdistettavalta alueelta, vertailutilasta, jossa puhdistusta ei tapahtunut näytteenottohetkellä sekä ulkoilmasta. Suodattimina käytettiin polykarbonaattisuodattimia (huokoskoko 0,8 µm, halkaisija 37 mm). Näytteitä kerättiin useita tunteja  $20 \pm 5$  l/min tilavuusvirralla. Suodattimia vakioitiin vähintään 24 h ennen mikrovaa'alla punnitusta (punnitustarkkuus 1 µm).

Hiukkasten lukumääräpitoisuus ilmassa määritettiin optisella kannettavalla hiukkaslaskurilla (Climet-500) kokoluokissa 0,3-0,5; 0,5-1,0; 1,0-5,0; 5,0-10 ja 10-25 µm. Näytteitä kerättiin puhdistettavalta alueelta, vertailutilasta, jossa puhdistusta ei tapahtunut näytteenottohetkellä sekä ulkoilmasta. Lisäksi otettiin erillisiä näytteitä joistakin yksittäisistä työvaiheista. Jokaisesta näytteenottopisteestä kerättiin vähintään kymmenen peräkkäistä yhden minuutin pituista näytettä.

Ilmanvaihtojärjestelmän sisäpintojen pölykertymä määritettiin suodatinmenetelmällä (Asikainen ja Pasanen 2001) keräämällä pöly 100-200 cm<sup>2</sup>:n pinta-alalta ennalta punnittuun suodatinkoteloon, joka sisälsi polykarbonaattisuodattimen (huokoskoko 0,8 µm, halkaisija 37 mm). Lisäksi pölynäytteitä otettiin pölyisimmissä kohteissa kanavien ulkopinnalta ja muilta tilan tasopinnoilta. Suodattimia vakioitiin vakiokosteushuoneessa ennen alku- ja loppupunnituksia. Suodattimet punnittiin kotelointeen vaa'alla, jonka punnitustarkkuus oli 0,1 mg. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta tarkasteltiin myös silmämääräisesti.



#### 4.2.2.3 Mikrobit

Ilman mikrobinäytteitä kerättiin kohteista, joissa oli havaittavissa merkkejä (homeen haju, kosteusläiskät jne.) mahdollisesta kosteusvauriosta. Ilman mikrobipitoisuudet määritettiin Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksella käytössä olevan ”Ilman elinkykyisten mikrobien pitoisuuden määrittäminen impaktorimenetelmällä” työohjeen mukaisesti. Näytteitä kerättiin puhdistettavalta alueelta, vertailutilasta sekä ulkoilmasta kolmelle eri alustalle. Bakteerit kerättiin tryptoni-hiivauute-glukoosiagarille ja homesienet 2% mallasuute- sekä dikloran - 18% - glyseroliagarille. Näytteet kerättiin Andersenin 6 – vaihe – impaktorilla tilavuusvirralla 28,3 l /min. Mittausten kesto vaihteli 2-5 minuuttiin arvioidun kosteusvaurion suuruudesta riippuen.

Pintojen mikrobipitoisuudet määritettiin Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksella käytössä olevan ”Mikrobipitoisuuden määrittäminen rakenteiden pinnoilta otetuista näytteistä” – työohjeen mukaisesti. Näytteitä otettiin pääsääntöisesti ilmanvaihtokoneiden sisäpinnoilta ja ilmanvaihtokanavista, joissa oli havaittavissa merkkejä (lumen pääsy ilmastointikoneeseen, kosteusläiskät) mahdollisesta kosteusvauriosta. Pintanäytteet otettiin tasopinnoilta 10 cm x 10 cm suuruiselta alalta sabluunan avulla. Ennen jokaista näytteenottoa sabluuna steriloidtiin 70% etanolilla ja kuivattiin. Näytteet otettiin steriilillä pumpulipuikolla. Kontaminaation estämiseksi vertailunäytteet otettiin ennen varsinaisten vaurionäytteiden ottamista. Näytteet viljeltiin kolmelle eri maljalle: bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosiagarille, ja sienet 2% mallasuute- ja dikloran - 18% - glyseroliagarille.

Yhdessä kohteessa otettiin materiaalinäyte ilmanvaihtosuodattimesta, jossa epäiltiin olevan mikrobialtistumisen kannalta merkittävä mikrobikasvusto. Näyte otettiin ilmanvaihtosuodattimesta 5 cm x 5 cm alalta. Vertailunäytteenä käytettiin samanlaista käyttämätöntä ilmanvaihtosuodatinta. Mikrobipitoisuus määritettiin Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksella käytössä olevalla ”Mikrobipitoisuuden määrittäminen rakennusmateriaalinäytteistä”- menetelmällä. Käytetyt alustat olivat samat kuin pintanäytteillä.

Ilma-, pinta- ja materiaalinäytteiden bakteeripesäkkeiden kokonaislukumäärä laskettiin 5 kasvuvuorokauden kuluttua ja aktinomykettipesäkkeet 14 vuorokauden kuluttua. Sienialustoja kasvatettiin 7 vuorokautta, jonka jälkeen maljoilta laskettiin sienten kokonaispesäkemäärät ja eriteltiin homeiden ja hiivojen pesäkemäärät. Ilmanäytteiden tulosten laskennassa impaktorin vaiheilla 3-6 kasvaneiden pesäkkeiden lukumäärät korjattiin menetelmän muunnostaulukon mukaisesti. Mikrobipitoisuudet laskettiin korjattujen pesäkemäärien avulla ja mikrobipitoisuudet ilmoitettiin yksikössä pmy/m<sup>3</sup>. Pintanäytteiden mikrobipitoisuudet ilmoitettiin yksikössä pmy/cm<sup>2</sup>. Materiaalinäytteen mikrobipitoisuudet ilmoitettiin yksikössä pmy/g. Kaikissa näytteissä homesienten pitoisuuksien tulokset ilmoitettiin lisäksi prosentteina.

#### 4.2.2.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä kerättiin sekä kiinteistä pisteistä että puhdistajien hengitysvyöhykkeeltä. Näytteenotto painottui lähinnä kohteisiin ja puhdistustyövaiheisiin, joissa oli käytössä kemikaaleja. VOC:it määritettiin Kuopion yliopiston Ympäristöteiden laitoksen ”Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittäminen ilmanäytteestä” -menetelmällä. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteenottoputket (adsorbentit) puhdistettiin ennen jokaista ilmanäytteen keräystä ATD400 termodesorptiolaitteistolla (15 min, 270°C). Puhdistuksen jälkeen Tenax-putkiin vaihdettiin messinkiset teflonhelmillä varustetut Swagelok korkit ja putket laitettiin teräksiseen säilytysastiaan. Näytetilavuus vaihteli 5-10 litran välillä ja näytteenottoajat olivat 15 - 60 min näytteenottopumpun tilavuusvirrasta –ja työtilan aistinvaraisen (haju) arviosta johtuen. Näytteenoton jälkeen Tenax - putkien kummatkin päät suljettiin ja näytteenkoodi, kuvaus näytteenottolanteesta, tilavuusvirta ja näytteenottoaika merkittiin muistiin. Näytteet analysointiin yhden tai kahden vuorokauden kuluttua näytteen ottamisesta termodesorptio-kaasukromatografi-massaspektrometri -laitteistolla käyttäen SCAN – ajotekniikkaa.

Näytteiden hiilivetyypitoisuudet laskettiin ulkoisten standardien avulla. Kerätty näyte ja standardi analysoitiin samalla periaatteella ja näytteen pitoisuus selvitettiin vertaamalla tuloksia standardiin. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tulokset ilmoitettiin kokonaishiilivetyypitoisuuksina (TVOC, mg/m<sup>3</sup>).

## 5 TULOKSET

### 5.1 TYÖTURVALLISUUSKYSELY

Työturvallisuuskyselyyn vastasi 64 puhdistajaa ja 23 työnjohtajaa, siten puhdistajien vastausprosentiksi saatiin 52 % ja työnjohdolle 58 %. Vastauksia puhdistajakyselyyn tuli 19 eri yrityksestä, joissa työskentelevien puhdistajien määrä vaihteli yhdestä yhdeksääntoista.

#### 5.1.1 Vastaajien taustatietoja

Puhdistajat olivat syntyneet keskimäärin vuonna 1973. Vastaajat olivat kaikki miehiä ja työskennelleet keskimäärin nykyisessä työtehtävässään 5,3 vuotta. 91 % vastaajista teki työtä päätoimisesti. 36% puhdistajista työskenteli nuohooja-nimikkeellä, mutta vastaajien joukossa oli myös useita iv-asentaja/puhdistaja/huoltaja nimikkeellä työskenteleviä. 11:sta vastanneista oli takanaan nuohousalan koulutus, mutta LVI-asentaja oli muun rakennusalan ammattikoulutuksen ohella yleinen koulutustausta. Vastaajilla oli takanaan monenlaisia työtehtäviä, jotka liittyivät pääasiassa rakennusalaan ja kunnossapitoon. Vastaajien joukossa oli myös mm. entinen metsuri, pankkitoimihenkilö, elintarviketyöntekijä, varastomies ja autoilija. Työkokemukset aiemmista töistä vaihtelivat vuodesta 29 vuoden kokemukseen. Joillakin vastanneista oli takanaan useita ammatteja, joista oli muutaman vuoden kokemus, ja joillakin oli kyseessä alan vaihto pitkän työsuhteen jälkeen. Joukossa oli myös nuoria, joille tämä oli ensimmäinen työ.

Työnjohtajat olivat syntyneet keskimäärin vuonna 1960. Noin puolella työnjohtajista oli taustallaan nuohousalan koulutusta ja 17 % työskentelikin nimikkeellä nuohoojamestari, 13 % työskenteli nimikkeellä nuohoojamestari/yrityksellä ja 13 % työnjohtaja-nimikkeellä. Yhtä vastaajaa lukuun ottamatta kaikki työnjohtajat olivat miehiä. Keskimäärin he olivat työskennelleet nykyisessä tehtävässään 13,8 vuotta (vaihteluväli 1-40 vuotta). Seitsemällä vastaajista oli

aikaisempaa työkokemusta nuohouksesta, 3 henkilöä oli työskennellyt talonrakennuksessa. Muut olivat työskennelleet hyvin erityyppisissä tehtävissä, kuten kuntohoitajana, hammashoitajana, taksikuskina, LVI- suunnittelijana, lehtipainossa jne.

### **5.1.2 Puhdistustyön tilaus- ja tarjouskäytännöt**

Työnjohtajat ilmoittivat ensisijaiseksi ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön hinnoittelun laskentaperusteeksi pääasiallisesti työn tekemiseen vaadittavaan aikaan perustuvan hinnoittelun. Myös puhdistettavan kanaviston pituutta ja koneiden lukumäärää käytettiin hinnoitteluperusteena. 57 % työnjohtajista ilmoitti, että puhdistettavan rakennuksen käyttöhistoria (aikaisemmat käyttötarkoitukset) selvitetään tarjousta laadittaessa. 35 % työjohtajista ilmoitti, että ennen tarjouksen laatimista/ työhön ryhtymistä puhdistuskohteissa ei koskaan tehdä asbestikartoitusta. 52 % ilmoitti tekevänsä kartoituksen toisinaan. Tuloksiin tässä saattaa vaikuttaa se, että osa yrityksistä kertoi, ettei tee ollenkaan sellaisia kohteita, joissa on mahdollisesti asbestia. Kyselyssä ei ilmennyt tai pyydetty kertomaan kartoituksen laajuutta.

Työnjohtajat kaipasivat tarjouksen laatimisen pohjaksi seuraavia puhdistajien työturvallisuuteen vaikuttavia tietoja: kanavistojen sijainti (lähinnä korkeus) ja sitä kautta telineiden/tikkaiden tarve, mahdollisten asbestitiivisteiden esiintyminen, kanavistoissa esiintyvät epäpuhtaudet ja kanavien kiinnitys, jos on tarvetta ryömiä niiden sisällä. Yli puolet (52 %) vastanneista työnjohtajista kaipasi lisätietoja tilaajilta mm. tilojen käyttötarkoitusten muutoksista, tehdyistä huoltotoimenpiteistä sekä erityisesti ajan tasalla olevia ilmanvaihtokuvia. Tarjouslaskennassa kohteen vaaratekijät huomioidaan yleensä työajan lisäämisenä, suojavälineiden kustannusten huomioimisena, korkealla työskentelyn vaatimien telineiden/nostureiden kustannuksina.

### **5.1.3 Järjestelmien puhdistettavuus**

Suurin osa työnjohtajista oli sitä mieltä, että ilmanvaihtokoneiden ja kanaviston puhdistettavuus on huomioitu suunnitelmissa riittävästi. Vain 4 % vastasi niiden huomioidun hyvin. Myös 83 % oli sitä mieltä, että kanavistojen, puhdistusluukkujen yms. sijoittelu käytännössä vastaa suunnitelmia toisinaan. Kanavistojen ja puhdistusluukkujen sijoittelussa yleisimmät ongelmat suunnitelmien ja toteutuksen välillä liittyivät luukkujen avautuvuuteen. Yleisimmin tähän vaikutti rakenteelliset esteet luukkujen edessä, kuten lämpö- ja vesijohdot, sähköarinat ja kiinteät kalusteet. Myös luukun puuttuminen alaslasketusta katosta vaikeutti puhdistustyötä. Usein myös osa piirustuksiin merkityistä puhdistusluukuista oli jätetty asentamatta tai tehty väärin paikkoihin. 70 % työnjohtajista ilmoitti, että heidän yrityksessään tehdään puhdistettavissa kohteissa puhdistustarpeen arviointi. 13 yrityksessä arviointi perustui visuaaliseen arviointiin, joka oli yleensä yhdistetty joko videokuvaukseen tai valokuvaukseen digikameralla. Saman verran työjohtajia ilmoitti yrityksessä käytettävän myös puhdistustyön laadunarviointia. Kahdeksassa yrityksessä oli laadunarviointimenetelmänä käytössä joko video- tai digikamerakuvaus, neljässä yrityksessä käytettiin silmämääräistä arviointia ja neljä yritystä kertoi tekevänsä katselmuksen tilaajan kanssa tai tilaajan hoitavan asian. Työnjohtajien mukaan suurimmat puutteet ilmanvaihtojärjestelmien puhdistettavuudessa liittyivät puhdistusluukkujen puutteeseen ja sijoitteluun, ahtaissa tiloissa työskentelyyn, kanavien sijoitteluun (kanavat villalla kolla) ja voimavirran puuttumiseen.

### 5.1.4 Työmenetelmät ja työympäristö

30 puhdistajaa arvioi tekevänsä vuotuisesta työajastaan vähintään 90 % ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta ja siihen liittyviä tehtäviä. Vain kolme puhdistajaa ilmoitti tekevänsä vähintään 90 % vuotuisesta työajastaan savuhormien ja tulisijojen nuohousta. Lämpökattiloiden puhdistusta teki 36 % vastanneista. Muihin tehtäviin luettuja asennus-, säätö- ja huoltotehtäviä teki vain neljäsosa vastanneista. Kyselyyn vastanneiden puhdistajien vuotuinen työaika jakautui keskimäärin seuraavasti: 66 % ilmanvaihtojärjestelmien puhdistaminen ja siihen liittyvät tehtävät, 31 % savuhormien ja tulisijojen nuohous, 11 % lämpökattiloiden puhdistaminen ja 8 % muut tehtävät, kuten asennus-, säätö- ja huoltotehtävät. Työnjohtajat vastasivat samaan kysymykseen, että vuotuisesta työajasta tehtiin keskimäärin 54 % ilmanvaihtojärjestelmien puhdistamista ja siihen liittyviä tehtäviä, 36 % savuhormien ja tulisijojen nuohousta, 5 % lämpökattiloiden puhdistamista ja 5 % muita tehtäviä, kuten asennus- ja huoltotehtäviä sekä sähköitä.

Puhdistajien työ oli pääasiallisesti asuinrakennusten (esim. omakotitalot, rivi- ja kerrostalot) ja toimistotyyppisten tilojen (esim. koulu, päiväkotit, toimisto jne.) puhdistuksia. Asuinrakennusten puhdistuksia oli keskimäärin 36 % ja toimistotyyppisten rakennusten ilmanvaihtolaitosten puhdistuksia 31 %. Teollisuuden tilojen (esim. metalli- ja kemian teollisuus jne.) puhdistuksen osuus oli noin 10 % vuosittain tehdyistä toimeksiannoista, tuotannollisten tilojen (esim. kaupat, ammattikeittiöt, leipomo jne.) puhdistuksen osuus 14 % sekä muiden erikoistilojen (esim. sairaala, laboratorio, automaalaamo jne.) puhdistuksen osuus 8 %.

Kerrostalojen välikatot ja villapölynsä takia vaikeimpien puhdistuskohteiden joukossa. Näissä tiloissa työskentelyä vaikeutti myös kuumuus, naulat ja hankalat työasennot. Vaikeimpien kohteiden joukossa olivat myös ammattikeittiöt ja ravintolat. Rasvakanavien puhdistus koettiin vaikeaksi osittain sopivien työvälineiden puuttumisen vuoksi. Myös työajat ja liuottimien kanssa työskentely koettiin vaikeiksi tekijöiksi. Työnjohtajat lisäsivät kohteiden joukkoon myös sairaalat vaikean työympäristön ja huonojen työaikojen vuoksi. Yksityiskohtaisemmat tulokset kysymyksestä on esitetty liitteessä 7.

Puhdistajilta kysyttiin erilaisissa puhdistuskohteissa kohtaamistaan ja työoloja haittaavista epäpuhtauksista sekä fysikaalisista työympäristötekijöistä ja pyydettiin heitä arvioimaan näiden haittaavuutta asteikolla: ei haittaa koskaan, haittaa joskus, haittaa lähes aina ja haittaa aina. Yhteenvedot vastauksista on esitetty taulukoissa 7 ja 8. Taulukoiden lukuarvot kuvaavat vastausten prosentuaalista jakautumista. Mikäli kutakin epäpuhtautta / fysikaalista tekijää koskevien vastausten summa kohteittain jää alle 100 %, on osa vastanneista jättänyt vastaamatta tarkasteltavaan kysymykseen.

Puhdistajilta kysyttiin myös käytössä olevista puhdistustekniikoista ja pyydettiin heitä arvioimaan niiden käytön yleisyyttä erilaisissa kohteissa (taulukko 9). Käyttöä arvioitiin asteikolla: ei koskaan, toisinaan, lähes aina ja aina. Mikäli kutakin puhdistustekniikkaa koskevien vastausten summa kohteittain jää alle 100 %, on osa vastanneista jättänyt vastaamatta tarkasteltavaan kysymykseen.

Taulukko 7. Tyypillisimmät puhdistajien työoloja haittaavat epäpuhtaudet erilaisissa puhdistuskohteissa (prosenttia vastanneista).

Epäpuhtaus	Asuin-rakennukset				Toimisto-tyyppiset tilat				Teollisuuden tilat				Tuotannolliset tilat				Muut erikoistilat			
	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina
Pöly	6	<b>45</b>	31	11	3	<b>45</b>	34	8	2	23	<b>44</b>	20	3	31	<b>41</b>	13	6	33	<b>34</b>	8
Home	39	<b>44</b>	2	-	<b>44</b>	36	2	-	30	<b>44</b>	5	-	36	<b>41</b>	3	-	<b>36</b>	31	6	2
Kemikaalit	<b>48</b>	28	3	-	<b>44</b>	31	6	-	9	<b>48</b>	17	3	16	<b>41</b>	3	-	17	<b>38</b>	16	3
Eristevillakuidut	5	30	<b>44</b>	9	9	<b>42</b>	25	5	5	<b>39</b>	28	6	8	<b>42</b>	25	2	9	<b>38</b>	22	3
Asbesti	36	<b>44</b>	2	-	38	<b>39</b>	2	-	25	<b>45</b>	5	-	30	<b>39</b>	3	2	28	<b>33</b>	3	3

Taulukko 8. Tyypillisimmät puhdistajien työoloja haittaavat fyysiset työympäristötekijät erilaisissa puhdistuskohteissa (prosenttia vastanneista).

Fysikaalinen tekijä	Asuin-rakennukset				Toimisto-tyyppiset tilat				Teollisuuden tilat				Tuotannolliset tilat				Muut erikoistilat			
	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina	Ei haittaa koskaan	Haittaa joskus	Haittaa lähes aina	Haittaa aina
Melu	31	<b>44</b>	6	2	28	<b>42</b>	8	3	3	<b>42</b>	30	8	8	<b>47</b>	20	5	11	<b>47</b>	13	5
Tärinä	<b>48</b>	30	2	2	<b>47</b>	30	2	-	31	<b>36</b>	6	3	<b>39</b>	30	5	3	<b>38</b>	30	2	3
Kylmyys, veto	17	<b>50</b>	17	3	23	<b>52</b>	8	-	11	<b>45</b>	19	3	13	<b>47</b>	17	-	11	<b>45</b>	16	2
Kuumuus	13	<b>50</b>	19	5	13	<b>55</b>	8	5	5	<b>48</b>	20	5	8	<b>50</b>	19	2	8	<b>48</b>	9	6
Kosteus/märkyys	25	<b>45</b>	11	2	33	<b>44</b>	3	2	22	<b>39</b>	15	2	20	<b>45</b>	13	-	17	<b>39</b>	13	2
Riittämätön valaistus	13	<b>41</b>	25	6	16	<b>47</b>	13	3	8	<b>48</b>	14	5	9	<b>45</b>	14	2	6	<b>44</b>	16	3

Taulukko 9. Erilaisten kohteiden ilmanvaihtolaitosten puhdistukseen käytetyt puhdistustekniikat (prosenttia vastanneista).

Puhdistus- tekniikka	Asuin- rakennukset				Toimisto- tyyppiset tilat				Teollisuuden tilat				Tuotannolliset tilat				Muut erikoistilat			
	Ei koskaan	Toisinaan	Lähes aina	Aina	Ei koskaan	Toisinaan	Lähes aina	Aina	Ei koskaan	Toisinaan	Lähes aina	Aina	Ei koskaan	Toisinaan	Lähes aina	Aina	Ei koskaan	Toisinaan	Lähes aina	Aina
Kuivaharjaus	-	5	13	75	-	5	13	73	-	5	13	70	-	6	14	69	-	8	16	58
Paineilma	14	31	20	19	8	19	31	30	6	16	30	33	8	17	30	30	8	14	28	28
Imurointi	2	25	33	33	-	13	42	36	-	13	34	41	2	20	31	36	-	11	30	38
Käsin pyyhintä	3	38	22	23	3	27	27	27	3	30	20	25	6	25	22	30	3	27	19	28
Höyrypesu	64	17	-	-	61	17	-	2	47	20	9	3	42	28	8	2	42	20	9	6
Pesu liuotin- ja puhdistus- aineilla	5	11	25	45	5	6	23	48	5	9	23	42	5	9	22	48	6	8	22	39
Kanaviston desinfiointi	28	53	-	-	25	50	5	-	34	33	8	-	33	36	5	-	23	36	6	2

Kun puhdistajilta kysyttiin olivatko käytetyt puhdistusmenetelmät tai työajankohdat aiheuttaneet kiinteistössä työskentelevien taholta valituksia tai huomautuksia, kertoi yli puolet puhdistajista saaneensa valituksia työympäristöön levinneestä pölystä ja melusta. Kolmannes kertoi saaneensa valituksia paikkojen likaantumisesta. Näiden lisäksi yksittäisiä valituksia oli tullut desinfiointiaineiden hajusta, epäsovivasta ajankohdasta, ilmanvaihdon toimimattomuudesta puhdistuksen aikana ja puhdistusvälineiden edessä olosta. Valitukset olivat liittyneet yleensä tavanomaisiin puhdistustilanteisiin.

Puolet puhdistajista ilmoitti käsittelevänsä liuotin- ja puhdistusaineita työssään päivittäin. 80 % puhdistajista käytti niitä rasvasuodattimien puhdistukseen ja 72 % pääte-elimien puhdistamiseen. Puolet puhdistajista raportoi tietävänsä jonkin verran kyseisten aineiden terveyshaitoista. Desinfiointiaineita käytettiin sairaaloiden ja asuntojen (pääasiassa omakotitalot) puhdistuksissa. Jotkut käyttivät niitä myös toimistoissa. Pääasiallinen käyttökohde oli tuloilmakanavisto. Noin kolmannes puhdistajista käytti desinfiointiaineita home/bakteeriongelmien ennaltaehkäisemiseksi. Saman verran puhdistajista kertoi käyttävänsä niitä sekä todettujen home/bakteeriongelmien johdosta että niiden ennaltaehkäisemiseksi. Jopa 9 % tunnusti, ettei tiedä mihin niitä käytetään. Desinfiointiaineiden terveyshaitoista tiesi 44 % prosenttia puhdistajista jonkin verran ja 30 % kertoi tietotasonsa olevan huono. Taulukossa 10 on esitetty vastausten jakauma tietolähteittäin, joista puhdistajat ja työnjohtajat olivat saaneet tietoa liuotin-, pesu- ja desinfiointiaineiden aiheuttamien terveyshaitoista.

Taulukko 10. Liuotin-, pesu- ja desinfiointiaineiden aiheuttamien terveyshaittojen tiedonlähteet.

<i>Tietolähde</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
Työnantaja	38	-
Työtoverit	42	9
Myyjä	11	26
Työterveyshuolto	11	13
Työturvallisuustiedotteet	8	57
Liuotin/desinfiointiaineiden kyljestä	66	70
Muualta	5	22
En ole saanut tietoa mistään	13	4

Likaisten työvälineiden puhdistukseen käytetyt menetelmät käyvät ilmi taulukosta 11. Suurin osa puhdistajista (88 %) käytti puhdistukseen vettä ja liuotin- ja puhdistusaineita. Taulukon 11 menetelmien lisäksi muita puhdistajien mainitsemia työvälineiden puhdistusmenetelmiä olivat harjaus, kostealla rätillä pyyhintä, paineilmapuhdistus ja pesukoneessa pesu.

Taulukko 11. Likaisten työvälineiden puhdistukseen käytetyt menetelmät.

Puhdistusmenetelmä	(%)
Vesipesu	41
Liuotin- ja puhdistusaineilla ja vedellä pesu	88
Keittäminen	0
Höyrypesu	5
Desinfiointi	9

Lähes puolet (45 %) vastaajista koki, että oli saanut riittävästi opastusta likaisten työvälineiden puhdistuksessa. 32 % arvioi saaneensa opastusta jonkun verran, 8 % huonosti ja 8 % ei ollenkaan. Suurin osa rakennusten käyttäjistä (77%) pitivät puhdistajien mukaan ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta tarpeellisena toimenpiteenä.

### 5.1.5 Työtapaturmat

Puhdistajia sekä heidän työnjohtajiaan/esimiehiä pyydettiin arvioimaan, mitkä kolme tekijää aiheuttavat eniten fyysistä ja henkistä kuormitusta puhdistustyössä. Tapaturmien osalta pyydettiin arvioimaan kolme tyypillisintä tapaturman aiheuttajaa sekä kolme tyypillisintä tapaturmatyyppiä puhdistustyössä. Lisäksi kysyttiin millaisia tapaturmia puhdistajille on sattunut (kolme tyypillisintä), mitkä ovat olleet yleisimmät vahingoittuneet ruumiinosat ja kuinka kauan tapaturmista johtuva työkyvyttömyysaika on yleensä ollut. Näiden kysymysten vastaukset on esitetty taulukoissa 12 - 17.

Taulukko 12. Eniten fyysistä kuormitusta puhdistajien työssä aiheuttavat tekijät.

<i>Tekijä</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
jatkuva liikkuminen tai kiipeily	47	70
kumarat, kiertyneet työasennot	45	39
polvi- tai kyykkyasennossa työskentely	44	43
kädet koholla työskentely	44	43
raskas ruumiillinen työ	31	22
samanlaisina toistuvat työliikkeet	19	17
käsin kantaminen	19	4
sopimaton työskentelykorkeus	17	30
niska eteenpäin tai taaksepäin taipuneena työskentely	11	30
paikallaan seisominen	5	0
makuuasennossa työskentely	3	4
ranteiden ja sormien taipuneet ja kiertyneet asennot	3	9
paikallaan istuminen	0	0

Taulukko 13. Eniten henkistä kuormitusta puhdistajien työssä aiheuttavat tekijät.

<i>Tekijä</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
ulkopuolelta määräytyvä nopea työtahti	61	74
tapaturmavaara	59	87
epäselvyys työnjaossa ja vastuussa	41	9
vastuu ihmisistä, aineellisista tekijöistä	31	43
vaaralliset aineet	25	39
taloudellinen vastuu	24	17
uhkat (lomautus, työttömyys, irtisanominen, ennakoimaton tilanne)	19	0

Taulukko 14. Tyypillisimmät tapaturman aiheuttajat puhdistajien työssä.

<i>Tekijä</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
tikkaiden/telineiden kiinnitys ja kunto	66	65
ahtaat työskentelytilat	64	56
luukut, kulutiet	42	61
muut rakenteelliset seikat	28	35
väsyneenä työskentely	24	22
kanavien sisällä työskentely	17	22
kuljetus- ja nostolaitteet	8	4
kuumissa paikoissa työskentely	8	9
työkalut ja laitteet	5	26
muut työvälineet	3	4
sähköasennusten tekeminen	3	0
pölyn syttymisherkkyyys/räjähdyksivaara	2	4



Taulukko 15. Tyypillisimmät tapaturmatyypit puhdistajien työssä.

<i>Tekijä</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
teräviin reunoihin, metallisiruihin satuttaminen	94	96
kaatuminen/liukastuminen	61	74
Putoaminen	59	43
ylikuormittuminen/rasittuminen	22	26
putoavat/sortuvat esineet	13	13
esineiden väliin/sisään jääminen	11	22
esineiden päälle astuminen	8	13
sähköiskut	3	13
lämpö	3	17

Taulukko 16. Tyypillisimmät puhdistustyössä sattuneet tapaturmat.

<i>Tekijä</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
pintavamma	81	74
viiltoamma	81	87
nyrjähtäminen/venähtäminen	55	52
ruhjevamma/musertuminen	13	22
palovamma tai paleltuma	8	35
sijoiltaan meno	3	13
tärähdys/sisäinen vamma	3	0
luunmurtuma	0	4
äkillinen myrkytys/tukehtuminen	0	0
raajan/jäsenen menettäminen	0	4

Taulukko 17. Yleisimmin puhdistustyössä vahingoittuneet ruumiinosat.

<i>Tekijä</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
kämmen/sormet	91	87
silmä	30	44
selkä/selkäranka	30	48
yläraaja	27	22
pää (ei silmät)	24	30
alaraaja	22	17
vartalo	16	9
varpaat/jalkaterä	8	9
kaula, niska	5	9

38 % puhdistajista vastasi, ettei ole ollut töistä poissa tapaturmien vuoksi. Ne jotka olivat olleet poissa ilmoittivat, että 22 %:lla vastaajista työkyvyttömyysaika oli ollut 3 päivää tai enemmän. Työnjohdon mukaan tapaturmista johtuva työkyvyttömyysaika oli yleensä ollut 3 päivää tai enemmän (39 % vastaajista). 9 % vastasi, ettei yrityksessä ole ollut tapaturmista johtuvia poissaoloja. Avoimella kysymyksellä haettiin lisäksi tietoa siitä, millaiseen työvaiheeseen tapaturmat ovat liittyneet. Puhdistajien mukaan tapaturmat olivat liittyneet yleensä luukkujen tekoon tai avaamiseen, jolloin terävät reunat aiheuttivat viiltoja. Myös tavaroiden kantaminen ja siirtely olivat aiheuttaneet tapaturmia. Yleisin muista syistä johtuvien poissaolojen syy oli

flunssa, mutta poissaoloja liittyi myös mahatautiin, lasten sairastamiseen, rasitus ja viiltovammoihin.

### 5.1.6 Oireilu

Vastanneista puhdistajista vain muutamalla oli lääkärin toteama allerginen nuha, astma tai atooppinen ihottuma. Tupakoitsijoita puhdistajista oli puolet. Puhdistajat raportoivat pääasiallisesti kolmenlaisia oireita, jotka he kokivat liittyvän työhönsä. Nämä oireet liittyivät selkävaivoihin, niska-hartiaseudun kipuihin ja iho-oireisiin. Iho-oireet olivat lähinnä ihon kuivumista ja villapölyn aiheuttamaa kutinaa.

### 5.1.7 Suojautuminen

53 % puhdistajista käytti työasunaan takkia ja housuja. 67 % puhdistajista raportoi vaihtavansa työasunsa 1-4 kertaa viikossa ja 19 % kertoi vaihtavansa asua kerran 3-4 viikossa. 38 % puhdistajista kertoi pesevänsä työvaatteet kotonaan ja 42 % raportoi työnantajan pesevän työvaatteet. Kolmannes käytti puolikenkä-mallisia turvakenkiä ja toinen kolmannes muita tavallisia jalkineita. Käytetyt työkäsiineet olivat suurimmaksi osaksi nahkaisia (39 %) tai puuvillaisia (22 %). 44 % käytti muovisia tai kumisia suojakäsineitä liuotin-, pesu- ja desinfiointiaineiden käsittelyyn. Yllättävää oli, että 28 % kertoi, ettei käytä tässä työssä käsineitä ollenkaan.

75 % puhdistajista raportoi käyttävänsä hengityksen suojaimena kertakäyttöistä pölysuojainta. Noin kolmannes (28 %) käytti puolinaamaria, 9 % kokonaamaria ja 13 % puhaltimella varustettua hengityksen suojainta. 5 % kertoi, ettei käytä suojaimia. Yksittäiset puhdistajat osasivat kertoa käyttämänsä suojaimen suodatusluokan, mutta vastauksista oli kuitenkin pääteltävissä, ettei se kovin hyvin ollut heilläkään tiedossa. Hengityssuojainta tai suojaimen suodatusosaa vaihtoi 48 % puhdistajista päivittäin. 16 % raportoi vaihtavansa sitä 1-3 kertaa viikossa ja 13 % kerran 2-12 viikossa. Hengityksensuojaimen hankinnasta vastasi pääasiallisesti työnantaja (84 % vastauksista). Sen sijaan sen huollosta vastasi 58 % vastanneista työntekijä itse. Neljännes vastaajista kertoi sen kuuluvan työnantajalle. Suojainten antamaa suojaa 44 % piti hyvänä ja saman verran kohtalaisena. Muista suojavälineistä käytetyimpiä olivat suojalasit (58 %), polvisuojat (52 %) ja kuulonsuojaimet (45 %). Tietoa suojainten oikeasta käytötavasta oli saatu työnantajalta (19 %) ja työtovereilta (16 %). 17 % kertoi, ettei kukaan ollut antanut heille tietoa asiassa.

### 5.1.8 Työturvallisuus ja työterveyshuolto

Lähes kolmannes (26 %) työnjohtajista kertoi, että yrityksessä oli käytössä työsuojelun toimintaohjelma. Ohjelma sisälsi pääasiallisesti terveystarkastuksia työterveyshuollossa. Työturvallisuuslaki oli tuttu noin viidennekselle työnjohtajista. Taulukossa 18 on esitetty vastausten jakauma tietolähteittäin, joista puhdistajat ja työnjohtajat olivat saaneet tietoa puhdistajan työhön liittyvistä vaaroista.

Taulukko 18. Puhdistustyön vaarojen tiedonlähteet.

<i>Tietolähde</i>	<i>Puhdistajat(%)</i>	<i>Työnjohtajat(%)</i>
Työnantaja	59	-
Työtoverit	73	-
Työterveyshuolto	22	57
Ammattiin liittyneet kurssit	33	74
Muualta	9	4
Kokemuksen kautta	-	39
En mistään	5	-

Lähes puolet (48 %) työnjohtajista oli sitä mieltä, että puhdistajat ottavat riittävästi huomioon työturvallisuusseikat työssään. 39 % mukaan parannettavaa olisi erityisesti suojautumisessa. 57 % työnjohtajista vastasi, että yrityksen työterveyshuolto oli järjestetty yksityisenä palveluna ja 26 % ilmoitti sen järjestetyn kunnallisena palveluna. 4 % vastasi ettei sitä ole erikseen järjestetty. Suurin osa (87 %) työnjohtajista oli tyytyväisiä työterveyshuollon sisältöön. 75 % puhdistajista oli tyytyväisiä työterveyshuollon järjestelyihin työpaikalla, mutta muutamat toivoivat perusteellisempia tutkimuksia ja useammin tehtäviä tarkastuksia. Jotkut puhdistajista eivät olleet vielä käyttäneet kyseisiä palveluita.

Työturvallisuuteen ja suojautumiseen liittyvää koulutusmateriaalia oli alalla saatavissa 44 % mielestä jonkin verran ja kolmanneksen mielestä huonosti. Vain 17 % työnjohtajista oli tyytyväisiä koulutusmateriaalitarjontaan. Lisätietoja työnjohtajat kaipasivat suojautumisesta (erityisesti pöly tuli esille), ja suojainten käytöstä. Vastauksista ilmeni myös, että lainsäädännöstä, kanavistojen epäpuhtauksista, desinfiointiaineiden vaikutuksesta epäpuhtauksiin, asbestin käyttäytymisestä puhdistustyössä ja puhdistusaineiden terveysvaikutuksista kaivattaisiin tietoa.

### 5.1.9 Muuta

86 % puhdistajista raportoi saaneensa riittävästi perehdytystä työhönsä. Lisätietoja kaivanneet olisivat halunneet tietää enemmän henkilökohtaisesta suojautumisesta ja työvälineiden huollosta sekä liuotainaineiden käytöstä. Myös lisätiedot ilmanvaihtomittauksista ja säädöistä, järjestelmien automatiikasta ja paloturvallisuudesta olisivat olleet tervetulleita. Työnjohtajien vastaukset olivat samansuuntaisia, sillä 65 % työnjohtajista oli sitä mieltä, että työntekijät saavat perehdytystä työhönsä riittävästi. Työturvallisuutta koskevat erityispiirteet tiedotetaan työnhajauksessa suurimmaksi osaksi työnjohtajien mukaan suullisesti (74 %).

Reilut puolet työnhajouksesta oli osallistunut puhdistuskoulutukseen ja 35 % sekä puhdistus että esimieskoulutukseen. Työvoiman saatavuus alalle ei ollut työnhajouksen mukaan riittävä. Tätä mieltä oli 70 % vastanneista.

Työvälineiden kehitystarpeet liittyivät puhdistajien mukaan laitteiden kehittämiseen kevyemmiksi ja tikkaiden kehittämistä tukevammaksi. Laitteiden toivottiin olevan myös parempilaatuisia. Työjohtajat toivoivat menetelmiä ja laitteita rasvakanavien puhdistamiseen ja kalustoa kanavien ulkopuoliseen puhdistamiseen. Työmenetelmissä kehitystarpeet liittyivät parempien tikkaiden, kulkusiltojen ja telien kehittämiseen ja katolle kulkemiseen sisäkautta. Toivottiin myös parempia suojaimia, joita tulisi myös oppia käyttämään. Työpaikoilla toivottiin järjestettävän myös työturvallisuuteen liittyvää koulutusta. Työnjohtajat toivoivat lisäksi selvää

ohjeistusta puhdistukseen ja menetelmäkuvauksia sekä kiinteistön käytön ja huoltoturvallisuuden parempaa valvontaa. Puhdistajat toivoivat henkilökohtaisia suojaimia, joita olisi myös paremmin saatavilla sekä opastusta käytöstä ja huollosta. Työnjohtajatkin toivoivat suojainten käytön lisäämistä ja yleisesti suojainten parantamista.

Muut puhdistajien kommentit liittyivät parempien ja sopivampien työvaatteiden käyttöön. Toivottiin myös parempaa palkkaa ja selkeämpiä loma-aikoja. Puhdistajat vastasivat myös, että kanavien puhdistusta ei huomioitu kaikissa kohteissa; luukut puuttuivat ja niiden sijoittelussa oli myös puutteita. Myös peltiruuvit vaikeuttavat puhdistusta. Alalle kaivattiin myös puolueetonta tarkastajaa, joka tarkastaisi työt. Tikkaiden, kulkusiltojen ja kattoturvatuotteiden kuntoa kehoitettiin myös tarkkailemaan.

Työnjohtajat toivoivat, että liikkuminen ahtaissa paikoissa otettaisiin huomioon jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Puhdistusluukkujen asentamisen tulisi tapahtua Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan; alaslasketut katot ovat usein ongelmallisia. Koulutusta pitäisi kehittää niin, että uusia asioita opiskeltaisiin kursseilla, koulutuspäivillä. Rakennusaikaisen valvonnan tulisi koskea myös kanavistojen ja koneiden turvallista puhdistamista. Nykyisin rakennusvalvojat eivät tiedä tarpeeksi puhdistamisesta. Kiinteistöjen omistajien tulisi huolehtia tikkaista sekä katoilla kulkusilloista.

## **5.2 MINERAALIKUIDUT**

### **5.2.1 PPPS – menetelmällä mitatut mineraalikuitupitoisuudet**

Taulukossa 19. on esitetty PPPS – menetelmällä määritetyt mineraalikuitupitoisuudet työntekijöiden hengitysvyöhykkeellä ja kiinteissä mittauspisteissä kohteittain sekä työvaiheittain. Jokaisessa kohteessa otettiin vähintään 4 hengitysvyöhykenäytettä. Samasta työvaiheesta otettujen näytteiden tulokset on kuvattu vaihteluvälinä ja sisältävät kaikenkokoiset näytteissä esiintyneet mineraalikuidut. Kiinteitä näytteitä otettiin 1-2 kpl / mittauspiste. Menetelmän määrittäjäraja kiinteistä pisteistä otetuille näytteille oli 0,2 - 0,9 kuitua/cm<sup>2</sup>\*h ja hengitysvyöhykenäytteille 0,2-7,5 kuitua/cm<sup>2</sup>\*h.

Hengitettävien mineraalikuitujen (WHO – kuidut, pituus 3 µm) osuus kaikista PPPS – kuitunäytteistä oli keskimäärin 27,3 %, vaihdellen kohteittain 12 – 61,5 % välillä.

Taulukko 19. Mineraalikuitupitoisuudet (kuitua/cm<sup>2</sup>\*h) kiinteissä mittauspisteissä ja hengitysvyöhykkeellä PPPS-menetelmällä määritettynä.

Kohde	Kiinteät mittauspisteet			Hengitysvyöhyke	Työvaiheet näytteenoton aikana
	Ulkoi- ilma	Vertailu- tila	Puhdistettava tila		
Toimisto	1	-	am	5 - 10	Alaslasketun katon purku ja kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus
				40 - 75	Pääte-elimien puhdistus ja paikalleen laitto, alaslasketun katon purku, lämpöeristeiden irrotus
				27 - 5893	Alaslasketun katon purku ja kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus, kanavien harjaus
Koulu	am - 1	am	4 - 9	379	Tuloilmakammion paineilmapuhdistus, kammion sisällä työskentely
				97 - 192	Tuloilmakoneen puhdistus ilmastointikonehuoneessa
				20	Tuloilmakoneen puhdistus ilmastointikonehuoneessa, alipaineletkun pitäminen
				17 - 65	Luokkien haarakanavien harjaus, paineilmapuhdistus
Päiväkoti	am - 1	am	am - 2	5	Poistokanavien harjaus huoneista käsin, runkokanavien harjaus villauhallakolla
				15 - 45	IV-koneen puhdistus, koneelle tulevien kanavien harjaus
Huonekalu- tehdas	-	-	am	9	Kiertoilmakoneiden paineilmapuhdistus
				1	Pääte-elimien pesu ja imurointi, kanavan päällisten imurointi, poistojen harjaus, valmistelutyö
Pesula	am	am	am - 4	3	Pesukoneen yläpuolisten poistokammioiden imurointi, LTO-kennojen paineilmapuhdistus, vaatteet puhdistettu paineilmalla
				am - 1	LTO:n paineilmapuhdistus ulkona
				2	Poistokanavien ja LTO:n paineilmapuhallus, vaatteet puhallettu puhtaaksi paineilmalla
Tietoliikenne- keskus	am	am	am	33	IV-koneen paineilmapuhallus, imuletkun pito
				43	Poistojen harjaus, alakaton purku
				3	Poistojen harjaus, pääte-elimien pesu
				59	Kanavien harjaus
Liikekeskus	am	1	am	12	Ontelolaattakanavien harjaus, pääte-elimien irrotus, alaslasketun katon avaus
				1	Valmistelu, kanavien harjaus
				2 - 14	Ontelolaattakanavien harjaus ja pinnoitus, pääte-elimien irrotus
Sairaala	am	am	am - 1	5 - 9	Poistokanavien harjaus
				am	Runkokanavien harjaus, poistokoneen puhdistus
				27	Tuloilmakanavien harjaus
				3	Tuloilmaelinten puhdistus (imurointi + paineilma), tulokanavien harjaus
Ravintola	am	am - 1	am	81 - 110	Huuvan rasvan kaapiminen, poistojen harjaus villauhallakolla ja katolla, poistokoneen imurointi
				14 - 21	Rasvakanavien kaapiminen, pääte-elimien pesu, poistojen harjaus

am = alle määrittäjärajan

### 5.2.2 Standardimenetelmällä mitatut mineraalikuitupitoisuudet

Taulukossa 20. on esitetty SFS 3860 menetelmällä kerättyjen ilmanäytteiden mineraalikuitupitoisuudet eri mittauspisteissä. Jokaisessa kohteessa otettiin vähintään 2 näytettä / mittauspiste. Taulukon tulokset on esitetty useiden näytteiden vaihteluvälinä ja sisältävät kaikenkokoiset näytteissä esiintyneet mineraalikuidut. Menetelmän määrittäjäraja oli 4-15 kuitua/m<sup>3</sup>.

Taulukko 20. Mineraalikuitupitoisuudet (kuitu/m<sup>3</sup>) kiinteissä mittauspisteissä standardin SFS 3860 mukaisesti määritettynä.

Kohde	Kiinteät mittauspisteet		
	Ulkoilma	Vertailutila	Puhdistettava tila
Toimisto	20 - 38	117	154 - 407
Koulu	21 - 53	am	21 - 404
Päiväkoti	am - 17	am - 23	112 - 624
Huonekalutehdas	am	-	19
Pesula	am - 15	am	am
Tietoliikennekeskus	am	am - 17	am - 50
Liikekeskus	am	am	am - 20
Sairaala	am	am - 33	am - 61
Ravintola	am	am - 30	77
Sairaala	am	am	am

am = alle määrittäjärajan

### 5.2.3 Laskennalliset mineraalikuitupitoisuudet

Taulukossa 21. on esitetty mineraalikuitujen laskennalliset pitoisuudet kiinteissä mittauspisteissä ja hengitysvyöhykkeellä. Laskennallisten pitoisuuksien laskeminen perustuu kuitujen laskeutumisenopeuksiin ja kuitupitoisuudet ovat merkittävästi riippuvaisia laskeutuvien kuitujen pitouksista ja halkaisijoista. Laskennallinen malli on suunniteltu toimivan tuulettomassa tilassa ja ei ota täten huomioon ilmapirtauksia. Kuitujen laskeutumiskorkeudeksi on oletettu laskentamallissa 40 cm. On tärkeää huomioida, että laskentamallin tulokset ovat arvioita kuitujen ilmapitoisuuksista ja tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia muihin kuitujen ilmapitoisuustuloksiin verrattaessa. Määrittäjäraja laskennallisille pitoisuuksille oli 0,4-128 kuitua/m<sup>3</sup>.

Taulukko 21. Mineraalikuitujen laskennalliset pitoisuudet (kuitu/m<sup>3</sup>).

Kohde	Kiinteät mittauspisteet			Hengitysvyöhyke	Työvaiheet näytteenoton aikana
	Ulkoilma	Vertailutila	Puhdistettava tila		
Toimisto	am - 9	-	am - 20	10 - 60	Alaslasketun katon purku ja kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus
				100 - 600	Pääte-elimien puhdistus ja paikalleen laitto, alaslasketun katon purku, lämpöeristeiden irrotus
				70 - 138 000	Alaslasketun katon purku ja kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus, kanavien harjaus
Koulu	am - 1	am	60 - 190	1700	Tuloilmakammion paineilmapuhdistus, kammion sisällä työskentely
				4400	Tuloilmakoneen puhdistus ilmastointikonehuoneessa
				800	Tuloilmakoneen puhdistus ilmastointikonehuoneessa, alipaineletkun pitäminen
				100 - 800	Luokkien haarakanavien harjaus, paineilmapuhdistus
Päiväkoti	am - 2	am	am - 10	0 - 10	Poistokanavien harjaus huoneista käsin, runkokanavien harjaus villauhallakolla
				20 - 100	IV-koneen puhdistus, koneelle tulevien kanavien harjaus
Huonekalutehdas	-	-	am	200	Kiertoilmakoneiden paineilmapuhdistus
				10	Pääte-elimien pesu ja imurointi, kanavan päällisten imurointi, poistojen harjaus, valmistelutyö
Pesula	am	am	am - 80	200	Pesukoneen yläpuolisten poistokammioiden imurointi, LTO-kennojen paineilmapuhdistus, vaatteet puhdistettu paineilmalla
				am - 10	LTON paineilmapuhdistus ulkona
				100	Poistokanavien ja LTON paineilmapuhallus, vaatteet puhallettu puhtaaksi paineilmalla
Tietoliikennekeskus	am	am	am	200	IV-koneen paineilmapuhallus, imuletkun pito
				900	Poistojen harjaus, alakaton purku
				10	Poistojen harjaus, pääte-elimien pesu
				700	Kanavien harjaus
Liikekeskus	am	am - 4	am	100	Ontelolaattakanavien harjaus, pääte-elimien irrotus, alaslasketun katon avaus
				100	Valmistelu, kanavien harjaus
				10 - 100	Ontelolaattakanavien harjaus ja pinnoitus, pääte-elimien irrotus
Sairaala	am	am	am - 20	50 - 100	Poistokanavien harjaus
				10	Runkokanavien harjaus, poistokoneen puhdistus
				600	Tuloilmakanavien harjaus
				20	Tuloilmaelinten puhdistus (imurointi + paineilma), tulokanavien harjaus
Ravintola	am	am - 10	am - 3	300	Huuvan rasvan kaapiminen, poistojen harjaus villauhallakolla ja katolla, poistokoneen imurointi
				1500 - 1600	Rasvakanavien kaapiminen, pääte-elinten pesu, poistojen harjaus

am = alle määrittämissä

### 5.3 HIUKKASET

IOM keräimellä määritettyjen hengitysvyöhykenäytteiden tulokset on esitetty taulukossa 22. Jokaisessa kohteessa kerättiin vähintään neljä näytettä ja näytteenoton aikana tehdyt työvaiheet kirjoitettiin muistiin. Työvaiheen pitoisuus tulokset edustavat keskimääräistä pitoisuutta kyseessä olevien työvaiheiden aikana. Koska työvaiheiden pituudet vaihtelivat välillä 68 - 416 minuuttia, laskettiin tuloksista 8 tunnin altistusta vastaava keskipitoisuus. Keskipitoisuuksien laskennassa hyödynnettiin IOM-keräimellä kerättyjä taustapitoisuus tuloksia (liite 5).

Ilman kokonaispölypitoisuudet määritettiin puhdistettavalta alueelta, vertailualueelta ja ulkoilmasta. Puhdistettavalla alueella ilman kokonaispölypitoisuudet olivat lähes jokaisessa kohteessa korkeampia kuin saman rakennuksen vertailutilassa, jossa ei puhdistettu (Kuva 10). Pitoisuudet vaihtelivat puhdistettavalla alueella välillä 0,01-0,21 mg/m<sup>3</sup>. Vertailutilan pitoisuudet olivat keskimäärin alle 0,02 mg/m<sup>3</sup> ja lähellä ulkoilman pitoisuuksia.

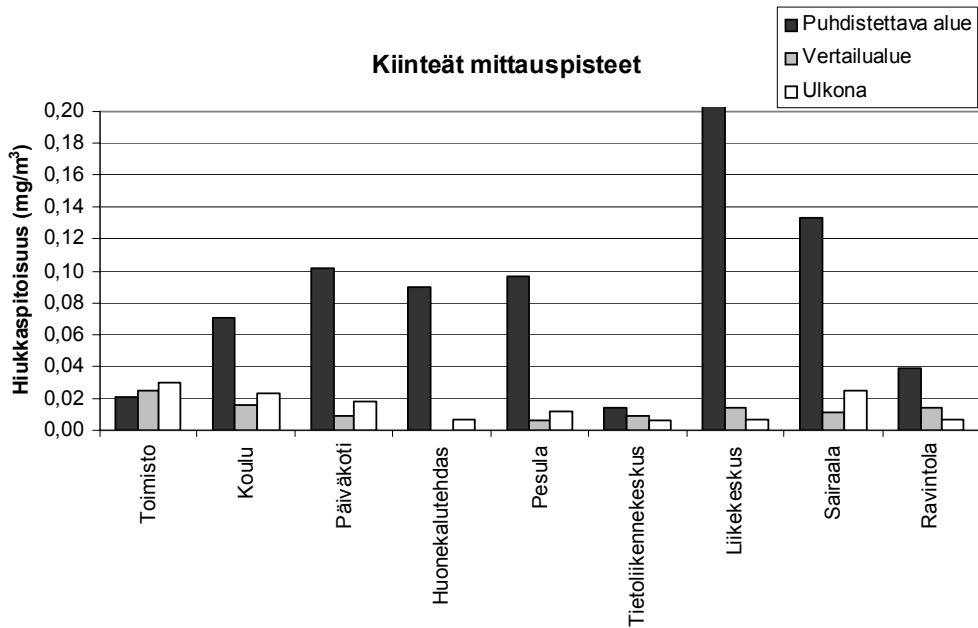
Taulukko 22. Henkilökohtainen altistuminen hiukkasille (hengittyvä jae).

Kohde	Työvaiheen pitoisuus (mg/m <sup>3</sup> )	8 h keski-pitoisuus (mg/m <sup>3</sup> )	Työvaiheet näytteenoton aikana
<b>Toimisto</b>	0,4	0,3	Alas lasketun katon purku, kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus
	0,3	0,3	Pääte-elimien puhdistus ja paikalleen laitto, alas lasketun katon purku, lämpöeristeiden irrotus
	0,2	0,2	Alas lasketun katon purku, kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus, kanavien harjaus
	0,3	0,3	Alas lasketun katon purku, kokoonpano, lämpöeristeiden irrotus, kanavien harjaus
<b>Koulu</b>	15,6	5,5	Tuloilmakammion puhdistus (imurointi + paineilma), kammion sisällä työskentely ja koneen puhdistus ilmastointikonehuoneesta käsin
	2,2	0,8	Tuloilmakammion puhdistus (imurointi + paineilma), alipaineistus, kammion ulkopuolella työskentely
	0,6	0,3	Luokkien haarakanavien harjaus, paineilmapuhdistus
	0,7	0,4	Luokkien haarakanavien harjaus, paineilmapuhdistus
<b>Päiväkoti</b>	0,9	0,6	Poistokanavien harjausta huoneista käsin sekä runkokanavien harjaus villaulakolta käsin
	0,6	0,4	Poistokanavien harjausta huoneista käsin sekä runkokanavien harjaus villaulakolta käsin
	1,4	0,9	IV-koneen puhdistus, koneelle tulevien kanavien harjaus
	1,2	0,7	IV-koneen puhdistus, koneelle tulevien kanavien harjaus
<b>Huonekalu-tehdas</b>	4,0	2,6	Kiertoilmakoneiden paineilmapuhdistus
	1,2	0,7	Kanavien harjauksessa avustus ja kanavan päällisten imurointi
	2,7	1,7	Pääte-elimien pesu ja imurointi, kanavan päällisten imurointi, poistojen harjaus, valmistelutyö
	3,3	1,6	Kiertoilmakoneiden puhdistus, poistojen (puhallin) puhdistus, muu valmistelutyö
	6,8	3,2	Kanavan päällisten imurointi, poistoilmapuhaltimen puhdistus
	44,6	8,0	Pintakäsittelylinjan kammion puhdistus
	6,6		Valmistelutyötä ja kiertoilmakoneen puhdistusta loppu päivä



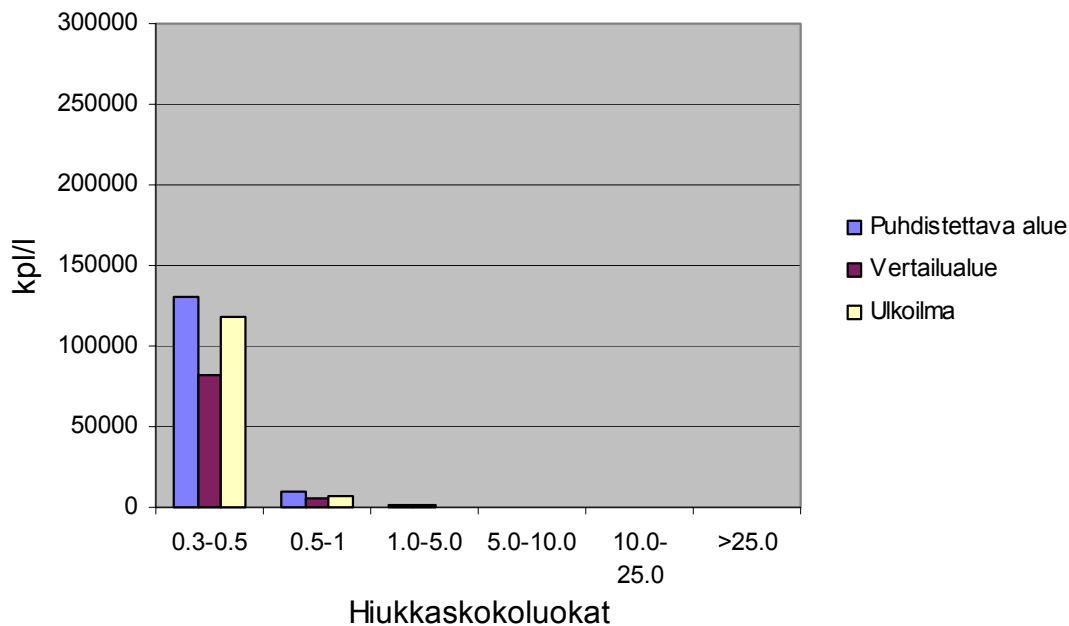
Taulukko 22 (jatkoa). Henkilökohtainen altistuminen hiukkasille (hengittyvä jae).

Kohde	Työvaiheen pitoisuus (mg/m <sup>3</sup> )	8 h keski-pitoisuus (mg/m <sup>3</sup> )	Työvaiheet näytteenoton aikana
<b>Pesula</b>	1,8	0,9	Poistojen paineilmapuhallus, LTO-kennojen puhdistus paineilamalla, vaatteet puhallettu paineilamalla näytteen aikana
	1,4	0,7	Pesukoneen yläpuolisten poistokammioiden imurointi, LTO-kennojen paineilmapuhdistus, vaatteet puhdistettu paineilamalla
	1,5	0,5	Ilmastointikonehuoneen LTO:n puhdistus paineilamalla
	2,7	0,8	Ilmastointikonehuoneen LTO:n puhdistus paineilamalla
<b>Tietoliikenne-keskus</b>	0,7	0,4	Poistojen harjaus, alakaton purku
	0,7	0,3	Poistojen harjaus, pääte-elimien pesu
	0,8	0,5	Kanavien harjaus
	0,9	0,5	IV-koneen paineilmapuhallus, imuletkun pito
<b>Liikekeskus</b>	1,7	0,9	Ontelolaattakanavien harjaus, pääte-elimien irroitus, alas lasketunkaton avaus
	0,7	0,4	Valmistelu, kanavien harjaus
	0,7	0,4	Ontelolaattakanavien pinnoitus, kanavien harjaus ja pääte-elimien irroitus
	0,9	0,4	Ontelolaattakanavien pinnoitus, kanavien harjaus ja pääte-elimien irroitus
<b>Sairaala</b>	0,9	0,4	Poistokanavien harjaus
	0,5	0,2	Poistokanavien harjaus
	8,3	3,0	Runkokanavan harjaus, poistokoneen puhdistus
	2,5	1,1	Runkokanavan harjaus, poistokoneen puhdistus
	0,7	0,3	Tuloilmakanavien harjaus
	0,3	0,2	Tuloilmalaatikoiden imurointi ja paineilmapuhallus, tulokanavien harjaus
<b>Ravintola</b>	1,4	0,9	Rasvakanavien kaapiminen, harjaus, pääte-elimien pesu, poistojen harjaus
	1,4	0,9	Rasvakanavien kaapiminen, harjaus, pääte-elimien pesu, poistojen harjaus
	0,8	0,5	Huuvan rasvan kaapiminen, poistojen harjaus villaullakolla ja katolla, poistokoneen imurointi
	0,7	0,5	Huuvan rasvan kaapiminen, poistojen harjaus villaullakolla ja katolla, poistokoneen imurointi



Kuva 10. Kiinteistä mittauspisteistä kerättyjen hiukkasnäytteiden tulokset.

Hiukkasten lukumääräpitoisuudet määritettiin puhdistettavalta alueelta, vertailutilasta sekä ulkoilmasta. Lisäksi joitakin näytteitä otettiin joistakin yksittäisistä työvaiheista. Hiukkasten lukumäärien osalta havaittiin, että sairaalassa, ravintolassa, pesulassa, liikekeskuksessa ja päiväkodissa hiukkasmäärät kohosivat ilmanvaihtokanavan tai ilmastointikonehuoneen puhdistuksen aikana puhdistettavissa tiloissa vertailutilaa korkeammiksi. Kaikkien kohteiden hiukkasten lukumäärät pylväsdigrammeina on esitetty liitteessä 1.



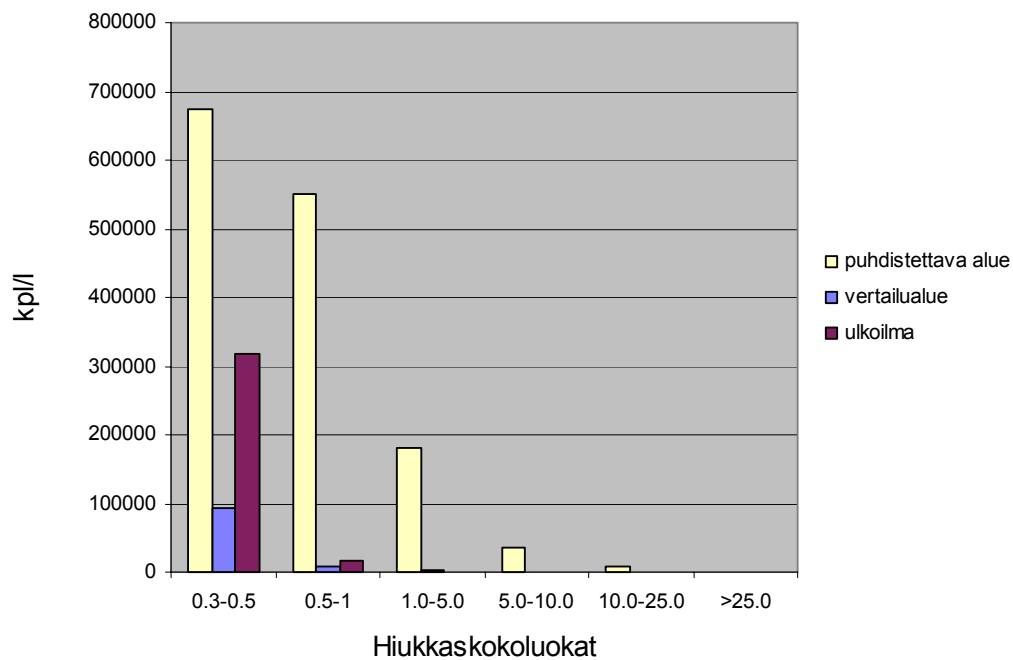
Kuva 11. Hiukkasmäärät (kpl/l) kokoluokittain ravintolassa ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen aikana.

Hiukkaslukumäärät (kokoluokassa 0,3-0,5  $\mu\text{m}$ ) pysyivät kohtalaisen alhaisina ( $< 300000$  kpl/l hiukkasia) toimistossa, ravintolassa (kuva 11), huonekalutehtaassa, tietoliikennekeskuksessa, koulussa ja sairaalassa iv-kanavan puhdistuksen aikana. Sairaalassa ilmastointikonehuoneen puhdistuksen aikana 0,3-0,5  $\mu\text{m}$  hiukkasten lukumäärä oli lähes 700000 kpl/l (kuva 12). Samoihin lukemiin päästiin pesulassa ja liikekeskuksessa.

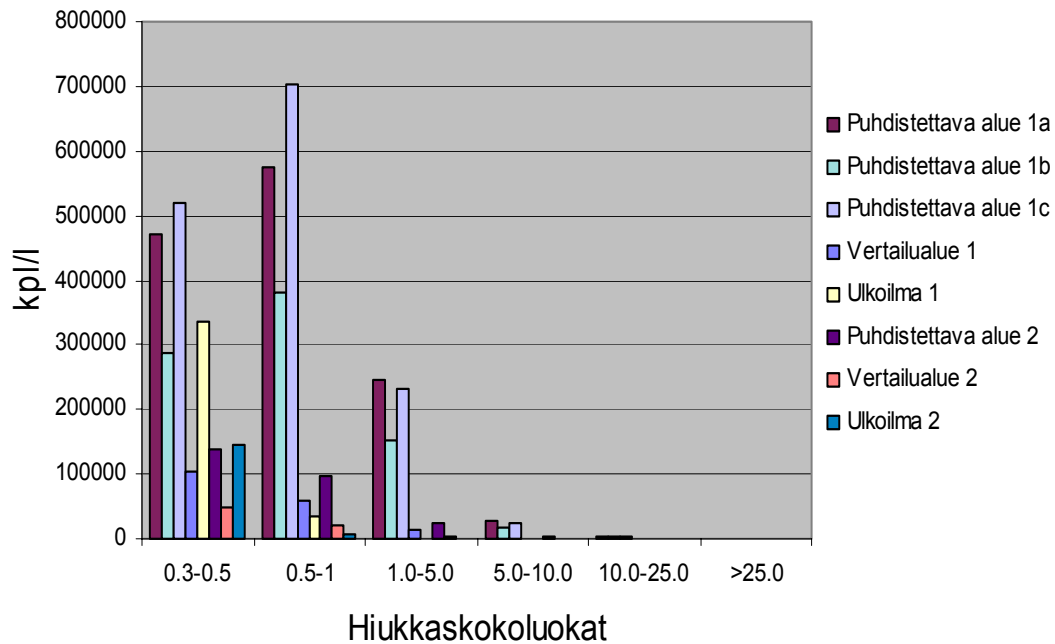
Tietyt työvaiheet kuten kiertoilmakoneen puhdistus huonekalutehtaassa, pääte-elimien paineilmapuhallus ja imurointi koulussa, sekä arkiston ontelolaattakanavien puhdistus liikekeskuksessa (kuva 13) nostivat hiukkaslukumääriä keskimääräistä puhdistuksen aikaista pitoisuutta korkeammiksi.

Hiukkaskokojakauma oli yleensä sellainen, että korkeimmat hiukkaslukumäärät mitattiin pienimmässä hiukkaskokoluokassa (0,3-0,5 $\mu\text{m}$ ) ja muissa kokoluokissa määrät olivat selvästi pienemmät. Huonekalutehtaassa ja sairaalassa ilmastointikonehuoneen puhdistuksen aikaan ero ei ollut niin selvä ja myös suurempia hiukkasia ( $>0,5$   $\mu\text{m}$ ) esiintyi merkittäviä määriä (kuva 12). Liikekeskuksessa hiukkasten kokojakauma poikkesi muista kun 0,5-1,0 $\mu\text{m}$  hiukkasia havaittiin eniten (kuva 13).

Ulkoilman hiukaspitoisuudet olivat huomattavan korkeat ( $> 300000$  kpl/l) sairaalan, liikekeskuksen ja päiväkodin mittausten aikaan. Sairaalan ja päiväkodin osalta korkeat ulkoilmapitoisuudet selittynevät sillä, että vieressä oli rakennustyömaa.



Kuva 12. Hiukkasmäärät (kpl/l) kokoluokittain sairaalassa ilmastointikonehuoneen puhdistuksen aikaan.



Kuva 13. Hiukkasmäärät (kpl/l) kokoluokittain liikekeskuksessa.

Taulukossa 23 on esitetty kanavapölykertymät tuloilmakanavissa ennen puhdistusta ja sen jälkeen. Pintapölynäytteitä otettiin paikoin myös poistoilmakanavista, poistokanavan luukulta, kanavien päältä sekä IV-koneesta (liite 6). Kanavat imuroitiin huonekalutehtaassa myös päältä, koska puupöly on paloturvallisuusriski. Korkeimpia pintapölypitoisuuksia mitattiin pintakäsittelykoneen poistokammista huonekalutehtaasta ( $1057,9 \text{ g/m}^2$ ), poistokanavan luukulta koulusta ( $65,4 \text{ g/m}^2$ ) ja kanavan ulkopinnalta huonekalutehtaasta ( $45,7 \text{ g/m}^2$ ). Poistoilmakanavien pintapölypitoisuudet kanavien sisällä vaihtelivat  $7,0 - 13,7 \text{ g/m}^2$ .

Taulukko 23. Kanavapölykertymät tuloilmakanavissa ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen.

Mittauspiste	Kanavapöly (g/m <sup>2</sup> )	
	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen
<b>Toimisto</b>		
Tuloilmakanava, 250 mm	1,2	0,4
Tuloilmakanava, 250 mm	0,3	0,3
Tuloilmakanava, 400 x 300 mm	2,5	0,3
<b>Koulu</b>		
Tuloilmakanava, 250 mm	5,8	-
Tuloilmakanava, 315 mm	4,3	0,1
<b>Päiväkoti</b>		
Tuloilmakanava, 250 mm	9,7	-
<b>Tietoliikennekeskus</b>		
Tuloilmakanava	5,0	-
Tuloilmakanava, 400 x 300 mm	1,9	-
<b>Liikekeskus</b>		
Tuloilmakanava	17,7	0,1
Tuloilmakanava	1,8	-
Tuloilmakanava	8,2	-
Tuloilmakanava	9,9	3,3
<b>Ravintola</b>		
Tuloilmakanava, 500 x 300 mm	10,5	-
<b>Keskiarvo</b>	<b>6,1</b>	<b>0,8</b>

- = ei mitattu

## 5.4 MIKROBIT

Taulukoissa 24 ja 25 on esitetty sisäilman, vertailutilan ja ulkoilman kokonaismikrobitulokset kohteittain. Ilmanäytteitä otettiin neljästä mittauskohteesta, joista sairaalassa tehtiin lisämittauksia korkeiden mikrobipitoisuuksien takia. Sairaalan kohonneet sisäilman mikrobipitoisuudet aiheutuivat käynnissä olleesta remontista, jossa käsiteltiin mm. kostuneita rakennuslautoja. Lisämittauksia tehtiin normaalin käytön aikana (remontti oli silloin tehty) ja sisäilman mikrobipitoisuudet olivat tällöin normaalilla tasolla. Määritysraja ilmanäytteille oli 7 pmy/m<sup>3</sup>.

Taulukko 24. Vertailutilan ja puhdistettavan tilan kokonaismikrobipitoisuudet (pmy/m<sup>3</sup>).

Mittauskohde	Vertailutila				Puhdistettava tila			
	THG		M2	DG18	THG		M2	DG18
	Bakteerit	Aktinom.	Sienet		Bakteerit	Aktinom.	Sienet	
Toimisto	1100	am	210	49	-	-	-	-
Päiväkoti	980	am	1300	480	860	am	130	71
Pesula	280	am	110	35	660	am	280	57
Sairaala	520	am	3900	5300	*	*	24000	590
Sairaala (lisä mittaukset)	120	am	160	14	200	am	39	am

am = alle määritysrajan, \* Malja täynnä homekasvustoa.

Taulukko 25. Ulkoilman kokonaismikrobipitoisuudet (pmy/m<sup>3</sup>).

	Ulkoilma			
	THG		M2	DG18
Mittauskohde	Bakteerit	Aktinom.	Sienet	
Toimisto	99	am	1300	480
Päiväkoti	2600	am	2500	2200
Pesula	5000	am	2300	1200
Sairaala	540	am	1500	7700
Sairaala (lisämittaukset)	35	am	760	110

am = alle määrittäysrajan

Ilmanäytteissä esiintyneet mikrobisuvut eivät viitanneet rakennuksissa tai ilmanvaihtokanavistossa esiintyvään kosteusvaurioon.

Taulukossa 26. on esitetty pintanäytteiden kokonaismikrobitulokset. Pintanäytteitä otettiin ilmanvaihtolaitteiden sisäpinoilta. Kaikkien kohteiden pintanäytteiden mikrobipitoisuudet olivat pieniä eikä suvusto viitannut kosteusvaurioon. Määrittäysraja näytteille oli 0,2-0,3 pmy/cm<sup>2</sup>.

Taulukko 26. IV -järjestelmän ja kanavien kokonaismikrobitulokset (pmy/cm<sup>2</sup>).

Mittauskohde	THG		M2	DG18
	Bakteerit	Aktinom.	Sienet	
<b>Toimisto</b>				
IV-kanava (puhdistamaton)	am	am	am	am
IV-kanava (puhdistettu)	am	am	am	am
<b>Koulu</b>		am		
IV-koneen (suodatinkotelo, puhdistamaton)	1	am	3	1
IV-konekotelo (puhdistamaton)	1	am	1	3
IV-koneen (ääniloukku, puhdistamaton)	am	am	am	am
IV-koneen (ääniloukku, puhdistettu)	2	am	am	am
IV-kanava (tulo, puhdistamaton)	1	am	1	1
IV-kanava (poisto, puhdistamaton)	15	am	2	1
<b>Tietoliikennekeskus</b>		am		
IV-kanava (tulo, puhdistamaton)	1	am	am	am
IV-koneen (suodatinkotelo)	4	am	7	5
IV-koneen kostuttimen vierestä	am	am	am	am

am = alle määrittäysrajan

Taulukossa 27. on esitetty sairaalassa käytössä olleesta EU3 – ilmanvaihtosuodattimesta otetun materiaalinäytteen kokonaismikrobipitoisuudet. Ilmanvaihtosuodattimen sieni-itiöpitoisuudet ovat vähän käyttämätöntä ilmanvaihtosuodatinta suuremmat DG18 alustan osalta. Näytteiden mikrobisuvusto ei sisältänyt kosteusvauriosta indikoivia mikrobeja.

Taulukko 27. Materiaalinäytteen kokonaismikrobipitoisuudet (pmy/g).

Näyte	THG		M2	DG18
	Bakteerit	Aktinom.	Sienet	
Käytössä ollut IV-suodatin (EU3)	2300	am	1100	450
Käyttämätön IV-suodatin (EU3)	900	am	1100	am

am = alle määritysrajan , 225 pmy/g.

## 5.5 HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (VOC)

Taulukossa 28. on esitetty kiinteiden mittauspisteiden kokonaishiilivetyypitoisuudet (TVOC) eri mittauskohteissa. Kiinteiden mittauspisteiden TVOC – pitoisuudet olivat kaikissa kohteissa matalia. Suurimmat TVOC – pitoisuudet havaittiin tehtaassa.

Taulukko 28. Kiinteiden mittauspisteiden TVOC –tulokset (mg/m<sup>3</sup>).

Mittauskohde	Sisäilma	Ulkoilma	Puhdistettava tila
Toimisto	0,123	0,025	0,154
Päiväkoti	0,010	0,001	0,067
Tehdas	1,685	0,037	1,598
Pesula	0,119	0,006	0,101
Tietoliikennekeskus	0,058	0,012	0,424
Sairaala	0,021	0,042	0,034
Ravintola	0,031	0,029	0,005

Taulukossa 29. on esitetty hengitysvyöhykenäytteiden kokonaishiilivetyypitoisuudet (TVOC) eri puhdistustöissä. TVOC – pitoisuudet olivat suurimpia huonekalutehtaalla. Hengitysvyöhykkeen korkein TVOC – pitoisuus mitattiin kemikaalivaraston tuloilmaelimiä puhdistuksen aikana (5,085 mg/m<sup>3</sup>). Muiden kohteiden TVOC – pitoisuudet olivat alhaisia.

Haihtuvista orgaanisista yhdisteistä suurimpina yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksina toimistossa havaittiin aromaattisista hiilivedyistä toluenia ja aldehydeistä nonanaalia. Toluenin pitoisuus kohteessa vaihteli välillä 1,3 – 29,2 µg/m<sup>3</sup> ja nonanaalin pitoisuus välillä 8,1 – 14,1 µg/m<sup>3</sup>. Päiväkodissa suurimpana yksittäisenä pitoisuutena oli myös tolueni (0,3-2,9 µg/m<sup>3</sup>) ja toiseksi eniten yhdisteistä löytyi alfa – pineeniä (0,1 – 5,1 µg/m<sup>3</sup>). Huonekalutehtaassa eniten yksittäisistä yhdisteistä todettiin alfa – pineeniä (0,7 – 829 µg/m<sup>3</sup>) ja 2 – butoksietanolia (10,5 – 391 µg/m<sup>3</sup>). Pesulassa suurimmiksi yksittäisiksi yhdisteiksi mitattiin aldehydit: nonanaali (3,1 – 5,2 µg/m<sup>3</sup>) ja dekanaali (0,4 – 6,2 µg/m<sup>3</sup>). Liikekeskuksessa suurimpia yksittäisiä pitoisuuksia edustivat aromaattisista hiilivedyistä tolueni (1,9 – 25,1 µg/m<sup>3</sup>) ja etyylibentseeni (19,3 – 90,2 µg/m<sup>3</sup>). Sairaalassa aromaattisten hiilivetyjen yksittäisiksi pitoisuuksiksi mitattiin toluenille (2,2 – 6,9 µg/m<sup>3</sup>) ja bentseenille (1,7 – 2,4µg/m<sup>3</sup>). Ravintolan bentseenipitoisuudet olivat samalla tasolla sairaalan pitoisuuksien kanssa ja aldehydeistä nonanaalin yksittäiset pitoisuudet vaihtelivat 2,8 – 3,6µg/m<sup>3</sup> välillä.

Taulukko 29. Hengitysvyöhykenäytteiden TVOC –tulokset (mg/m<sup>3</sup>).

Työvaiheet	Toimisto	Päiväkoti	Huonekalutehdas	Liikekeskus	Ravintola
Valmistelutyö ja tuloilmaelinten puhdistus	0,202				
Valmistelutyö ja puhdistusluukkujen avaus	0,215				
Pääte-elinten pesu		0,571			
Kiertoilmakoneen puhdistus			1,598		
Pinnoituskoneen poiston puhdistus			1,388		
Kemikaalivaraston tuloilmaelinten puhdistus			5,085		
Ontelolaattakanavien pinnoitus				0,612	
Ontelolaattakanavien pinnoitus				0,178	
Rasvahuuvan liuotinainepesu, vesiohenteinen					0,029
Rasvahuuvan liuotinainepesu, vesiohenteinen					0,024
Liuotinpuhdistuksen lopetus					0,043
Liuotinpuhdistuksen lopetus					0,044

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 TYÖTURVALLISUUSKYSELY

#### 6.1.1 Kohderyhmän taustatiedot

Työturvallisuuskyselyn vastausprosentti jäi melko matalaksi sekä puhdistajien että työnjohtajien kyselyssä. Osaltaan tähän luultavasti vaikutti kyselyn suorittamisajankohta, joka oli kevät. Tämä aika on yrityksissä vuoden kiireisin aika eikä ylimääräisille tehtäville tuolloin jää aikaa.

Kyselyn tulokset osoittivat, että puhdistajat ovat iältään nuoria ja heidän taustansa koulutuksen ja työkokemuksen osalta on kirjava. Toisin sanoen puhdistajan työ opitaan tekemällä. Työnjohtajilla oli enemmän aikaisempaa työkokemusta alan tehtävistä ja heistä noin puolella oli takanaan nuohousalan koulutusta. Kuitenkin työnjohtajienkin joukossa oli henkilöitä, joilla oli taustalla hyvin erilaisia työtehtäviä.

#### 6.1.2 Puhdistettavuus ja koetut työolot

Suurin osa työnjohtajista oli sitä mieltä, että ilmanvaihtokoneiden ja kanaviston puhdistettavuus oli huomioitu suunnitelmissa riittämättömästi ja myös käytännön toteutuksessa oli parannettavaa. Kanavistojen ja puhdistusluukkujen sijoittelussa yleisimmät ongelmat liittyvät luukkujen avautuvuuteen, johon useimmiten vaikutti rakenteelliset esteet luukkujen edessä, kuten lämpö- ja vesijohdot, sähköarinat ja kiinteät kalusteet. Myös luukun puuttuminen alaslasketusta katosta



vaikeutti puhdistustyötä. Usein myös osa piirustuksiin merkityistä puhdistusluukuista osa oli jätetty asentamatta tai tehty väärin paikkoihin. Ahtaissa tiloissa työskentely sekä voimavirran puute vaikeuttavat myös puhdistustyötä. Puhdistus- ja huoltotöiden onnistumisen edellytykset ja niiden asettamat vaatimukset (esim. tilantarve) tulisikin saattaa paremmin suunnittelijoiden tietoon. Myös yhteistyö asennusvaiheessa LVIS-urakoitsijoiden välillä ja riittävä, osaava työmaavalvonta parantaisivat puhdistajien ja muun kunnossapitohenkilöstön työolosuhteita tulevaisuudessa.

Yli puolet työnjohtajista kaipasi lisätietoja tarjouksen laatimisen pohjaksi seuraavista asioista: kanavistojen sijainti (lähinnä korkeus) ja sitä kautta telineiden/tikkaiden tarve, mahdollisten asbestitiivisteiden esiintyminen, kanavistoissa esiintyvät epäpuhtaudet ja kanavien kiinnitys, rakennuksen käyttötarkoituksen muutokset, tehdyt huoltotoimenpiteet sekä erityisesti ajan tasalla olevat ilmanvaihtokuvat. Tilojen käyttötarkoitusten muutokset ja siinä yhteydessä tehdyt kanavistomuutokset tulisi lisätä ilmanvaihtokuvaan. Piirustusten päivittäminen muutenkin esim. uusien luukkujen teon yhteydessä helpottaisi kuvien hyödyntämistä tulevaisuudessa. Kanavistojen sijainnista ja tikkaiden tarpeesta lähtevät lisätietovaatimukset viittaavat siihen, että kyselyyn vastanneissa yrityksissä on mukana sellaisia, jotka eivät tee kohdekäyntiä tarjouksen laatimisen pohjaksi. Kohdekäynti kuitenkin tuottaa arvokasta lisätietoa tarjouksen laatimisen pohjaksi ja varmasti maksaa itsensä takaisin puhdistajien työturvallisuuden parantumisen kautta.

Yli puolet puhdistajien vuotuisesta työajasta käytettiin ilmanvaihtojärjestelmien puhdistukseen ja siihen liittyviin tehtäviin. Toimeksiannot kohdistuivat pääasiassa asuinrakennusten ja toimistotyyppisten tilojen puhdistukseen. Vaikeimmiksi puhdistuskohteiksi puhdistajat arvioivat kerrostalojen välikatot ja villauhallakot. Näissä haittana olivat ahtaus, kävelysiltojen puute ja villapöly sekä kuumuus, naulat ja hankalat työasennot. Vaikeimpien kohteiden joukossa olivat myös ammattikeittiöt ja ravintolat, joissa rasvakanavien puhdistus oli vaikeaa sopivien työvälineiden puuttumisen vuoksi ja hankalien työaikojen ja luottimien kanssa työskentelyn vuoksi.

Puhdistajien mukaan pöly oli yleinen työoloja haittaava tekijä kaikissa kohteissa (asuinrakennukset, toimistotyyppiset tilat, teollisuudet tilat, tuotannolliset tilat ja muut erikoistilat). Pölyhaittoja koettiin kuitenkin asuntoja ja toimistoja enemmän teollisuuden ja tuotannon tiloissa. Kemikaaleista koettiin asuntoja ja toimistotiloja enemmän haittaa teollisuudessa, tuotannon tiloissa ja muissa erikoistiloissa. Eristevillakuidut haittasivat eniten asunnoissa, joissa 44 % puhdistajista koki näistä olevan haittaa lähes aina ja 9 % aina. Puhdistajien näkemys kuitualtistumisen osalta erosi hiukan työnjohtajien näkemyksestä, jonka mukaan eristevillakuiduista on haittaa lähes kaikissa kysytyissä kohdetyypeissä. Asbestia ei varsinaisesti koettu haitaksi missään puhdistuskohteessa.

Fysikaalisista työympäristötekijöistä melu koettiin haitaksi erityisesti teollisuuden tiloissa. Tärinää ei koettu haitaksi asuin- ja toimistorakennuksissa, mutta teollisuudessa ja tuotannollisissa tiloissa se haittasi enemmän. Kylmyys- ja vetohaittoja ei koettu olevan toimistorakennuksissa niin paljoa kuin muissa kohteissa. Samansuuntaiset tulokset saatiin kuumuuden ja kosteuden/märkyymisen osalta. Riittämättömästä valaistuksesta koettiin haittaa eniten asuinrakennuksissa. Fysikaalisten tekijöiden osalta työnjohtajien vastaukset jakautuivat tasaisemmin erikohteiden kesken eli ”eri tekijöiden haittaavuudessa” ei saatu niin selkeitä eroja kuin puhdistajien vastauksissa.

Tuloksista on havaittavissa se, että kohteet ovat hyvinkin erilaisia eli epäpuhtaudet vaihtelevat kohteittain ja osa kohteista on vaikeampia kuin toiset. Tulosten perusteella toimistotyyppisissä

tiloissa koettiin kuitenkin muita kohteita hiukan vähemmän haittoja epäpuhtauksista ja työympäristökäytöstä. Kohteet, joissa epäpuhtauksista koetaan haittaa lähes aina tai aina edellyttävät kyseisiltä epäpuhtauksilta suojautumista. Tarvittaessa epäpuhtauksilta ja olosuhteilta voidaan suojautua myös kohteissa, joissa näistä aiheutuu haittaa joskus. Erityisesti suojautuminen on tärkeää, jos kyseessä on harvoin toistuva, hetkellinen, mutta suuri pitoisuus.

### 6.1.3 Käytetyt puhdistusmenetelmät

Kuivaharjaus oli yleisimmin käytetty puhdistustekniikka ja sitä käytettiinkin pääasiallisena puhdistusmenetelmänä kaiken tyyppisissä kohteissa. Paineilmankäytön, imuroinnin ja käsin pyyhinnän osalta vastauksissa oli hajontaa vastausvaihtoehtojen välillä, mutta niiden käyttö oli yleistä kaikissa kohteissa. Pesu- ja liuotinaineita suurin osa puhdistajista käytti kaiken tyyppisissä kohteissa lähes aina tai aina. Suurin osa puhdistajista ei käyttänyt höyrupesua asuinrakennuksissa ja toimistorakennuksissa koskaan, mutta sen käyttö muun tyyppisissä tiloissa oli yleisempää. Suurin osa puhdistajista desinfioi asuinrakennusten ja toimistojen kanavia toisinaan ja muutamat olivat vastanneet desinfioivansa muun tyyppisten tilojen kanavistoja joko lähes aina tai aina.

Puolet puhdistajista ilmoitti käsittelevänsä liuotin- ja puhdistusaineita päivittäin työssään. Suurin osa käytti niitä rasvasuodattimien ja pääte-elimien puhdistamiseen. Kolmannes puhdistajista käytti desinfiointiaineita home/bakteeriongelmiin ennaltaehkäisemiseksi ja saman verran käytti niitä sekä todettujen home/bakteeriongelmiin johdosta että niiden ennaltaehkäisemiseksi. Vastauksista jäi sellainen vaikutelma etteivät puhdistajat täsmälleen tiedeneet milloin ilmanvaihtojärjestelmä on tarpeen desinfioida ja miltä osin. Desinfiointiaineita käytettiin erityisesti omakotitaloissa. Vastauksista ei kuitenkaan selvinnyt tehtiinkö desinfiointi aina omistajan pyynnöstä vai oliko desinfiointi helpompi markkinoida toimeksiantoon sisältyväksi näissä kohteissa. Ehkä omakotitalojen omistajat eivät ole riittävän tietoisia desinfioinnin tarpeellisuudesta. Vastausten joukossa oli myös erikoisuuksia, nimittäin joku käytti desinfiointiaineita käyttöönottopuhdistuksessa koko järjestelmään ja joku pesi niillä kerrostalon pääte-elimet. Osa vastasi myös, ettei ole käyttänyt ko. aineita.

Pesu-, liuotin- ja desinfiointiaineiden aiheuttamien terveyshaittojen tietolähteet erosivat puhdistajien ja työnjohtajien välillä. Puhdistajat saivat tietonsa suurimmaksi osaksi liuotin-/desinfiointiaineastian kyljestä, mutta myös työoverit ja työnantaja antoivat tietoa. Myös työnjohtajat lukivat tietonsa astioiden kyljestä, mutta lisäksi he ilmoittivat saavansa tietoa työturvallisuustiedoista. Puhdistajienkin tulisi saada käyttöönsä käyttöturvallisuustiedotteet.

### 6.1.4 Työn kuormittavuus ja tapaturmat

Puhdistajat kokivat, että eniten fyysistä kuormitusta puhdistustyössä aiheuttavat jatkuva liikkuminen tai kiipeily, kumarat/kiertyneet työasennot, polvi- tai kyykkyasennossa työskentely sekä kädet koholla työskentely. Myös työnjohtajien mielestä nämä tekijät aiheuttivat eniten fyysistä kuormitusta puhdistustyössä, mutta työnjohtajat pitivät puhdistajia selvemmin jatkuvaa liikkumista ja kiipeilyä eniten kuormittavana tekijänä.

Henkisen kuormituksen aiheuttajiksi puhdistajat kokivat pääasiassa ulkopuolelta määräytyvän nopean työtahdin sekä tapaturmavaaran. Nämä samat tekijät tulivat esille myös työnjohtajien vastauksissa, mutta työnjohto piti tapaturmavaaraa kuormittavampana kuin puhdistajat. Muita eroavaisuuksia vastausten välillä havaittiin työnjohtajien ja vastuukysymysten epäselvyyksien

kokemisen osalta sekä uhkien kokemisen osalta. Puhdistajat kokivat enemmän henkistä kuormitusta työnjaon ja vastuun epäselvyydestä sekä lomautukseen, työttömyyteen, irtisanomiseen tai ennakoimattomaan tilanteeseen liittyvistä uhkista. Taulukossa 13 esitettyjen asioiden lisäksi puhdistajat kokivat henkistä kuormitusta uudesta työkohteesta/työkaverista ja tunnollisimmat työntekijät työn kunnolla suorittamisesta. Työnjohdon puolelta arvioitiin palkkauksen, vaikeiden asiakkaiden ja vihaisten koirienkin lisäävän henkistä kuormitusta. Ulkopuolelta määräytyvä nopea työtahti johtuu todennäköisesti siitä, että kiinteistöjen omistajat eivät osaa varata puhdistukselle riittävästi aikaa, jotta työ ehdittäisiin tehdä rauhassa. Painostus aikataulussa kohdistuu ensisijaisesti työnjohtajaan, joka siirtää painetta työn suorittajalle eli puhdistajalle.

Tyypillisimmiksi tapaturman aiheuttajiksi puhdistustyössä ilmoitettiin tikkaiden/telineiden kiinnitys ja kunto, ahtaat työskentelytilat sekä luukkuihin ja kulkuteihin liittyvät tekijät. Tämän kysymyksen osalta puhdistajien ja työnjohdon näkemys oli hyvin samanlainen. Taulukon 14 tekijöiden lisäksi muiksi tyypillisiksi tapaturman aiheuttajiksi oli puhdistajien vastauksissa listattu myös terävät pellin reunat/luukut. Suurimmaksi osaksi puhdistajien tapaturmatyypit olivat olleet teräviin reunoihin ja metallisiruihin satuttamisia. Myös kaatumiset ja putoamiset olivat melko yleisiä. Tikkaiden/telineiden kunnan osalta olisi ollut mielenkiintoista tietää käytettiinkö yrityksissä yleensä omia tikkaita vai kohteessa tarjolla olevaa kalustoa.

Puhdistajien vastauksista kävi ilmi, ettei heille ollut tapahtunut suurempia, pitkiä työstä poissaoloja vaatineita tapaturmia. Yleisimmin tapaturmat olivat olleet pinta- ja viiltovammoja, jotka kohdistuivat kämmeniin ja sormiin. Myös nyrjähtämisten/venähtämisten arvioitiin olevan tyypillisten tapaturmien joukossa. Muita puhdistajille sattuneita tapaturmia (yksittäisiä tapauksia) olivat mustelmat, roskan/poralastun meno silmään, sähköiskut ja välilevyn pullistuma. Taulukossa 17 esitettyjen ruumiinosien lisäksi puhdistajat raportoivat muiksi vahingoittuneiksi ruumiinosiksi kantaluunmurtuman, nivelsidevamman, keuhkojen, käsivarsien/olkapäiden, nilkkojen tai ranteiden vahingoittumisen.

Työvaiheet, joihin tapaturmat liittyivät, olivat yleensä yhdistetty luukkujen tekoon tai avaamiseen, jolloin terävät reunat aiheuttivat viiltoja. Myös tavaroiden kantaminen ja siirtely olivat aiheuttaneet tapaturmia.

Puhdistajat olivat melko terveitä, sillä vain muutamalla oli lääkärin toteama allerginen nuha, astma tai atooppinen ihottuma. Oireita, joiden he kokivat liittyvän työhönsä, olivat selkävaivat, niska-hartiaseudun kivut ja iho-oireet, jotka liittyivät lähinnä ihon kuivumiseen ja villapölyn aiheuttamaan kutinaan. Lähes kolmannes puhdistajista kertoi, ettei käytä suojakäsineitä käsitellessään liuotin-, pesu- ja desinfiointiaineita. Tämä seikka selittää osaltaan käsien ihon kuivumisesta.

### **6.1.5 Työturvallisuuskäytännöt ja työturvallisuuden hallinta**

Suurin osa puhdistajista käytti hengityksensuojaimena kertakäyttöistä pölysuojainta. Kertakäyttöinen suojain ei kuitenkaan ole paras mahdollinen, sillä näissä suojaimissa esiintyy paljon reunavuotoja. Vastaukset osoittivat, ettei käytetyn suojaimen suodatusluokka ollut pääsääntöisesti tiedossa. Muut puhdistajien yleisimmin käyttämät suojavälineet olivat suojalasit, polvisuojat ja kuulonsuojaimet.

Lähes kolmannes työnjohtajista kertoi, että yrityksessä oli käytössä työsuojelun toimintaohjelma, joka sisälsi pääasiallisesti terveystarkastuksia työterveyshuollossa. Vastauksista oli pääteltävissä, että asia on vielä melko uusi ja vain osa yrityksistä oli panostanut siihen. Ohjelman sisältö oli tosin kovin suppea, joka osoittaa, että tiedottamista ja kehitystyötä tarvitaan. Työsuojelun toimintaohjelma laaditaan yleensä työpaikan turvallisuuden ja terveellisyyden edistämistä ja työkyvyn ylläpitämistä varten ja se voi kattaa työpaikan työolojen kehittämistarpeet ja työympäristöön liittyvien tekijöiden vaikutukset. Toimintaohjelmasta johdettavat tavoitteet on otettava huomioon työpaikan kehittämistoiminnassa ja suunnittelussa. Toimintaohjelman laadinta on lakisääteinen velvollisuus, joka koskee kaikenkokoisia yrityksiä (<http://www.tyoturva.fi/tyoturvallisuus/hallinta/ohjelma/>).

Työturvallisuuslaki oli tuttu n. viidennekselle työnjohtajista, joten tässäkin tarvittaisiin tiedottamista. Työnjohdon mielestä työvoiman saatavuus alalle ei ollut riittävä.

Puhdistajat saivat tietonsa puhdistustyön vaaroista lähinnä työtovereilta ja työnantajalta. Työnjohdon tiedot olivat kertyneet työterveyshuollon kautta sekä ammattiin liittyneillä kurseilla. Kyselyn tuloksista oli pääteltävissä, että alalle suunnattu koulutusmateriaali olisi tarpeellista. Lisätietoja kaivataan suojautumisesta (erityisesti pöly tuli esille), ja suojainten käytöstä. Vastauksista ilmeni myös, että lainsäädännöstä, kanavistojen epäpuhtauksista, desinfiointiaineiden vaikutuksesta epäpuhtauksiin, asbestin käyttäytymisestä puhdistustyössä ja puhdistusaineiden terveysvaikutuksista kaivattaisiin tietoa. Puhdistajat toivoivat, että perehdytyksen yhteydessä olisi tiedotettu enemmän henkilökohtaisesta suojautumisesta ja työvälineiden huollosta sekä liuotinaineiden käytöstä. Myös lisätiedot ilmanvaihtomittauksista ja säädöistä, järjestelmien automatiikasta ja paloturvallisuudesta olisivat olleet tervetulleita.

Työvälineiden kehitystarpeet liittyivät puhdistajien mukaan laitteiden edelleenkehittämiseen (keveys), parempien puhdistusmenetelmien kehittämiseen (erityisesti rasvakanavien puhdistus) ja tikkaiden kehittämiseen (tukevuus). Toivottiin myös parempia suojaimia, joita olisi aina saatavilla. Suojaimia tulisi myös oppia käyttämään ja saada riittävästi opastusta niiden käytöstä ja huollosta. Puhdistajat toivoivat myös, että työvaatteet olisivat parempia ja sopivampia. Sopivat työvaatteet ovat tärkeitä myös työturvallisuuden kannalta.

Työpaikoilla toivottiin järjestettävän työturvallisuuteen liittyvää koulutusta. Työnjohtajat toivoivat lisäksi selvää ohjeistusta puhdistukseen ja menetelmäkuvauksia sekä kiinteistön käytön ja huoltoturvallisuuden parempaa valvontaa. Koulutusta alalla pitäisi kehittää niin, että uusia asioita opiskeltaisiin kurseilla ja koulutuspäivillä. Alalle kaivattiin myös puolueetonta tarkastajaa, joka tarkastaisi puhdistustyöt.

Työnjohtajat toivoivat, että liikkuminen ahtaissa paikoissa otettaisiin huomioon jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Puhdistusluukkujen asentamisen tulisi tapahtua D2:n mukaan. Kanavien puhdistusta ei ole huomioitu nykyisinkään kaikissa kohteissa; luukut puuttuvat ja niiden sijoittelussa on myös puutteita. Myös asennuksessa käytetyt peltiruuvit vaikeuttavat puhdistusta. Rakennusaikaisen valvonnan tulisi koskea myös kanavistojen ja koneiden turvallista puhdistamista. Nykyisin rakennusvalvojat eivät tiedä tarpeeksi puhdistamisesta. Kiinteistöjen omistajia kehoitetaan huolehtimaan ja tarkkailemaan tikkaiden, kulkusiltojen ja kattoturvatuotteiden kuntoa.

## 6.2 ILMANVAIHTOLAITOSTEN EPÄPUHTAUDET

Ilmanvaihtokanavien puhdistus onnistui hyvin, sillä tutkittujen tuloilmakanavien pintapölypitoisuudet pienenevät puhdistuksen ansiosta yhtä poikkeusta lukuun ottamatta, jossa pitoisuus pysyi samana (Taulukko 23). Kyseisessä toimiston kanavassa pintapölypitoisuus oli jo ennen puhdistusta hyvin pieni ( $0,3 \text{ g/m}^2$ ). Korkein tuloilmakanavan pintapölypitoisuus mitattiin liikekeskuksessa ( $17,7 \text{ g/m}^2$ ), jossa kaikki tutkitut tuloilmakanavat olivat ontelolaattakanavia. Ontelolaattakanava kerää pölyä helpommin ja on vaikeampi puhdistaa karkean pintansa takia kuin peltinen ilmanvaihtokanava. Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään  $1,0 \text{ g/m}^2$  (Sisäilmayhdistys 2001). Tutkitut kanavat täyttivät puhdistuksen jälkeen tämän uusille kanaville tarkoitetun ohjearvon yhtä liikekeskuksen kanavaa lukuun ottamatta.

Keskimääräinen tuloilmakanavan pölykertymä ennen puhdistusta oli  $6,1 \text{ g/m}^2$  ja puhdistuksen jälkeen  $0,8 \text{ g/m}^2$ . Kanavat olivat hieman puhtaampia kuin aikaisemmassa, toimistoissa tehdyssä tutkimuksessa, jossa keskimääräinen tuloilmakanavan pölykertymä oli ennen puhdistusta  $8,4 \text{ g/m}^2$  ja puhdistuksen jälkeen  $1,9 \text{ g/m}^2$  (Kolari 2003). Tuloilmakanavien pölykertymät ennen puhdistusta olivat keskimäärin pienemmät poistoilmakanavien pölykertymiin verrattuna.

Ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnoilta otetut mikrobiologiset pintanäytteet eivät viitanneet järjestelmissä esiintyvään mikrobikasvustoon. Näytteissä todettiin esiintyvän vain yksittäisiä sieni-itiöitä (vaihteluväli  $0-7 \text{ pmy/cm}^2$ ), joiden suvusto ei viitannut kosteusvaurioon.

Myöskään käytössä olleesta ilmanvaihtosuodattimesta (poistosuodatin) määritetyt mikrobipitoisuudet eivät viitanneet kosteusvaurioon. Tuloksissa oli yllättävää se, että myöskin uudessa suodattimessa esiintyy lähes yhtä paljon mikrobeja kuin käytössä olleessa. Ainoa ero tuloksissa oli se, ettei uudesta suodattimesta löytynyt DG18-alustalla kasvavia sieni-itiöitä.

## 6.3 EPÄPUHTAUKSILLE ALTISTUMINEN PUHDISTUSTYÖSSÄ

### 6.3.1 Mineraalikuidut

PPPS-menetelmällä mitatut mineraalikuitupitoisuudet olivat pääsääntöisesti pieniä kaikkien kohteiden kiinteissä mittauspisteissä. Ulkoilma ja vertailutilan pitoisuudet ovat välillä  $0-1 \text{ kuitu/cm}^2 \cdot \text{h}$ . Puhdistettavalla alueella kuituja esiintyi hiukan enemmän (vaihteluväli  $0-9 \text{ kuitu/cm}^2 \cdot \text{h}$ ). Näytteenottopisteittäin tarkasteltuna eniten kuituja määritettiin koulussa tuloilmakoneen puhdistuksen yhteydessä. Puhdistettavan tilan mittauspiste sijaitsi tällöin koneenhuoneessa.

Hengitysvyöhykenäytteiden mineraalikuitupitoisuudet vaihtelevat kohteittain ja erityisesti työvaiheittain. Suurin mitattu kuitupitoisuus esiintyi näytteessä, jonka työvaiheet sisälsivät alaslasketun katon purkua ja kokoonpanoa, lämpöeristeiden irrotusta ja kanavien harjausta. Näistä työvaiheista kuidut ovat todennäköisesti peräisin alas lasketun katon ja lämpöeristeen käsittelystä. Pesulassa mineraalikuitualtistuminen oli pienintä, mutta tekstiilikuitupitoisuudet olivat kohteessa lähes kymmenkertaiset (liite 4). Rungas tekstiilikuitualtistuminen saattaa aiheuttaa herkimmillä yksilöillä ärsytsysoireita ylähengitysteissä ja iholla. Kiinteisiin mittauspisteisiin verrattuna hengitysvyöhykkeen mineraalikuitupitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia.

Suodatinmenetelmällä mitatut ulkoilman ja vertailutilan mineraalikuitupitoisuudet vaihtelivat välillä 0-117 kuitua/m<sup>3</sup>. Ulkoilmasta ja vertailutilasta mitatut mineraalikuitupitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa (ILO 2001). Puhdistettavan tilan mineraalikuitupitoisuudet olivat ulkoilman ja vertailutilan pitoisuuksia korkeampia. Suurimmat mineraalikuitupitoisuudet mitattiin toimistossa, koulussa ja päiväkodissa. Näissä korkeimmat ilman mineraalikuitupitoisuudet mitattiin ilmastointikonehuoneissa työskentelyn yhteydessä sekä eristettyjä kanavia sisältäneessä roilossa työskenneltäessä. Pesulan sisäilmanäytteistä mineraalikuituja ei löydetty, mutta tekstiilikuitupitoisuudet puhdistettavassa tilassa olivat huomattavan korkeita muihin kohteisiin verrattuna (3577 kuitua/m<sup>3</sup>). Muissa kohteissa tekstiilikuitujen taso oli pääasiassa < 720 kuitua/m<sup>3</sup>. Puhdistettavan tilan mineraalikuitupitoisuudet vastasivat pitoisuustasoa, joita on mitattu aiemmin alas laskettuja kattoja sisältäneissä rakennuksissa ja eristettyjä ilmanvaihtolaitteita käsiteltäessä (ILO 2001).

Yhdestäkään mineraalikuitunäytteestä ei löydetty asbestikuituja.

Laskennalliset mineraalikuitupitoisuudet laskettiin PPPS- tuloksista (taulukko 19). Ulkoilman ja vertailutilan mineraalikuitupitoisuudet olivat pieniä vaihdellen 0-9 kuitua/m<sup>3</sup>. Puhdistettavasta tilasta mitattiin korkeampia pitoisuuksia, jotka vaihtelivat välillä 0-190 kuitua/m<sup>3</sup>. Puhdistettavan tilan laskennalliset mineraalikuitupitoisuudet vastasivat pääsääntöisesti SFS 3860 menetelmällä saatuja tuloksia. Toimistossa, koulussa ja päiväkodissa SFS 3860 menetelmällä saadut mittaustulokset olivat kuitenkin laskennallisia pitoisuuksia suurempia (404-624 kuitua/m<sup>3</sup>). Laskennallisella menetelmällä saatujen tulosten sekä SFS 3860 menetelmän välisten tulosten vertaamisessa on huomioitava, että laskentamallin tulokset ovat arvioita kuitujen ilmapitoisuuksista ja siten eivät ole täysin vertailukelpoisia muihin kuitujen ilmapitoisuustuloksiin verrattaessa.

Hengitysvyöhykkeen laskennalliset mineraalikuitupitoisuudet vaihtelivat 0-138 000 kuitua/m<sup>3</sup>. Hengitysvyöhykkeen laskennalliset pitoisuudet olivat huomattavan paljon korkeampia kiinteiden pisteiden tuloksiin verrattuna. Suomessa ei ole annettu työhygieenisia (ilmapitoisuus, kuitu/cm<sup>3</sup>) raja – arvoja synteettisille mineraalikuiduille. Koska mineraalikuitupitoisuuksia mitataan yleensä ilmapitoisuuksina (kuitua/cm<sup>3</sup>) voidaan tämän tutkimuksen laskennallisia pitoisuuksia verrata esimerkiksi Ruotsin työhygieeniseen (1,0 kuitua/cm<sup>3</sup>) mineraalikuitujen raja – arvoon tai vastaavaan saksalaiseen raja-arvoon (0,25 kuitua/cm<sup>3</sup>). Kaikkien hengitysvyöhykenteiden laskennalliset pitoisuudet alittivat sekä ruotsalaisen että saksalaisen raja-arvon. Tarkastelussa on kuitenkin huomioitava, että laskennalliset pitoisuudet edustavat tuulettoman tilan pitoisuuksia. Kun kuitujen pitoisuus ylittää 100 kuitua/m<sup>3</sup>, saattaa ärsytysoireita ilmetä ylähengitysteissä, silmissä ja iholla (Tossavainen 2002). Hengitysvyöhykkeen laskennalliset mineraalikuitujen pitoisuudet pääsääntöisesti ylittävät tämän arvon.

Mineraalikuiduille altistumisesta johtuvat oireet liittyvät ihon ja silmien ärsytykseen sekä hengitysteiden ärsytykseen (Puhakka ym. 1993). Ärsytysoireiden kannalta merkittävimmät kuidut ovat läpimitaltaan yli 3 µm ja tämän perusteella onkin tärkeää määrittää hengittävän fraktion lisäksi ärsyttävien kuitujen osuus sekä kuitujen kokonaismäärä. Teollisten mineraalikuitujen ärsyttämät limakalvot ovat herkkiä tulehduksille (Tuomainen 2003). Kuitujen sideaineena käytetty foniformaldehydihartsin voi herkistää ihoa ja hengitysteitä (Nordman 1993). Altistumista voidaan vähentää käyttämällä hengityksen ja silmien suojaimia, suojakäsineitä ja työvaatetusta. Mineraalikuitueristeiden käsittelyssä voidaan hengityksen suojaimista käyttää P2 luokan suojainta, joka suojaa myös hienopölyltä

([http://192.58.80.9/ttl/projekti/aihekohtaiset/rakennusterveys/Rats-sivut/rakennustyon\\_suojainopas.pdf](http://192.58.80.9/ttl/projekti/aihekohtaiset/rakennusterveys/Rats-sivut/rakennustyon_suojainopas.pdf)).

### 6.3.2 Hiukkaset

Kohteittain tarkasteltuna henkilökohtainen pölyaltistuminen oli suurinta huonekalutehtaassa, jossa mitatut pitoisuudet vaihtelivat välillä 1,2 - 44,6 mg/m<sup>3</sup>. Muissa kohteissa pitoisuudet olivat pääsääntöisesti alle 2 mg/m<sup>3</sup>. Korkeimmat pitoisuudet yksittäisissä työvaiheissa mitattiin koulun ilmanvaihtokoneen puhdistuksen ja huonekalutehtaan poistoilmakammion imuroinnin yhteydessä. Molemmissa kohteissa puhdistaja meni ilmanvaihtojärjestelmän sisälle puhdistamaan. Korkea pölyaltistuminen erityisesti huonekalutehtaan poistoilmakammion puhdistuksen osalta selittyy sillä, että kammion sisältä otettu pölykertymänäyte sisälsi pölyä yli kilon neliometriä kohden (1057,9 g/m<sup>2</sup>). Koska puupöly on orgaanista ja palavaa, tällainen pölymäärä järjestelmän sisällä muodostaa huomattavan paloturvallisuusriskin. Tästä syystä Sisäasianministeriö onkin antanut määräyksen puusepäntehtaiden ja -liikkeiden ilmanvaihtojärjestelmien puhdistamiseksi vuosittain.

Vähätehoiselle epäorgaaniselle pölylle annettu 8 tunnin HTP-arvo on 10 mg/m<sup>3</sup> (HTP-arvot 2002). Tässä tutkimuksessa kerättyjen hiukkasnäytteiden näytteenottoajat vaihtelivat välillä 68-416 minuuttia, joten HTP-arvoihin vertailtavuuden vuoksi tuloksista laskettiin 8 tunnin keskipitoisuudet. Vähätehoisen epäorgaanisen pölyn HTP-arvo ei ylittänyt missään näytteessä, vaikka joissakin työvaiheissa mitattiin huomattavan korkeita pitoisuuksia. Puhdistustyön altistumisen arvioinnissa on lisäksi huomioitava se, että raskaassa työssä voi hengityksen voimakkuuden vuoksi elimistöön jäädä poikkeuksellisen suuria määriä ilman hiukkasia. Tämän seurauksena työ voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia, vaikkei epäpuhtauden pitoisuus työntekijän hengitysilmassa ylitäkään kahdeksan tunnin HTP-arvoa (HTP-arvot 2002).

Huonekalutehtaan henkilökohtaista hiukkasaltistumista tarkasteltaessa tulee kiinnittää huomiota myös pölyn laatuun, sillä puupölylle on Suomessa annettu oma HTP-arvo (5 mg/m<sup>3</sup>). Huonekalutehtaan mittauksissa yksi mittaustulos ylittää tämän arvon. Nykyistä puupölyn HTP-arvoa pidetään kuitenkin liian korkeana, sillä puupölyt voivat aiheuttaa hengitystieärsytystä jo, kun pitoisuus ylittää 0,5 mg/m<sup>3</sup> (Kauppinen 2003). Kaikki huonekalutehtaan tuloksista lasketut keskipitoisuudet ylittävät tämän arvon. Mittaustuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin huomioida se, että kohteen työntekijät käyttivät kertakäyttöisiä hengityssuojaimia, mikä alentaa todellista altistumista. Kasanen ym. (2001) selvittivät ikkuna-, huonekalu- ja parkettitehtaan puupölypitoisuuksia kiinteistä mittauspisteistä IOM-keräimellä sekä standardin SFS 3860 mukaisesti. Mittauksilla pyrittiin selvittämään todellisissa työtilanteissa esiintyviä pitoisuustasoja. Kaikki mitatut pitoisuudet olivat yleensä alle 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

Puhdistettavalla alueella, kiinteistä pisteistä mitatut ilman kokonaispölypitoisuudet olivat lähes jokaisessa kohteessa korkeampia kuin saman rakennuksen vertailutilassa, jossa ei puhdistettu (Kuva 10). Pitoisuudet vaihtelivat puhdistettavalla alueella välillä 0,01 - 0,21 mg/m<sup>3</sup>. Vertailutilan pitoisuudet olivat keskimäärin alle 0,02 mg/m<sup>3</sup> ja lähellä ulkoilman pitoisuuksia. Korkein puhdistettavalla alueella esiintynyt pitoisuus mitattiin liikekeskuksessa, jossa puhdistettiin ontelolaattakanavia (tuloilmakanavat). Kyseisessä kohteessa alipaineistus/suodatusyksikkö sijaitsi puhdistettavalla alueella ja saattoi siten nostaa ilman pölypitoisuutta. Puhdistettavan alueen vertailutilaa korkeammat pitoisuudet johtuvat osittain siitä, että puhdistusta kussakin kohteessa tapahtui useassa puhtaudeltaan erilaisessa tilassa, kuten luokkahuoneissa vrt. ilmastointikonehuoneessa. Ilmastointikonehuoneiden puhdistusten

yhteydessä mitatut pitoisuudet olivat tavanomaisia tiloja korkeampia ja yksittäiset tulokset vaihtelivat välillä 0,06 - 0,36 mg/m<sup>3</sup>.

Sairaalassa, ravintolassa, pesulassa, liikekeskuksessa ja päiväkodissa ensimmäisenä mittauspäivänä hiukkasten lukumäärät kohosivat ilmanvaihtokanavan tai ilmastointikonehuoneen puhdistuksen aikana puhdistettavissa tiloissa vertailutilaa korkeammiksi. Toimistossa, tietoliikennekeskuksessa, koulussa ja päiväkodissa toisena mittauspäivänä vastaavaa ei havaittu. Hiukkaslukumäärät pysyivät kohtalaisen alhaisina toimistossa, ravintolassa, huonekalutehtaassa, tietoliikennekeskuksessa, koulussa ja sairaalassa iv-kanavan puhdistuksen aikana. Tietyt työvaiheet kuten kiertoilmakoneen puhdistus huonekalutehtaassa, pääte-elimien paineilmapuhallus ja imurointi koulussa, sekä arkiston ontelolaattakanavien puhdistus liikekeskuksessa nostivat hiukkaslukumääriä keskimääräistä puhdistuksen aikaista pitoisuutta korkeammiksi.

Hiukkaskokojakauma oli yleensä sellainen, että korkeimmat hiukkaslukumäärät mitattiin pienimmässä hiukkaskokoluokassa ja muissa kokoluokissa määrät olivat selvästi pienemmät. Huonekalutehtaassa ja sairaalassa ilmastointikonehuoneen puhdistuksen aikaan ero ei ollut niin selvä ja myös suurempia hiukkasia esiintyi merkittäviä määriä. Liikekeskuksessa hiukkasten kokojakauma poikkesi muista kohteista siten että 0,5- 1,0 µm hiukkasia havaittiin eniten. Ulkoilman hiukkaspitoisuudet olivat huomattavan korkeat sairaalan, liikekeskuksen ja päiväkodin mittauksen aikaan. Sairaalan ja päiväkodin osalta korkeat ulkoilmapitoisuudet selittyivät sillä, että vieressä oli rakennustyömaa.

Uudenmaan aluetyöterveyslaitoksen palvelumittauksissa (Salonen ym. 2002) toimistotyöhuoneiden sisäilman yli 0,5 µm:n hiukkasten keskimääräiset pitoisuudet ovat olleet 1580 kpl/l ja yli 5 µm:n hiukkasten pitoisuudet 40 kpl/l. Tämän tutkimuksen kaikissa kohteissa arvot ylittyivät selvästi. Esimerkiksi toimistossa yli 0,5 µm:n hiukkasia oli puhdistettavalla alueella 7131 kpl/l ja yli 5 µm:n hiukkasia 296 kpl/l.

Tulosten mukaan puhdistajien työssä esiintyy huomattavan korkea hiukkasaltistumista yksittäisissä, melko lyhytkestoisissa työvaiheissa. Tyypillisesti altistushuiput ajoittuivat tilanteisiin, joissa ilmanvaihtokoneita ja kammioita puhdistettaessa työskennellään ahtaassa tilassa koneen/kammion sisällä. Kiinteistä pisteistä mitatut taustapitoisuudetkin olivat mittauksen mukaan korkeampia juuri ilmastointikonehuoneissa. Tutkimuksen mukaan kanavien pölykertymät pienenevät puhdistuksessa huomattavasti. Hengitysvyöhykkeeltä mitattu korkea pölypitoisuus oli yhdistettävissä korkeaan pintapölykertymään tukien siten toisiaan puhdistajan pölyaltistumisen arvioinnissa.

### 6.3.3 Mikrobit

Kaikkien kohteiden mikrobimittaukset ilmasta tehtiin sulan maan aikaan. Asumisterveysohjeen (2003) mukaan tuloksia täytyy tällöin verrata vastaaviin ulkoilman tuloksiin. Tällöin on tavallista, että ulkoilman itiöpitoisuudet ovat suurempia kuin tutkittavan rakennuksen sisäilman itiöpitoisuudet. Tämän suuntaisia tuloksia saatiin myös tässä tutkimuksessa. Toimiston sisäilmasta, sairaalan sisäilmasta (lisämittaus) sekä puhdistettavalta alueelta määritettiin enemmän bakteereja kuin ulkoilmasta. Luultavasti korkeampaan pitoisuuteen on syynä se, että tiloissa työskenteli ja liikkui useita ihmisiä, joiden läsnäolo on aiemmissa tutkimuksissa osoittautunut olevan yhteydessä ulkoilmaa korkeampiin bakteeripitoisuuksiin. Aktinomykettejä ei tavattu yhdestäkään näytteestä.



Mikrobeille ei ole tähän mennessä asetettu varsinaisia työssä altistumista koskevia raja-arvoja (<http://fi.osha.eu.int/publications/eashw/FACTS41.pdf>). Tässä tutkimuksessa saatujen mikrobitulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, etteivät puhdistajat altistuneet merkittävästi mikrobeille tämän tutkimuksen kohteissa. Mikrobialtistumisen mahdollisuus on kuitenkin tiedostettava kohteissa, joissa ilmastointijärjestelmä sisältää kostutusjärjestelmän (esim. tekstiiliteollisuus, painoteollisuus ja paperin tuotanto) (<http://fi.osha.eu.int/publications/eashw/FACTS41.pdf>), jäädytyksen tai vettä/lunta pääsee järjestelmän sisälle. Laitteistojen säännöllinen puhdistus ja huolto ehkäisevät osaltaan niiden likaantumista ja edelleen altistumista puhdistustyössä.

### 6.3.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet olivat suurimmassa osassa kiinteistä mittauspisteistä sisäilman tasolla (0,2 - 0,6 mg/m<sup>3</sup>). Sisäilman, ulkoilman ja puhdistettavan tilan mittaustulokset eivät merkittävästi eronneet toisistaan. Korkeimmat VOC-pitoisuudet mitattiin tehtaasta (1,7 mg/m<sup>3</sup>).

Hengitysvyöhykkeeltä mitatut VOC-pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,02 - 5,09 mg/m<sup>3</sup>. Hengitysvyöhykenäytteiden pitoisuudet olivat kiinteistä pisteistä mitattujen pitoisuuksien tasolla ellei puhdistaja työskennellyt kemikaalien säilytystilassa. Koska puhdistajien käyttämät pesukemikaalit olivat vesipohjaisia, ei henkilökohtainen altistuminen noussut pääte-elinten pesun aikana sisäilman tasosta. Suurimmat hengitysvyöhykkeen VOC-pitoisuudet mitattiin tehtaassa kemikaalivarastosta tuloilmaelinten puhdistuksen aikana (5,09 mg/m<sup>3</sup>), jossa kohonnut pitoisuus johtuu kemikaalivaraston ilman taustapitoisuudesta.

Työntekijän työperäistä altistumista kemiallisille yhdisteille verrataan työhygieniassa HTP –arvoihin. Taulukossa 30. on esitetty eräiden yksittäisten kemiallisten yhdisteiden HTP –arvoja. Näytteistä löytyneiden yksittäisten yhdisteiden osalta pitoisuudet olivat lähes tuhat kertaa pienempiä kuin yhdisteille annetut HTP-arvot.

Taulukko 30. Yksittäisten kemiallisten yhdisteiden HTP –arvoja

Yhdiste	HTP –arvo 8h (mg/m <sup>3</sup> )	HTP –arvo 15min (mg/m <sup>3</sup> )
Bentseeni	Sitova raja-arvo 3,25	-
Etylibentseeni	220	880
2 – butoksietanoli	98	250
Alfa – pineeni (tärpähti)	570	850

Tulosten pohjalta voidaan siis todeta, että puhdistajien altistuminen haihtuville orgaanisille yhdisteille tutkituissa kohteissa oli vähäistä.

## 7 YHTEENVETO

Ilmanvaihtolaitosten puhdistajien työperäistä altistumista mineraalikuiduille, hiukkasille, mikrobeille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille selvitettiin yhdeksässä erilaisessa puhdistuskohteessa kenttämittausten avulla. Tutkitut kohteet olivat seuraavat: toimisto, koulu, päiväkotia, huonekalutehdas, pesula, tietoliikennekeskus, liikekeskus, sairaala ja ravintola. Lisäksi selvitettiin puhdistustyön työturvallisuutta ja suojautumiskäytäntöjä puhdistajille ja heidän työnjohtajilleen kohdistetun kyselyn avulla.

Ilmanvaihtolaitosten puhdistus onnistui hyvin, sillä tuloilmakanavien pölykertymät vähenivät huomattavasti (ennen puhdistusta  $6,1 \text{ g/m}^2$ , puhdistuksen jälkeen  $0,8 \text{ g/m}^2$ ). Ilmanvaihtojärjestelmien sisäpinoilta otetut mikrobiologiset näytteet eivät viitanneet järjestelmissä esiintyvään mikrobikasvustoon.

Merkittävimmitiksi työperäisiksi altisteiksi puhdistajien työssä todettiin hiukkaset ja mineraalikuidut. Hiukkasille altistuminen oli suurinta suljetuissa ja ahtaissa tiloissa työskenneltäessä, esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden puhaltimien ja kammioiden puhdistuksen yhteydessä. Vähätehoisen epäorgaanisen pölyn HTP-arvo ei kuitenkaan ylittynyt näissä työvaiheissa. Sen sijaan puupölylle annettu HTP-arvo ylittyi huonekalutehtaassa yhdessä mittauksessa. Mittauksen aikana puhdistaja imuroi pintakäsittelylinjan poistoilmakammioita sekä puhdisti paineilmalla tehdashallin kiertoilmakoneita. Kuitujen osalta henkilökohtainen altistuminen oli suurinta alaslasketun katon purun ja lämpöeristeiden irrotuksen yhteydessä. Altistuminen mikrobeille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille oli vähäistä tutkituissa kohteissa.

Eniten fyysistä kuormitusta puhdistustyössä aiheuttavat jatkuva liikkuminen tai kiipeily, kumarat/kiertyneet työasennot, polvi- tai kyykkyasennossa työskentely sekä kädet koholla työskentely. Ulkopuolelta määräytyvä nopea työtahti sekä tapaturmavaara olivat eniten henkistä kuormitusta aiheuttavat tekijät. Tyypillisimmiksi tapaturman aiheuttajiksi puhdistustyössä ilmoitettiin tikkaiden/telineiden kiinnitys ja kunto, ahtaat työskentelytilat sekä luukkuihin ja kulkuteihin liittyvät tekijät. Yleisimmin tapaturmat olivat olleet pinta- ja viiltovammoja, jotka kohdistuivat kämmeniin ja sormiin.

Alalla on selkeä tarve koulutusmateriaalista ja työturvallisuusasioihin liittyvästä koulutuksesta. Lisätietoja kaivataan erityisesti seuraavista asioista: henkilökohtainen suojautuminen (erityisesti pöly tuli esille) ja suojainten käyttö, lainsäädäntö, kanavistojen epäpuhtaudet, desinfiointiaineiden vaikutukset epäpuhtauksiin, asbestin käyttäytyminen puhdistustyössä, puhdistusaineiden terveysvaikutukset, työvälineiden huolto sekä liuotinaineiden käyttö. Tutkimus osoitti, että myös työsuojeluntoimintaohjelman ja työturvallisuuslain osalta tarvitaan tiedon levittämistä.

Työvälineiden kehitystarpeet liittyivät laitteiden edelleenkehittämiseen (keveys), parempien puhdistusmenetelmien kehittämiseen (erityisesti rasvakanavien puhdistus) ja tikkaiden kehittämiseen (tukevuus). Lisäksi toivottiin parempia suojaimia, joita olisi aina saatavilla. Suojaimia tulisi myös oppia käyttämään, saada riittävästi opastusta niiden käytöstä ja huollosta. Puhdistajat toivoivat myös, että työvaatteet olisivat parempia ja sopivampia.

Ilmanvaihtokoneiden ja kanaviston puhdistettavuutta ei huomioida suunnitelmissa riittävästi ja myös käytännön toteutuksessa on parannettavaa (esim. luukkujen avautuvuus, luukkujen puute, luukkujen sijoittelu, ahtaissa tiloissa työskentely, voimavirran saatavuus, peltiruuvien käyttö). Työnjohtajat toivoivat, että liikkuminen ahtaissa paikoissa otettaisiin huomioon jo rakennuksen

suunnitteluvaiheessa, ja rakennusaikaisen valvonnan tulisi koskea myös kanavistojen ja koneiden turvallista puhdistamista. Kiinteistöjen omistajien tulisi huolehtia ja tarkkailla tikkaiden, kulkusiltojen ja kattoturvatuotteiden kuntoa.

Työnjohtajat toivoivat lisäksi selvää ohjeistusta puhdistukseen, menetelmäkuvauksia sekä kiinteistön käytön ja huoltoturvallisuuden parempaa valvontaa. Alalle kaivattiin myös puolueetonta tarkastajaa, joka tarkastaisi puhdistustyöt.

Tutkimus toi esille paljon uutta, puhdistusalan yritysten hyödynnettävissä olevaa tietoa. Tulosten merkitys korostuu siinä, että kyseessä oli ensimmäinen tämän työntekijäryhmän työolosuhteita selvittänyt tutkimus. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään puhdistusalan yrityksille suunnatun työturvallisuusoppaan laatimisessa (Luoma ym. 2004).

## 8 LÄHDELUETTELO

- Asikainen, V. & Pasanen, P. 2001. Asennetun ilmanvaihtojärjestelmän ja asentamattoman ilmanvaihtotuotteen pölykertymän määrittäminen suodatinkeräysmenetelmällä. Ilmanvaihtotuotteiden puhtaustestausohje, Liite 2, 6 s.
- Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Valtuutussäännös: Terveysturvallisuuslaki (763/94) 32 §. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki.
- Carter, C.M., Axten, C.W., Byers, C.D., Chase, G.R. ym. 1999. Indoor airborne fiber levels of MMVF in residual and commercial buildings. American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 60, s. 794-800.
- Chiazze, L., Watkins, D.K., Fryar, C., Fayerweather, W. ym. 2002. Mortality from non-malignant respiratory disease in the fibreglass manufacturing industry. Occupational and Environmental Medicine, Vol. 59, s. 369-371.
- De Vuyst, P., Dumortier, P., Swaen, G.M.H., Pairon, J.C. ym. 1995. Respiratory health effects of man – made vitreous (mineral) fibres. European Respiratory Journal. Vol. 8. s. 2149-2173.
- EN 481. Workplace Atmospheres - Size fraction definitions for measurement of airborne particles. 1993.
- EPA. 1996. Air quality criteria for particulate matter. Volume I. National Center for Environmental Assessment. USA.
- Fischer, M. 1993. Benefits and Risks from MMMF. Proceedings of 6<sup>th</sup> international Conference on Indoor Air Quality and Climate/Indoor air '93, Vol. 4, s.27-31. Helsinki.
- Haahtela, T. & Reijula, K. 1998. Sisäilmaston aiheuttamat sairaudet ja niiden merkitys. Suomen lääkärilehti, 16/98 vsk 53, s. 1899- 1914.
- Heikkilä, P. & Kauppinen, T. 2003. Mille kemikaaleille työntekijät altistuvat Suomessa? Työterveys 3/2003. s. 8-10.
- Hinds, WC. 1982. Aerosol Technology: Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles. John Wiley & Sons. New York, USA
- <http://www.asbrak.fi/asbesti/>
- <http://www.iarc.fr/>
- <http://www.occuphealth.fi/ttl/osasto/tt/aerosoli/antinluento.htm>
- <http://www.ttl.fi>, hakusana: betonipöly
- <http://www.tyoturva.fi/tyoturvallisuus/hallinta/ohjelma/>

<http://fi.osha.eu.int/publications/eashw/FACTS41.pdf>

[http://192.58.80.9/ttl/projekti/aihekohtaiset/rakennusterveys/Ratsivut/rakennustyon\\_suojainopas.pdf](http://192.58.80.9/ttl/projekti/aihekohtaiset/rakennusterveys/Ratsivut/rakennustyon_suojainopas.pdf)

HTP-arvot 2002. Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojelusäädöksiä 3. Tampere 2002.  
<http://www.ketsu.net/http/index.htm>

ILO Codes of Practice. 2001. Safety in the use of synthetic vitreous fibre insulation wools (glass wool, rock wool, slag wool). International Labour Office Geneva.

Jacob, T.R., Hadley, J.G., Bender, J.R. & Eastes, W. 1992. Airborne glass fiber concentrations during installation of residential insulation. American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 53(8), s. 519-523.

Jumpponen, M. 2004. Passiivisen henkilökohtaisen kuitunäytteenottomenetelmän kehittäminen ja testaus. Pro gradu, luonnos.

Kalliokoski, P., Pfäffli, P., Riihimäki, V., Starck, J., Vaaranen, J. & Helminen, P. 1992. Työhygieniä: Työolot ja niiden parantaminen. Työterveyslaitos. Helsinki.

Kasanen, J-P., Markkanen, A., Naarala, J., Pennanen, S., Pasanen, P., Liesivuori, J. & Pasanen, A-L. 2001. Puupölyjen ärsyttävyyden, solutason vaikutukset ja haitalliseski tunnetut pitoisuudet. Loppuraportti. Työsuojelurahaston hanke 100098.

Kauppinen, T. 2003. Miljoonat työntekijät altistuvat puupölylle Euroopassa. Työterveys 4/2003. s. 4-6.

Kolari, S. & Luoma, M. 2001. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen. VTT Tiedotteita 2102. 46 s.

Kolari, S. 2003. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen vaikutus toimistorakennusten sisäilman laatuun ja työntekijöiden työoloihin. Lisensiaattityö. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 497. 62 s.

Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos, Sisäilma- ja työhygienian laboratorio. Menetelmäohje: Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittäminen ilmanäytteestä. STL.29, versio 3.

Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos, Sisäilma- ja työhygienian laboratorio. Menetelmäohje: Kuitupitoisuuden määrittäminen hengitysvyöhykkeeltä PPPS – menetelmällä (luonnos).

Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. Menetelmäohje: Ilman elinkykyisten mikrobin pitoisuuden määrittäminen impaktorimenetelmällä. STL.006, versio 3.

Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. Menetelmäohje: Mikrobipitoisuuden määrittäminen rakennusmateriaalinäytteistä. STL.005, versio 3.

Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. Menetelmäohje: Mikrobipitoisuuden määrittäminen rakenteiden pinnoilta otetuista näytteistä menetelmäohje. STL.004, versio 3.

Liukkonen Tuula. 2003. WOOD-RISK-projektissa selvitetään työntekijöiden altistumista puupölyille. Työterveiset 4/2003. s. 6-8.

Luoma, M. & Ruotsalainen, R. 1999. Toimistorakennusten sisäilman hiukkaspitoisuus. Sisäilmastoseminaari 17-18.3.1999, Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, SIY Raportti 13, s.83-88. Espoo

Luoma, M., Hyvärinen, M., Kolari, S. & Pasanen, P. 2004. Työturvallisuusopas ilmanvaihtojärjestelmän puhdistamiseen (luonnos).

Marsh, G.M., Youk, A.D., Stone, R.A., Buchanich, J.M. ym. 2001a. Historical cohort study of US man – made vitreous fiber production workers: I. 1992 Fiberglass Cohort Follow-Up: Initial Findings. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 43, s. 741- 765.

Marsh, G.M., Gula, M.J., Youk, A.O. ym. 2001b. Historical cohort study of US man – made vitreous fiber production workers: II. Mortality From Mesothelioma. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 43, s. 757-766.

Marsh, G.M., Buchanich, J.M., Youk, A.O. 2001c. Historical cohort study of US man – made vitreous fiber production workers: VI. 1992 Respiratory system cancer standardized mortality ratios adjusted for the confounding effect of cigarette smoking. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 43. s. 803-808.

Merikoski, R. 1999. Kodinhoitajien hengitystieoireet ja työperäinen altistuminen sisäilman allergeeneille. Opinnäytetutkielma.Ympäristötieteiden laitos, Kuopion yliopisto.

Miller, M.E., Lees, P.S.J. & Breysse, P.N. 1995. A comparison of airborne man – made vitreous fiber concentrations before and after installation of insulation in new construction housing. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 10(3). s .182-187.

Nordman, H. 1993. Keuhkosairaudet. Kirjassa: Työperäiset sairaudet. Toim. Antti-Poika, M. Työterveyslaitos. Helsinki.

Puhakka, E. & Kärkkäinen, J. 1993. Sisäilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset. *Ympäristö ja terveys* 2. s. 90-95.

Puhakka, E., Kärkkäinen, J. & Niemelä, H. 2003. Ilmanvaihtokanavien sisäpintojen pölykertymät ja tuloilmakanavien pölyn koostumus. Sisäilmastoseminaari 19-20.3.2003, Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, SIY Raportti 19, s.353-358. Espoo.

Saarinen, L. 1997. Ontelolaattojen pölyisyydestä ärsytysoireita. *Työterveiset* 1/1997. s. 26.

Sali, D., Boffetta, P., Andersen, A., Cherrie, J.W. ym. 1999. Non – neoplastic mortality of European workers who produce man made vitreous fibres. *Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 56, s. 612-617.

Salonen, H., Reijula, K., Riala, R., Lappalainen, S. & Tuomi, T. 2002. Indoor air quality of office buildings in the Helsinki area. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. IV, s. 500 – 505. Monterey, California, USA.

Schneider, T., Nielsen, O. & Bredsdorff, P. 1990. Dust in buildings with man-made mineral fiber ceiling boards. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, Vol. 16. s. 434-439.

Schneider, T. 2000. Synthetic Vitreous Fibers. Chapter 39. Kirjassa: *Indoor Air Quality Handbook*. Toim. Spengler, J.D., Samet, J.M. & McCarthy, J.F. The McGraw-Hill Companies Inc. New York, USA.

SFS 3860. Työpaikan ilman pölypitoisuuden mittaaminen suodatinmenetelmällä. 1988.

SFS 3868. Ilmanlaatu. Työpaikkailma. Asbestikuitujen laskentaperusteet. Suomen standardisoimisliitto. vahvistettu 28.9.1981.

Simonato, L., Fletcher, A.C., Cherrie, J., Andersen, A. ym. 1986. The man – made mineral fiber European historical cohort study: Extension of the follow-up. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, Vol. 12, Suppl. 1, s. 34-47.

Sisäasiainministeriö. 1995. Sisäasiainministeriön määräyksen (06.03.1995). Suomen säädöskokoelma.

Sisäasiainministeriö. 2001. Sisäasiainministeriön asetus ilmanvaihtokanavien ja –laitteistojen puhdistamisesta, N:o 802. Suomen säädöskokoelma.

Sisäilmayhdistys. 2001. Sisäilmastoluokitus 2000. Sisäilmayhdistyksen julkaisu 5. Espoo. 32 s.

Skaug, V. 1996. The nordic expert group for criteria documentation of health risks from chemicals. 121. Refractory ceramic fibres. *Arbete och hälsa*. s. 1-40.

Stone, R.A., Youk, A.O., Marsh, G.M. & Buchanich, J.M. 2001. Historical cohort study of US man – made vitreous fiber production workers: IV. Quantitative exposure-response analysis of the nested case-control study of respiratory system cancer. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. Vol. 43. s. 779-792.

Thriene, B., Sobottka, A., Willer, H. & Weidhase, J. 1996. Man-made mineral fibre boards in buildings– health risks caused by quality deficiencies. *Toxicology*, Vol. 88, s. 299-303.

Tiesler, H. & Draeger, U. 1993a. Measurement and identification of insulation product – related fibers in contrast ubiquitous fibres. *Proceedings of 6<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol 4, s.111-116. Helsinki.

Tiesler H., Draeger, U. & Rogge, D. 1993b. Emission of fibrous particles from installed insulation mineral wool products. *Proceedings of 6<sup>th</sup> international Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 4, s.117-122. Helsinki.

Tossavainen, A. 2002. Sisäilman mineraalikulut. *Työterveiset*. 4/2002, s. 12-13.

Tuomainen, M., Björkroth, M., Kämpfi, R. Mussalo-Rauhamaa, H. ym. 2003. Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalikulutujen terveysvaikutukset. Helsingin Teknillinen Korkeakoulu. Konetekniikan osasto. LVI-tekniikan laboratorio. Raportti B76. Espoo.

Vallarino, J., Spengler, J.D., Buck, R. & Dilwali, K.M. 2003. Quantifying synthetic vitreous fiber surface contamination in office buildings. *AIHA Journal*, Vol. 64, s. 80-87.

Youk, A.O., Marsh, G.M., Stone, R.A., Buchanich, J.M., ym. 2001. Historical cohort study of US man – made vitreous fiber production workers: III. Analysis of exposure-weighted measures of respirable fibers and formaldehyde in the nested case – control study of respiratory system cancer. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. Vol. 43. s. 767-778.

## **9 LIITTEET**

Liite 1: Hiukkaslukumäärät ja kokojakaumat kohteittain.

Liite 2: Sisäilman, vertailutilan ja ulkoilman mikrobipitoisuudet.

Liite 3: Pintanäytteiden mikrobipitoisuudet.

Liite 4: Hengitysvyöhykenäytteiden tulokset kohteittain ja työvaiheittain.

Liite 5: Kiinteiden mittauspisteiden tulokset kohteittain.

Liite 6: Pintanäytteiden tulokset kohteittain.

Liite 7: Puhdistajien ja työjohdon mukaan työolojen tai puhdistustyön kannalta vaikeat kohteet.

Liite 8: Puhdistajien työturvallisuuskysely.

Liite 9: Työnjohtajien työturvallisuuskysely.