

MARKO ANGELVUO

Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja puhdistus toimistorakennuksessa

ADUCATE REPORTS AND BOOKS 4/2011



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

*Aducate – Centre for Training
and Development*

MARKO ANGELVUO

*Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja
puhdistus toimistorakennuksessa*

Aducate Reports and Books
4/2011

Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate
Itä-Suomen yliopisto
Kuopio
2011

Aihealue:
Rakennusten terveellisyys

Kopijyvä Oy
Kuopio, 2011

Sarjan vastaava toimittaja: Johtaja Esko Paakkola
Toimituskunta: Esko Paakkola (johtaja, KT), Jyri Manninen (prof., KT),
Lea Tuomainen (suunnittelija, proviisori), Tiina Juurela (suunnittelija,
TL) ja Helmi Kokotti (suunnittelija, RI/FT)

Myynnin yhteystiedot:

Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate
aducate-julkaisut@uef.fi
<http://www.aducate.fi>

ISSN 1798-9116
ISBN 978-952-61-0321-1 (painettu)
ISBN 978-952-61-0322-8 (.pdf)

TIIVISTELMÄ

Työssä tutkittiin yhden toimistorakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta ja puhdistusta. Lisäksi työssä tutkittiin mineraalikuitujen ja mikrobien esiintyvyyttä sekä puhdistuksen vaikutusta poisto- ja tuloilmavirtoihin ennen puhdistusta ja sen jälkeen. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus vähensi pintojen pölykertymää sekä mikrobi- ja kuitupitoisuutta. Ilmavirrat olivat suuremmat kuin ennen puhdistusta.

AVAINSANAT:

Ilmanvaihto, ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus, ilmamäärät, puhdistustarkastus, pölynsidonta- ja kapselointi, mikrobi, kuitu.

ABSTRACT

The aim of the study was to describe the cleanliness and cleaning methods of the air – conditioning system of an office building. The presence of mineral fibers and microbes was also studied as well as the effect of cleaning on amounts of air flows before and after cleaning. Cleaning increased amounts of exhaust and supply air flows. The amount of dust and microbes were low before cleaning but were clearly reduced after cleaning.

KEYWORDS:

Air conditioning, cleaning of air conditioning system, cleaning inspection, binding and encapsulation of dust, microbe, fiber

Esipuhe

Tutkimuksessa selvitettiin Helsingissä sijaitsevassa toimistorakennuksessa esiintyneitä sisäilmaongelmia. Tutkimustyö rajattiin työn laajuuden vuoksi kahteen kerrokseen, joissa tehtiin tarkemmat tutkimukset. Toimistorakennuksessa suoritettut mittaukset osoittivat, että ilmanvaihtojärjestelmissä esiintyy mikrobeja ja kuituja, mutta nykyisellä puhdistustekniikalla ja tehdyillä korjauksilla pystytään vähentämään mikrobi- ja kuitupitoisuuksia ilmanvaihtojärjestelmässä, mutta ei kokonaan.

Kiitän kaikkia yhteistyöhön osallistuneita arvokkaista kommentteista. Erityisen kiitoksen ansaitsevat työni ohjaaja tekniikan tohtori Rauno Holopainen, jonka tietoa ja vankkaa kokemusta sain jakaa tutkimuksessani sekä suunnittelija FT Helmi Kokotti, jonka peräänantamaton auttamisen halu antoi voimaa saattaa opinnäytetyö loppuun. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja yritystäni pitkämielisyydestä opiskelujani kohtaan. Työni haluan osoittaa edesmenneelle äidilleni, joka nukkui pois koulutukseni ensimmäisellä viikolla.

Sisällysluettelo

Esipuhe

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	11
2 Ilmanlaatu ja ilmastuvaihdon tarve	12
2.1 HAJUT	13
2.2 ILMANKOSTEUS	14
2.3 ILMAVIRRAT	14
2.4 ILMAN LÄMPÖTILA	14
2.5 SISÄILMA	15
3 Ilmanvaihtojärjestelmät	15
3.1 PAINOVOIMAINEN JÄRJESTELMÄ	15
3.2 KONEELLINEN POISTOILMAJÄRJESTELMÄ	15
3.3 KONEELLINEN TULO- JA POISTOILMAJÄRJESTELMÄ	16
3.4 ILMALÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	17
4 Ilmanvaihtojärjestelmien huolto ja kunnossapito.....	17
4.1 PUHDISTUKSEN TARVE	17
4.2 PUHTAUSKRITERIT PUHDISTUSTARPEEN ARVIOIMISELLE	20
4.2.1 Puhtauden arviointi	
4.2.2 Visuaalinen tarkastus	
4.2.3 Optinen teippimenetelmä	
4.2.4 Suodatinkeräysmenetelmä	
4.2.5 Mikrobien ja kuitujen mittaus	
4.2.6 Mycometer- testi	
4.2.7 Kuitunäyte (teippimenetelmä)	
4.2.8 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus	
4.2.9 Ilmavirtojen mittaus ja perussäätö	

5	<i>Aineisto ja menetelmät</i>	38
	5.1 TUTKIMUSKOHD	38
	5.2 PUHDISTETTAVAT ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	39
	5.3 ILMANVAIHTOKANAVIEN PUHDISTUKSEN – JA ÄÄNENVAIMENTIMIEN KAPSELOINNIN SUORITUS	40
	5.3.1 <i>Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus</i>	
	5.3.2 <i>Äänenvaimentimien pintojen kunnostus</i>	
	5.4 PUHTAUDEN ARVIOINTI	44
	5.4.1 <i>Mikrobinäytteet</i>	
	5.4.2 <i>Kuitunäytteet</i>	
	5.4.3 <i>Ilmavirtojen mittaustyö</i>	
6	<i>Tulokset</i>	49
	6.1 PUHDISTUKSEN VAIKUTUS PINTOJEN PUHTAUTEEN	49
	6.1.1 <i>Visuaalinen tarkastus</i>	
	6.1.2 <i>Optinen teippimenetelmä</i>	
	6.2 KUITU JA – MIKROBITULOKSET	51
	6.2.1 <i>Kuitunäytteet</i>	
	6.2.2 <i>Mikrobimittauksen tulokset (pintasiively)</i>	
	6.2.3 <i>MycoMeter- testi</i>	
	6.2.4 <i>Ilmavirtojen mittauksen tulokset</i>	
7	<i>Tulosten tarkastelu</i>	56
	7.1 VISUAALINEN TARKASTUS	56
	7.2 MIKROBITMITTAUKSET	57
	7.3 KUITUMITTAUKSET	58
	7.4 ILMAVIRTOJEN MITTAUS	59
8	<i>Yhteenvedo</i>	60
9	<i>Johtopäätökset</i>	64
	<i>Lähdeluettelo</i>	

Taulukkuuettelo

- Taulukko 1. Pesäkkeiden määrät
- Taulukko 2. Laskennalliset MV-arvot
- Taulukko 3. Kanavakoot ja muut ilmanvaihtojärjestelmän osat
- Taulukko 4. MycoMeter MV-arvo ja tulkinta
- Taulukko 5. Tarkastuspöytäkirja ennen ja jälkeen
- Taulukko 6. BM-Dustdetectorilla pölypitoisuus arvo ennen puhdistusta ja sen jälkeen
- Taulukko 7. Kuitumittaustulokset ennen puhdistus- ja pinnoitustyötä ja sen jälkeen
- Taulukko 8. Mikrobimittausten tulokset. Näytteet ennen puhdistusta ja pinnoitusta
- Taulukko 9. Näytteenotto kohdat puhdistuksen - ja pinnoituksen jälkeen
- Taulukko 10. Näytteenottopisteet ja näytteiden laskennalliset MV-arvot ja tulokset 9.9 -30. ennen puhdistusta ja sen jälkeen
- Taulukko 11. Ilmavirtaus tulokset ennen puhdistustyötä
- Taulukko 12. Ilmavirtaus tulokset puhdistustyönjälkeen

Kuvaluettelo

- Kuva 1. Kanaviston puhtauden arviointiin käytettävä kameralaitteisto
- Kuva 2. Visuaalinen puhtausasteikko uusille kanaville
- Kuva 3. Vanhat kanavat(Asikainen ym. 2010)
- Kuva 4. BM- Dustdetector laite ja BM-dustroller
- Kuva 5. Kuitunäytteenotto
- Kuva 6. Hydrauliiikkäkäyttöinen harjauskone
- Kuva 7. Sähkökäyttöinen harjauskone
- Kuva 8. Riittävän ilmanvirtauksen takia, osa poistoilmaventtiileistä peitetään puhdistuksen ajaksi
- Kuva 9. Alipaine yksikkö
- Kuva 10. Periaatekuva kuvaa kanavien puhdistuksesta sekä järjestyksestä (Lifa Airi(tuote-esite)
- Kuva 11. Tuloilmakoneen suodattimen vaihtotyö
- Kuva 12. Jäähdytyspalkki (Halton)
- Kuva 13. Äänenvaimentimen avoimen mineraalivillapinnan kapselointi
- Kuva 14. Viidenpisteen mittaus
- Kuva 15 a Tuloilmakanava ennen puhdistusta
- Kuva 15 b Tuloilmakanava jälkeen puhdistuksen
- Kuva 16. Tuloilmakanavan irtoavat eristeet.
- Kuva 17. Jäähdytyspalkin ilmavirran säätöpelti

1 Johdanto

Sisäilmaan liittyvät valitukset ja oireilut ovat yleisiä suomalaisissa toimistorakennuksissa. Kosteus- ja homeongelmien syitä ovat mm. suunnittelu-, rakentamisvirheet sekä käytön aikaiset virheet (Ruokojoki 2006). Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja niiden oikea toiminta ovat keskeisessä asemassa, kun halutaan varmistua turvallisesta, terveellisestä ja viihtyisästä sisäilman laadusta.

Hyvän sisäilman saavuttaminen ja sen ylläpito on haasteellista ja edellyttää osaavaa rakennussuunnittelua, rakentamista ja rakennusten ylläpitoa. Tämän hetken haasteina ovat erilaiset kosteus- ja homevauriot, sekä niiden aiheuttamat sisäilmaongelmat. Näiden ongelmien korjaamisessa olennainen tekijä on tilan käyttötarkoitukseen riittävä ja toimiva ilmanvaihto. Ilmanvaihtolaitokset saattavat olla sisäilman epäpuhtauslähteitä, jos ilmanvaihdon kunnossapitoon ei kiinnitetä riittävää huomiota.

Sisäilmaongelmien lisääntyessä on myös rakennuksen ilmanvaihdon puhtauteen ja huoltoon kiinnitetty aikaisempaa enemmän huomiota. Ilmanvaihtolaitteita valmistavan teollisuuden kehitystyö on suunnannut myös ilmastoinnilla saavutettavaan ilmanlaatuun. Suunnittelijat ovat kiinnittäneet huomiota ilmavirtojen, ilmanjaon ja energiatalouden ohella sisäilman puhtauteen.

Kodeissa ja työpaikoilla sisäilmaa kuormittavat lukuisat epäpuhtaudet, kuten ihmisen toiminnan aiheuttamat hajut, käryt ja kosteus sekä rakennus ja sisustusmateriaaleista vapautuvat emissiot. Epäpuhtaudet saattavat aiheuttaa tilojen käyttäjille oireita kuten päänsärkyä ja väsymystä (Sisäilmautiset 2005).

Näitä ongelmallisia rakennuksia yleisien arvioiden mukaan on 10 - 20 % koko rakennuskannasta. Onko rakennusten ilmanvaihtojärjestelmistä huolehdittu niiden hoito- ja huolto-ohjeiden edellyttämällä taajuudella ja tavalla? Vielä osalle ilmavaihtojärjestelmien kunnosta vastaaville on epäselvää, miten ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet pidetään kunnossa niin, että tuloilma on riittävän hygieenistä. Energiatehokkuutta ja

sisäilmastoa on kehitettävä samanaikaisesti varoen väärää säästämistä. Sisäilma ja energiatalous liittyvät tiiviisti yhteen (Seppänen 2005).

Suomessa ilmanvaihtokanavien ja -laitteiden puhdistus on perustunut Sisäasiainministeriön antamiin määräyksiin. Vanhentuneen, mutta edelleen ohjeena käytettävä Sisäministeriön vuonna 2001 antama asetus 802/ 2001 ilmanvaihtokanavien ja laitteistojen puhdistamisesta perustuu paloturvallisuuden ylläpitämiseen. Hygienia- ja terveysvaatimukset ovat sisäilman kannalta keskeisiä. Sisäilmaluokitus on annettu ohjeita kanavien puhtauden tarkastuksesta ja puhdistuksesta, jotka perustuvat ilmanvaihtokanavien sisäpintojen pölykertymään (Sisäilmaluokitus 2008).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tutkimuskohteen ilmanvaihtokanavien ja jäähdytyspalkkien puhtaus ja puhdistettavuus sekä tuloilmakanavien äänenvaimennusmateriaalien kunto. Työn tarkoituksena oli ohjeistaa ja antaa myös selvitys ilmanvaihtojärjestelmien puhdistustyöstä ja siihen kuuluvista muista järjestelyistä. Tutkimuksessa tarkasteltiin ilmanvaihtokanavien ja laitteiden puhdistusta koskevia ohjeita ja ohjeiden riittävyttä. Tutkimus tehtiin rakennusterveysasiantuntija koulutuksen lopputyönä.

2 Ilmanlaatu ja ilmavaihdon tarve

Ilmanvaihtojärjestelmien nykytila

Ihminen viettää ajastaan jopa 90 % sisätiloissa, joten sisäilma on oleellinen osa ihmisen elinympäristöä. Sisäilman laatua ylläpidetään ilmavaihdolla tilojen ilmaa vaihtamalla, kun taas ilmastoinnilla hallitaan lisäksi sisäilman puhtautta, lämpötilaa, kosteutta ja ilman liikettä. Sisäilma on monen asian summa, ja riippuu monesta tekijästä. Hyvä sisäilman laatu edellyttävät toimivaa ilmanvaihtoa. Hyvä sisäilma on vedotonta, riittävää, melutonta, hajutonta ja puhdasta sekä täytettävä sille laissa ja asetuksissa annetut vaatimukset. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden takaamiseksi järjestelmä on tarkastettava ja huollettava säännöllisesti. Säännöllisellä huollolla varmistetaan

laitteistojen toiminta, vähennetään niiden toimintahäiriöitä sekä ylläpidetään hyvää sisäilman laatua.

Hyvä sisäilmanlaatu on rakentamisen yksi keskeisiä tavoitteita. Tutkimustulokset ja käytäntö ovat kuitenkin osoittaneet, että hyvään tai tyydyttävään lopputulokseen ei aina päästä. Sisäilman laatuun vaikuttavat yhtä lailla lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustöiden suorittaminen sekä kunnossapito.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta ja riittävyttä voidaan tarkastella monella eri tavoilla. Yleensä ensimmäiseksi rakennuksen tai tilojen käyttäjillä on toimivuutta koskevia kysymyksiä kuten veto, hajuhaitat, ilmanvaihdon riittävyys, kosteus ja meluhaitat. Ne toimivat myös ilmavirtojen mitoitavana tekijöinä. Lisäksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2, Asumisterveysoppaassa 2003:1 sekä Sisäilma- luokituksessa 2000 ja 2008 rakennuksille on annettu erinäisiä sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevia määräyksiä ja ohjeita, jotka osaltaan asettavat raamit ilmanvaihdon suunnittelulle ja järjestelmien mitoituksille.

Ilmanvaihtokanavien puhdistusvälien ja puhdistustarpeiden määräytymiselle on useita eri syitä. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen syynä voivat olla viranomaisen antamat tai vapaaehtoiset suositukset, lisäksi puhdistuksen syynä saattavat olla muut tekijät, kuten sisäilmaongelmat ja niistä aiheutuvat terveyshaitat. Toisaalta ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen syynä voi olla ennakoiva tai määräaikaishuolto.

2.1 HAJUT

Hajuhaittojen toteaminen aistinvaraisesti on yleensä helppoa, mutta niiden syiden kartoittaminen vaatii ammattitaitoa. Ongelmaan ei ole aina yhtä syytä vaan siihen liittyy useita tekijöitä. Rakennuksissa saattaa olla liian suuri alipaine, korvausilmaukkoja ei ole riittävästi, rakennuksen tai läpivientien tiivistäminen on huonosti toteutettu jne. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny

terveydelle haitallisia kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyvyyttä alentavia hajuja (RakMk osa D2 2010).

2.2 ILMANKOSTEUS

Rakennuksessa kosteutta syntyy ihmisten aineenvaihdunnasta, ruuan valmistuksesta, pyykin kuivatuksesta ja muista vastaavista tekijöistä. Kosteuden synty on märkätiloissa ja vastaavissa tiloissa niin suuri, että se määrää tilojen ilmanvaihdon suuruuden. Huoneilman suhteellinen kosteus ei saa pitkäaikaisesti nousta yli 60 %. Rakennuksen suunnittelussa ja määrävälein tehdyissä tarkastuksissa on huomioitava, että kosteuskuorma ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkealla tasolla, jotta vältetään kosteuden tiivistyminen rakenteisiin, joka on keskeinen tekijä mikrobien ja homeen muodostumiselle (Seppänen 1998).

2.3 ILMAVIRRAT

Huonetiloiissa jossa oleskellaan, tulee olla ilmanvaihto jolla taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. Lisäksi ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen ja tilanteen mukaisesti. Rakennusten huonetilojen ilmanvaihdolle on annettu tilakohtaisia ohjearvoja rakennusmääräyskokoelman osassa D2. Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilömäärän mukaan, jos henkilökuormitukseen ei ole perusteita käytetään pinta-alaan perustuvia arvoja.

2.4 ILMAN LÄMPÖTILA

Sisäilman lämpötila on yksi keskeisimmistä sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä. Lämpötilan ja sisäilmaoireiden välillä on myös selvä yhteys (Seppänen ym. 1996). Aikaisimmissa tutkimuksissa on havaittu ihmisten ilmoittamien oireiden määrän kasvavan lämpötilasta riippuvana. Sisäilman lämpötiloista on annettu ohjearvoja Suo-

men rakennusmääräyskokoelman osassa D2. Sisäilmaluokituksessa 2000 lämpöolojen tavoitearvot on jaettu kolmeen eri laatuluokkaan S1 – S3.

2.5 SISÄILMA

Sisäilman laatuun vaikuttavat, edellä mainittujen tekijöiden lisäksi rakennuksen suunnittelu, käytetyt materiaalit, toteutus, käyttö ja kunnossapito. Työkaluiksi tavoitteiden määrittämiseksi mm. Sisäilmayhdistys on laatinut sisäilmaston laatuluokat S1–S3, rakennustöiden puhtausluokat P1–P2 ja pintamateriaalien päästöluokat M1–M3. Mitä pienempi luokka valitaan, sitä paremmat edellytykset luodaan hyvälle sisäilmalle. Rakennusmääräyksiensä vaatimuksiin edellä mainitut luokitukset eivät sisälly (Sisäilmaluokitus 2000).

3 Ilmanvaihtojärjestelmät

3.1 PAINOVOIMAINEN JÄRJESTELMÄ

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilman liike perustuu lämpötilaeroista syntyviin tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä sekä tuulen vaikutukseen. Pääperiaate rakennuksissa on se, että jokaisesta huonetilasta ilma johdetaan omissa kanavissa vesikaton yläpuolelle. Painovoimainen järjestelmä edellyttää, että huonetiloissa olevat korvausilmareitit toimivat. Painovoimaisen järjestelmän heikkoutena on järjestelmän toimimattomuus kesäkaudella silloin, kun ei ole lämpötilaeroa eikä tuulta.

3.2 KONEELLINEN POISTOILMAJÄRJESTELMÄ

Koneellisessa poisto ilmanvaihtojärjestelmässä ilman liike saadaan aikaan erillisellä puhaltimella, jonka avulla ilma vaihtuu rakennuksessa. Yleisin käytetty periaate on

yhteiskanavajärjestelmä, jossa huonetiloista tulevat yhdyskanavat liitetään talon läpi kulkevaan kokoojakanavaan, joka on liitetty puhaltimeen.

Muutoksena entisiin järjestelmiin ovat, huonetiloista lähtevät erilliset poistohormit, jotka johdetaan vesikatolle tai ullakolle saakka äänihaittojen vuoksi. Toimiakseen koneellinen poistoilmanvaihto edellyttää myös painovoimaisen järjestelmän tapaan hallitun korvausilman ja siirtoilman saannin. Järjestelmän hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että ilmanvaihtoa voidaan säätää ja se pysyy lähes muuttumattomana säästä riippumatta.

Ulkoilma johdetaan sisätiloihin korvausilma- aukkojen ja vuotoilmareittien kautta, joka saattaa aiheuttaa etenkin talviolosuhteissa vetohaittoja.

3.3 KONEELLINEN TULO- JA POISTOILMAJÄRJESTELMÄ

Energiatehokkuutta ja ilman laatua koskevat tavoitteet on vaikea saavuttaa edellä mainituilla järjestelmillä, ja tämän vuoksi uusien rakennusten ilmanvaihto on toteutettu koneellisella tulo- ja poistojärjestelmällä. Järjestelmän periaatteena on suodattaa ilma erillisellä suodatuksella, lämmittää ja jakaa tuloilma erillisiin tiloihin haluttu määrä.

Tulo- ja poistoilmajärjestelmän etuna on järjestelmän hallittavuus verrattuna painovoimaiseen järjestelmään nähden. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 energiatehokkuus vaatimukset edellyttävät, että järjestelmässä on lämmön talteenotto. Asuinrakennuksissa, joissa on keskitetty tulo- ja poistoilmajärjestelmä ongelmia ovat tilantarve ja huoltoon tarvittavat tilat sekä ilmanvaihdon säätöongelmat. Rakennus- tai tilakohtaisen järjestelmän etuna on ilmanvaihdon tarpeenmukainen säädettävyys, mikä on energian kulutuksen ja ilmanlaadun hallinnan kannalta tärkeää. Kummankin järjestelmän säännöllisestä huollosta on huolehdittava samalla tavalla.

3.4 ILMALÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Ilmalämmitysjärjestelmän periaatteena on, että ilmanvaihto on mitoitettu lämmitystarpeen mukaan ja lämmitykseen on yhdistetty ilmanvaihto, jolla lämpöenergia siirretään tilaan ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihdosta pääosa kierrätetään takaisin tuloilmaan ja vain osa poistoilmasta johdetaan ulos. Hygieenisesti ja paloturvallisesti järjestelmää voidaan käyttää asuinrakennuksissa. On olemassa myös ilmalämmitteisiä toimistorakennuksia. (Seppänen ym. 1996)

4 Ilmanvaihtojärjestelmien huolto ja kunnossapito

4.1 PUHDISTUKSEN TARVE

Pelastuslaki (13.6.2003/ 468) määrää rakennuksen omistajan tai haltijan hallinnassaan olevien tilojen osalta huolehtimaan siitä, että rakennuksen ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot on huollettu ja puhdistettu (luku 6, 22§).

Sisäasiainministeriön asetus 802/ 2001 on vanhentunut vuoden 2006 lopussa, asetusta voidaan käyttää ohjeena, Sisäasiainministeriön asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä ilmanvaihtokanavista ja -laitteista, jotka on paloturvallisuussyistä puhdistettava määrävälein sekä puhdistuksen ajankohdasta, puhdistustyön sisällöstä ja puhdistustyöstä annettavasta todistuksesta.

Sisäasiainministeriön asetuksessa on esitetty seuraavat puhdistusvälit ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistukselle.

Kerran vuodessa tulee puhdistaa:

- 1) ammattimaisten ruuanvalmistus paikkojen ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot
- 2) ruiskumaalaamon, puusepäntehtaan ja -liikkeen, tekstiilitehtaanpesulan, leipomon- ja savustamon ilmanvaihtokanavat – ja laitteistot, jotka ovat sellaisessa teollisuus- tai muussa tilassa, jossa ilmanvaihtokanaviin kerääntyy runsaasti herkästi paloa levittäviä aineita
- 3) ilmanvaihtokanavat ja laitteistot huonetilassa, jossa teollisesti valmistetaan tai teknisesti käytetään palavaa nestettä.

Vähintään viidenvuoden välein tulee puhdistaa:

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

Puhdistuksessa tarkastetaan kanavien tiiveys ja palorajoittimien toiminta. Kanavien tiiveys tarkistetaan painekokeella, jos kohteen toiminnot edellyttävä erityistä tiiveyttä ja muutoin siltä osin kuin on syytä epäillä tiiviyden tasoa. (802 / 2001)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen ensisijainen peruste on paloturvallisuuden ylläpito ja palon leviämisvaaran ennaltaehkäisy. Lisäksi puhdistuksen syynä voi olla hygieeniset perusteet. Puhdistuksella pyritään turvaamaan myös ilmanvaihtojärjestelmän toiminta.

Ilmanvaihdon puhdistus kuuluu osana ylläpitosuunnitelmaan. Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokituksesta on annettu ohjeita, joiden tarkoitus on varmistaa hyvä sisäilmanlaatu. Sisäilma suosituksissa ja ohjeissa kehoitetaan tarkastamaan ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus viiden vuoden välein. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudelle on luokat P1 ja P2.

Terveydelliset määräykset ja ohjeet

Terveydensuojelulaki (763/94) Luku 7 Luku 5 Asunnon ja muun oleskelutilan terveydelliset vaatimukset.

26§ Asunnon ja muun tilan terveydelliset vaatimukset. Asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, että niistä ei aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleville terveyshaittaa.

Terveydensuojeluasetus (1280/94) Luku 5 Asunnon ja muun oleskelutilan terveydelliset vaatimukset.

15§ Asunnon ja muun oleskelutilan terveellisyyden valvonta. On kiinnitettävä huomiota niin, että rakennus on ottaen huomioon sen käyttötarkoituksen oltava riittävän tiivis ja siinä on riittävä lämmöneristys.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738 2 Luku 8§, jossa määritellään ”Työnantajan yleiset velvollisuudet” huolehtia tarvittavilla toimenpiteillä työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä ottamalla huomioon olosuhteet ja ympäristö ym.

Sosiaali- ja terveysministeriön opas 1:2003 asumisterveysohje:

Ohjeessa käsitellään asuntojen ja soveltuvien osien muiden oleskelutilojen terveydellisten olosuhteiden tutkimisessa menetelmiä, tulosten tulkintaa ja ohjeita asunnon tarkastuksen tekemiseen.

Rakenteelliset määräykset ja ohjeet

Maankäyttö ja rakennuslaki 17 luku 117§, jossa asetetaan vaatimukset rakentamiselle ja rakennukselle sekä muille vaatimuksille mm lujuus, paloturvallisuus, hygienia, käyttöturvallisuus, meluntorjunta ym.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C2: Olennaisena vaatimuksena on, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille hygienia tai terveysriskiä eikä kosteuden tiivistymistä rakennuksen osiin. Lisäksi rakennuksen ominaisuudet tulee säilyä kunnossapidollisesti taloudellisesti koko käyttöiän ajan.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2: 1978, 1987 j a 2003

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihtoa koskevia ohjeita ja määräyksiä, joissa annetaan mm. tilakohtaisia sekä henkilömääräisiä mitoituksia ilmavirtojen jakamiselle.

Sisäilmaluokitus 2008, joka antaa sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset

Kaikilla olemassa olevilla laki- ja asetuksilla sekä suosituksilla on yhteinen päämäärä, joilla pyritään saavuttamaan turvallinen, terveellinen ja viihtyisä sisäilma.

4.2 PUHTAUSKRITEERIT PUHDISTUSTARPEEN ARVIOIMISELLE

Ilmanvaihtolaitteiden huollolla tarkoitetaan laitteiden säännöllistä huoltoa ja kunnossapitoa. Laitteiden ylläpito edellyttää laitteistojen huolto-ohjelmia, käyttöohjeita, käyttäjien opastusta sekä tiedottamista ja seurantaa. Ylläpidolla varmistetaan laitteiden jatkuva ja moitteeton kunto.

Huollettaville laiteille on oltava helppo pääsy. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, kohdassa 3.1.4 mukaan "Ilmanvaihtolaitokseen on asennettava mittaus-

laitteet tärkeimpien toimintojen valvontaa varten”, ja ohje tekstissä kohta 3.1.4 määrittää: ”Mittauslaitteet asennetaan paikkaan, josta ne on helppo lukea ja niihin on oltavaesteetön pääsy helposti kuljettavia kulkureittejä käyttäen”.

Ilmanvaihtolaitteistojen ylläpidolliset menetelmät ovat yleensä lyhytkestoista tarkastustoimintaa, seurantaa ja valvontaa, joka perustuu ennalta suunniteltuun ylläpito suunnitelmaan. Suunnitelman sisältö riippuu kyseessä olevasta järjestelmästä ja sen ominaisuuksista.

Ylläpidon toistuvuus ja laajuus määräytyy sen mukaan, millaisesta ilmanvaihtojärjestelmästä on kyse jaonko kyseessä keskitetty vai hajautettu valvontajärjestelmä. Hyvin toteutettu ylläpitosuunnitelma varmistaa tarvittavien toimenpiteiden ennakoinnin ja järjestelmien valvonnan. Ylläpidolla vähennetään huollon tarvetta ja toimintahäiriöitä, jolla pyritään takaamaan hyvä sisäilman laatu. Kyseisillä toimenpiteillä on suora vaikutus asiakastyytyvyyteen. Hyvän ylläpidon perusteina ovat myös seurannan avulla saavutettavat säästöt energia-, huolto- ja korjauskustannuksissa sekä oikean ajoituksen täsmentäminen.

Ylläpidon mukaisesti tehtävät huoltotoimenpiteet ja tarkastukset kohdistuvat pääasiassa ilman ja nesteiden lämpötiloihin, lämmön talteenotto -osien kunto ja hyötysuhteet, laitetestaukset, käyntiajat, säätöasetukset ja niiden pysyvyys, suodattimien paine-erot. Lisäksi toimenpiteisiin kuuluvat aistinvaraisesti tehtävät tarkistukset kuten koneiden käynnin tasaisuus, äänihavainnot, peltien toiminnat, lämpöolosuhteet, tilojen sekä kanavaosien puhtaus ja sisäilman laadun tarkkailu.

Ylläpidossa on myös tärkeää, että rakennuksen ilmanvaihdon ylläpidon ja huollon vastuurajat tulisi määrittää selkeästi käyttäjän itse tehtäviin tapahtumiin sekä ulko- puolisen tekemiin tehtäviin. Ilmanvaihdon käytöstä on laadittava selkeät ohjeet ja annettava tarvittaessa käyttöön liittyvä opastus.

Kiinteistönhuoltoa tulisi kehittää niin, että huollossa huomioitaisiin myös ilmanvaihtolaitteiden ja järjestelmien puhtauteen liittyvät kysymykset. Lukuisissa tutkimuksissa on todettu, että nykyaikaisilla koneellisilla ilmanvaihtolaitteilla varustetuissa rakennuksissa käyttäjillä on oireita, joita ei voida tarkemmin määrittää. Näitä ovat silmien

ärsytys, päänsärky, ihon kutina ja väsymys. Yksiselitteistä syytä näille on vaikea löytää. Oireiden taustalla saattaa olla likaantunut ilmanvaihtojärjestelmä, jos järjestelmässä on ilmaa pilaavia lähteitä kuten, likaisia suodattimia, mikrobin saastuttamia kostutinlaitteita, jäähdytyslaitteiden pintoja sekä kontaminoituneita äänieristeitä (Pasanen ym. 1992).

Puutteellisesta ilmanvaihtojärjestelmän huolto-ohjelmasta tai huoltojen laiminlyönnistä aiheutuu ilmanvaihtojärjestelmien likaantumista, jolla on suora yhteys sisäilman laatuun. Suodattimien vaihdot perustuvat useissa kiinteistöissä paine-ero mittaukseen joka ei välttämättä anna riittävää kuvaa suodattimien todellisesta kunnosta. Mahdolliset suodattimien reunavuodot heikentävät paine-eromittaukseen perustuvan suodattimen vaihtovälin luotettavuutta. Suodattimen takapinnan tummumiseen perustuva vaihtoväliä pidetään paine-eromittauksen rinnalla suodattimen likaisuutta kuvaavana mittarina. Ilmanvaihdon suodatusasteen parantaminen luokasta G3 luokkaan F7 vähentää kanaviin keräytyvän pölyn määrä noin 60 – 70 % ja vastaavasti F7 suodattimien vaihto F8 suodattimiin pienentää pölykertymää noin kolmanneksen (Pasanen ym.1992).

Ilmanvaihtojärjestelmän pintojen pölyisyyttä kuvaava puhtauskriteeri on keskimääräinen pölykertymä, jonka enimmäisarvo Sisäilmaluokitus 2008:n mukaisesti on puhtausluokan P1 luovutusvalmiissa ilmanvaihtojärjestelmässä 0,7 g/m² ja puhtausluokan P2 ilmanvaihtojärjestelmässä 2,5 g/m². Vastaavasti käytössä olevissa järjestelmissä keskimääräinen pölykertymä ei saa ylittää puhtausluokassa P1 2 g m² ja puhtausluokassa P2 arvoa 5 g m². Ilmanvaihtokanavien puhtaus tulee tarkastaa viiden vuoden välein.

4.2.1 Puhtauden arviointi

Ilmanvaihtokanavien puhdistuksien jälkeen tulee hyvien työtapojen mukaan suorittaa lopputarkastus, jolla varmistetaan puhdistustyön laatu. Tarkastukset suoritetaan yleensä pistokoeluontoisesti ennalta määräämättömistä pisteistä. Tarkastuksessa tulee olla paikalla tilaaja tai tilaajan valtuuttama tarkastaja sekä työn suorittaja.

Pääsääntöisesti ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus tarkastetaan silmämääräisesti, jossa apuna käytetään visuaalista asteikkoa. Mikäli silmämääräinen tarkastus ei ole riittävä, niin pölykertymän mittaukseen käytetään suodatinkeräys menetelmää.

Tarvittaessa voidaan kanavien pinnalta ottaa mikrobi- ja kuitunäytteitä

4.2.2 Visuaalinen tarkastus

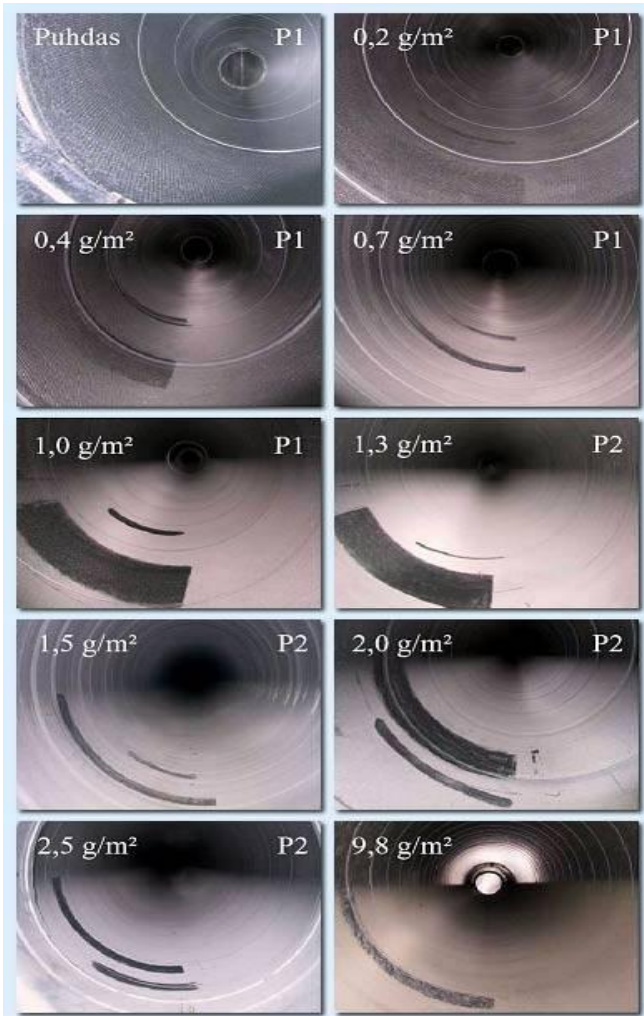
Kanavien puhtaus tarkastetaan ilmanvaihtokanavien puhdistusluukuista, venttiileistä ja muista kanava-aukoista. Apuna tarkastuksessa voidaan käyttää taskulamppuja ja peiliä. Kanavan sisäpinnan likaisuutta voidaan arvioida käsin pyyhkäisemällä, josta voidaan havainnoida kasaantuuko pöly pyyhkäistäessä. Tarkastuksessa voidaan käyttää myös optisia apuvälineitä esimerkiksi endoskoopia, jonka avulla pystytään paikallisesti tarkastamaan vaikeapääsyisiä kohtia. Kanavista tai sen osista voidaan ottaa valokuvia tai videokuvaa ajettavalla kameralaitteistolla (kuva 1). Ajettavalla kameralaitteistolla pystytään tarkastelemaan kanavien sisäpuolista kuntoa esimerkiksi puhtautta, rakennevuotoja ja äänieristeiden kuntoa.



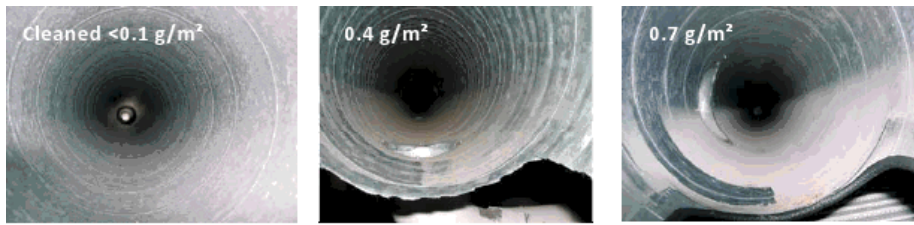
Kuva 1. Kanaviston puhtauden arviointiin käytettävä kameralaitteisto.

Silmämääräisen tarkistuksen tukena voidaan käyttää puhtausasteikkoa (kuvat 2 ja 3) ilmanvaihtokoneiden ja kanavien tarkastuslistoja.

Puhtausasteikoiden avulla voidaan arvioida uusien luovutusvalmiiden sekä käytössä olevien kanavien pölykertymää kanavissa. Menetelmällä voidaan arvioida pölyker-
tymä (yksikössä g/m²). Puhtausasteikko kattaa puhtausluokat P1 ja P2.



Kuva 2. Visuaalinen puhtausasteikko uusille kanaville.



Kuva 3. vanhat kanavat (Asikainen ym. 2010).

4.2.3 Optinen teippimenetelmä

Kanavan sisäpinnan puhtautta voidaan arvioida myös siivous laadun arvioitiin kehitytyllä (BM Dustdetector) laitteella. Pölynäyte otetaan kanavan pinnalta geelimäisellä teipillä. Teippi painetaan liimapuoli alaspäin tutkittavalle pinnalle ja teippi rullataan siihen tarkoitetulla näytteenottimella noin 10 N voimalla. Laite ilmoittaa valon läpäisevyyden muutoksenprosentteina puhtaan ja likaisen teipin välillä (kuva 4).



Kuva 4. BM- Dustdetector laite ja BM-dustroller.

4.2.4 Suodatinkeräysmenetelmä

Suodatinmenetelmä perustuu pölynäytteen imurointiin esipunnituille suodattimille, ja pölynäytteen ja suodattimen punnitukseen näytteenoton jälkeen. Pöly imuroidaan määrättyltä alueelta pumpun avulla edeltäksin punnitulle suodattimelle. Suodatin punnitaan uudelleen näytteenoton jälkeen ja tästä määritetään suodattimelle kertyneen pölynmäärä pinta-alayksikköä kohden (g/m^2). Menetelmää voidaan käyttää

myös tuloilmakanavien sisäpinnalta pölyn laadun tutkimiseen. Pöly imuroidaan pumpulla tietyltä alueelta suodattimelle, josta tehdään suoraviljely elatusalustoille.

4.2.5 Mikrobien ja kuitujen mittaus

Mikrobien mittaus elatusalustoilta pystytään tutkimaan homesienten, bakteereiden ja sädesienten kasvu. Asumisterveys ohje(2003).

Suoraviljelynäytteissä todetut mikrobit ilmoitetaan seuraavasti (Taulukko 1). Pitoisuudet on esitetty kasvustojen (pesäkkeiden) määrinä elatusalustoilla käyttäen suhteellista asteikkoa.

Taulukko 1. Pesäkkeiden määrät.

-	= pesäkkeiden määrä = 0
+	= pesäkkeiden määrä = 1 – 10
++	= pesäkkeiden määrä = 10 – 50
+++	= pesäkkeiden määrä = yli 50

4.2.6 Mycometer- testi

Myco - Meter -testi on menetelmä, joka on kehitetty erityisesti pinnoilla esiintyvien elinkykyisten ja kuolleiden homesienten biomassan osoittamiseen ja kvantitointiin (ISS-Proco 2010). Menetelmä perustuu homesienissä esiintyvän kitinaasi-entsyymin fluorometriseen osoittamiseen. Näytteet kerätään tutkittavilta pinnoilta steriiliin liuokseen kostutetulla pumpulipuikolla. Näytteenotossa käytetään (9 cm²) kokoista näytteenottokehystä. Menetelmä kertoo pinnalla esiintyvän biomassan määrän onko se **normaali, kohonnut tai selvästi kohonnut.**

Taulukko 2. Laskennalliset MV-arvot.

$MV \leq 25$	tavanomainen taso (luokka A)
$25 < MV \leq$	kohonnut taso (luokka B)
$MV > 450$	epätavanomainen taso (luokka C)

4.2.7 Kuitunäyte (teippimenetelmä)

Teollisten mineraalikuitujen näytteenotto suoritetaan BM- Dustdetectorin geeliteipeillä. Teippi asetetaan näytteen ottopinnalle keräyspinta alaspäin, jota painetaan pintaan rullaavalla näytteenottimella (kuva 5). Näytteenotossa teippi irrotetaan varovasti alustastaan ja kiinnitetään reunoista kuljetusrasian pohjaan pölypinta ylöspäin. Näyte kirjataan näyterasiaan yhteistietoineen esim. Työterveyslaitoksesta saatavalle analyysitilauslomakkeelle ja lähetetään analysoitavaksi.



Kuva 5. Kuitunäytteenotto.

Kaikki edellä mainitut tarkastusmenetelmät soveltuvat ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden arviointiin ja vastaanottotarkastuksiin.

4.2.8 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksella ylläpidetään poisto- ja tuloilmajärjestelmien sisä- ja ulkopuolista puhtautta. Puhdistustyön jälkeen kanavapintojen ja komponenttien on oltava silmämääräisesti puhtaat ja pölyttömät eikä pyyhkäistäessä kanavan pinnalta ei saa irrota tai kasaantua pölyä.

Ilmanvaihtokanavien puhdistustyö edellyttää ammattitaitoista henkilökuntaa. Työkohteeseen on tutustuttava ennakolta, jotta puhdistajat osaavat varautua mahdollisiin työtä hidastaviin tekijöihin. Lisäksi työ edellyttää riittävän ajoissa suoritettavaa tiedottamista työn tilaajalle ja käyttäjälle. Puhdistustyö on tehtävä hyvien työtapojen mukaisesti ja rakennuksen ja tilojen tulee olla käyttövalmiita ja turvallisia työn jälkeen.

Puhdistustyöt voidaan jakaa käsityökaluilla ja erikoiskoneilla tehtäviin puhdistuksiin ja näiden yhdistelmillä tehtäviin puhdistuksiin. Mekaanisessa puhdistuksessa kanavan pinnoilla oleva pöly ja lika irrotetaan perinteisellä laskuharjalla (nuohouskuulalla) tai koneellisella harjakoneella (kuvat 6 ja 7). Irronnut lika imuroidaan kanavien pinnoilta kanavissa olevien tai kanavaan puhdistuksen yhteydessä tehtyjen puhdistusluukkujen kautta.

Isommissa kohteissa esimerkiksi toimistoissa, sairaaloissa ja muissa rakennuksissa käytetään suurempia harjaukoneita. Hydrauliikkakäyttöisiä harjakoneita käytetään yleensä jos kanavakoko ylittää Ø 500 mm tai tarvittaville puhdistusluukuille ei ole esteetöntä pääsyä jonkin muun esteen vuoksi.



Kuva 6. Hydraulikkakäyttöinen harjauskone.



Kuva 7. Sähkökäyttöinen harjauskone.

Kanavissa olevan lian poiskuljettamiseksi kanavaan tai sen osaan on saatava riittävä ilman virtausnopeus. Tarvittava ilman nopeus on oltava vähintään 15 m/s. (Ripatti ym.2002). Ilmannopeuden riittävyden varmistamiseksi osa kanavahaaroista ja pääte-laitteista suljetaan säätöelimien, palopeltien sekä kanavan kokoisella ilmaa huonosti läpäisevällä esteellä (esim. muovikalvolla, kuva 8), jotta puhdistuksessa irtoava pöly ja lika siirtyy ilmavirran mukana pois kanavasta. Jäteilma suodatetaan erillisessä alipaineyksikössä (kuva 9).



Kuva 8. Riittävän ilmanvirtauksen takia, osa poistoilmaventtiileistä peitetään puhdistuksen ajaksi.

Alipaineyksikkö on laite, joka on yleensä pyörillä siirrettävä, jossa on erillinen tai yhdistetty puhallin- ja suodatin varustettuna yleensä esi- ja hieno suodattimilla. Suodattimet voivat olla esimerkiksi(F7-F9 ja H12).



Kuva 9. Alipaine yksikkö.

Tuloilmakanavien puhdistuksen ajaksi rakennuksen tuloilma pysäytetään ja erillinen alipaineyksikkö kiinnitetään puhdistettavaan tuloilmakanavaan.

Tuloilmajärjestelmien puhdistustyö pyritään aloittamaan ilmanvaihtokoneen ulkoilmasäleikön puhdistuksella edeten järjestelmällisesti koneen osien puhdistuksella. Seuraavaksi puhdistetaan rakennuksen pystykanavat, kerroksien vaakakanavat ja päätelaitteet.

Kerroksissa kanavien puhdistus aloitetaan huoneista ja tiloista päätelaitteiden puhdistuksella, jonka jälkeen suoritetaan runkokanavan harjaus edeten päärunkokanavaa pitkin alipaineyksikköä kohtaan. Huoneiden ja käytävien välillä olevat pienemmät liitännäiskanavien puhdistus voidaan tehdä sähkökäyttöisellä harjauslaitteella tai porakoneeseen liitettävällä muovipintaisella ja taipuisalla vaijerilla ja harjalla. Harja on yleensä tehty nailonista.

Puhdistuksessa on tärkeää puhdistuksen systemaattinen järjestys (kuva 10), jotta jokainen kanavaaara tulee puhdistetuksi, ja etteivät ne likaannu uudelleen puhdistustyön aikana.



*Kuva 10. Periaatekuva kuvaa kanavien puhdistuksesta sekä järjestyksestä.
(Lifa Airi(tuote-esite).*

Poistoilmakanavien puhdistusjärjestys on päinvastainen kuin tuloilmajärjestelmässä. Mikäli rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä on suoraan ulos johtavat poistoilma-

koneet, voidaan niitä hyödyntää alipaineistamaan kanava puhdistuksen ajaksi, muuten käytetään erillistä yksikköä, kuten tuloilmapuoella. Kanavien puhdistustyössä tulee kiinnittää erityistä huomiota ympäristön turvallisuuteen ja suojaamiseen.

Vaativissa puhdistuskohteissa puhdistustyön jälkeen kanavien pinnat voidaan käsitellä kemiallisilla desinfiointiaineilla. Kemiallisen desinfiointin tarkoituksena on eliminoida kaikki orgaaninen kasvuaines kanavan sisäpinnalta. Kemiallisessa puhdistuksessa desinfiointiaine sumutetaan esim. matalapaineruiskulla, sähkökäyttöistä sumutuslaitetta tai harjauslaitteilla, jolla se voidaan levittää kanavaan tasaisesti. Desinfiointissa on tärkeää noudattaa annettuja varoimenpiteitä.

Ammattimaisissa ruuan valmistuksessa rasvaa kertyy ruuanvalmistuspaikan välittömään läheisyyteen ja ilmavirran mukana kanaviin sekä kulkeutuen sieltä vesikatolla sijaitsevaan poistoilmapuhalttimeen tai huippumuriin, mikä aiheuttaa ajan kuluessa palovaaran sekä estää ilmavirtauksen kulkua.

Ruuanvalmistus tai siihen verrattavissa olevien paloherkkien erikoiskohteiden poistoilmajärjestelmät puhdistetaan harjaamalla ja kaapimalla sekä pesemällä vahvoja pesuaineita sekä korkeapainepesureita hyväksi käyttäen. Rasvakanavien puhdistukseen myös uusia tekniikoita, esimerkiksi menetelmä, jossa rasva jäädytetään kylmäksi hiilidioksidi tai typpihapolla, jonka jälkeen kanavasta irronnut rasva on helpommin irrotettavissa ja poistettavissa kanavasta.

Ammattikeittiöiden rasvasuodattimet puhdistetaan yleensä pesemällä kuumalla vedellä, painepesurilla, höyryllä ja pesuaineilla. Nykyisten ammattikeittiöiden rasvasuodattimet ovat usein haponkestäviä, joten niiden puhdistuksessa käytetään, jopa pH(13)-arvoltaan korkeita alkalisia pesuaineita, jotka irrottavat lian tehokkaasti. Vahvojen pesuaineiden käytössä on noudatettava tuotevalmistajan antamia turvallisuusohjeita ja -määräyksiä. Lisäksi ammattimaisten keittiöiden tai muiden siihen verrattavien paikkojen välittömässä läheisyydessä työskentelevien ihmisten ja ympäristön suojaamisesta sekä informoinnista on huolehdittava erityisen huolella vaaratilanteiden välttämiseksi. Ammattimaisten ruuanvalmistuspaikkojen paloturvallisuuteen perustuva puhdistusväli on yksi vuosi (Sisäasiainministeriö 802 2001)

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja toteutettava siten, että järjestelmä on helpposti puhdistettavissa. Puhdistusluukut tulee olla asennettuina määräysten mukaisiin paikkoihin ja päätelaitteiden valinta ja sijoittelu tulee tehdä siten, että puhdistustyö voidaan suorittaa kanavaosia tai rakenteita rikkomatta. D2:ssa on annettu etäisyydet puhdistusluukkujen välille (Pasanen ym. 1992).

Ulkoilmasäleiköt, joiden tarkoituksena on toimia ja estää ulkoilman epäpuhtauksien ja kosteuden siirtyminen järjestelmään, on puhdistettava ja tarkastettava tietyin välein, jotta esteetön ilman kulku turvataan. Ulkoilmasäleisiin kertynyt lika poistetaan imuroimalla, harjaamalla, paineilmalla, tai tarvittaessa säleiköt pestään liuotinpesuaineella.

Ulkoilmakammioiden ja sulkupeltien osat puhdistetaan vastaavilla menetelmillä kuin ulkoilmasäleiköt.

Ilmanvaihtokoneen lämmitys- ja jäähdytys -laitteiden osat puhdistetaan ensin imuroimalla kuiva lika, jonka jälkeen pattereiden lamelleiden välit voidaan puhdistaa paineilmalla, höyryllä tai pesemällä. Lämmönsiirtimet / patteri tulisi puhdistaa vastavirtaan (ilmanvirtausta vastaan).

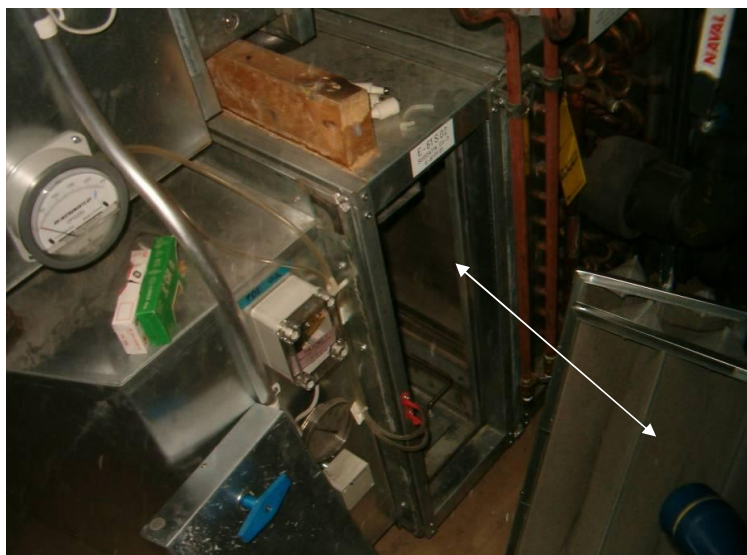
Pattereiden puhdistuksessa tulee myös huomioida, että pesuaineliuos ei saa sisältää vahvasti alkalista pesuainetta, koska se reagoi alumiinin kanssa. Pattereiden lamelleiden imurointi tulee tehdä lamelleiden suuntaisesti.

Puhaltimet ja puhallinkammiot puhdistetaan harjaamalla, paineilmalla ja imuroimalla. Puhaltimen siipipyörien puhdistuksessa voidaan käyttää käsityökaluja, esimerkiksi lastoja ja teräsharjoja. Mikäli siipipyörät ovat rasvaisia, voidaan puhdistuksessa käyttää rasvanpoistoaineita. Pesuaineiden käytössä tulee huomioida sähköturvallisuus, jotta välttyttäisiin koneen vaurioilta ja muilta vahingoilta.

Suodatinosan suodattimien vaihdossa ja puhdistustyössä tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että ilmanvaihtokone on pysäytetty suodattimien vaihtotyön ajaksi. Suodattimien vaihto tulee suorittaa siten, että vanhat suodattimet saadaan irtotettua mahdollisimman pölyttömästi ja varastoitua ilmatiiviiseen kuljetussäilöön, jossa ne toimitetaan jätehuoltoon.

Uudet suodattimet tulee vaihtaa varovasti rikkomatta suodatinkangasta, jotta vältetään ohivuodoilta (kuva 11). Suodatintoimittajat toimittavat suodattimien yhteydessä erilliset reunustiivisteet, jotka on asennettava suodatinkehyksiin ennen suodattimien asennusta. Suodatinosa puhdistetaan esimerkiksi imuroimalla, pesemällä ja harjaamalla.

Suodattimien vaihtovälit määräytyvät yleensä huolto-ohjelman mukaisesti, mutta vaihtovälien tiheyden vaikuttavat myös rakennuksen sijainti ja käyttöaste. Yleensä ottaen vaihto- ja huoltovälit ovat noin 2 - 4 kr/vuodessa, joka ei käytännössä toteudu.



Kuva 11. Tuloilmakoneen suodattimen vaihtotyö.

Äänenvaimentimien pinnat puhdistetaan imuroimalla, paineilmalla, kevyesti harjaamalla, käsin pyyhkimällä pesuaineliuokseen kostutetulla liinalla. Imuroinnissa tu-

lee huomioida äänieristeen kunto, jotta vaimentimesta ei irtoaisi mineraalikuituja. Imurointi suoritetaan letkuun liitettävällä suulakkeella. Imurissa tulee olla HEPA-luokansuodatin. Jos äänenvaimentimen pinnat havaitaan vaurioituneen, pinnat tulisi ensisijaisesti vaihtaa vaurioitunut vaimennin vaihtamalla se uuteen. Äänenvaimennin voidaan myös kunnostaa vaurioitunut materiaali pinnoittamalla, jossa käsittelyllä saadaan sidottua mineraalikuidut huokoiselta pinnalta niin, että niistä ei irtoa kuituja ilmanvirran mukana sisäilmaan. Tärkeää on huomioida, että pinnoitus tehdään heti puhdistuksen jälkeen ja että ympäröivät olosuhteet olisivat tuotteen valmistajan mukaiset. Pinnoituksen kestoikästä ei ole tutkittua tietoa.

4.2.9 Ilmavirtojen mittaus ja perussäätö

Rakennuksen huonetiloissa tulee olla tilojen käyttötarkoitukseen riittävä ilmanvaihto. Perussäädön tavoitteena on varmistaa huonetiloihin suunnitelmien mukaiset ilmavirrat. Perussäädön yhteydessä ilmavirrat mitataan ja säädetään.

Hyvin säädetyin ilmanvaihdon hyötyjä ovat hyvä sisäilmanlaatu energiaa tuhlaamatta sekä sisäilman epäpuhtauksien ja kosteusongelmien ennaltaehkäisy sekä hajuhaittojen vähentäminen. Liian tehokas ilmanvaihto on yksi merkittävimmistä energian tuhlaajista. Lisäksi liiallinen ilmavirtaus saattaa aiheuttaa vetohaittoja (Terveentalon toteutuksen kriteerit 2003).

Ilmavirtojen säätötyön aloitus edellyttää, että rakennuksessa tehdyt pölyä aiheuttavat työt on saatettu loppuun ja tilat ovat puhdistettu pölystä. Lisäksi säätöä suorittaessa ovien ja ikkunoiden tulee olla kiinni.

Ilmankäsittelykoneiden ja siihen kuuluvien kanavien sekä pääte – laitteiden tulee olla puhdistettu sisäpuolelta pölystä sekä kanavien osien tulee olla tiiviitä ja paikallaan myös rakennuksen ohjausautomaatiikan toiminta tarkistetaan.

Kanavien tiiveydestä on annettu ohjeita ja määräyksiä Suomenrakentamismääräyskoelman osassa D2:ssä. Ohjeita ilmastointi, ilmavirtojen ja painesuhteiden mittauksesta ja mittausmenetelmistä Suomen standardisoimisliitto (SFS 5512).

Lisäksi mittauspöytäkirjaan on hyvä liittää virhetarkastelu tuloksista.

Mittausvirheitä ovat:

m1 = mittausvälineen virhe, prosenttia lukemasta

Tämä lukema on usein ilmoitettu mittalaitteelle. Mittarin virhe voidaan esittää % lukemasta tai % täysnäytöstä. Esimerkiksi. Mittanauhan tarkkuus on 0,5 % täysnäytöstä ja mittarin lukema on 2 m pituinen mittaus virhe 1m:n kohdalla 1 % lukemasta eli 1 cm.

m2 = mittausmenetelmä virhe, %

Menetelmä virhe syntyy yleensä sitä, ettei mittarin tila vastaa kohteen tilaa. Esim. ilmamäärämittarin anturi on väärin asennettu kanavaan tai päätte – elimeen.

m3 = lukemavirhe

Lukemavirhe johtuu useimmiten mittarin asteikon tiheydestä.

Kokonaisvirhe määräytyy pääosin suurimman virhelähteen mukaan. Esimerkiksi kanavamittaus, jossa vaatimuksena on, että kanavassa kulkee ilmamäärä 40 d/m³. Mittaus suoritetaan viiden pisteen menetelmällä. Menetelmävirhe on 5 % ja mittarin virhe 1 %, jolloin kokonaisvirhe on 5,1 % (Käytännön mittaustekniikka Pietikko Oy 2006).

Mittaus- ja säätötyö voidaan luovuttaa tilaajalle, kun tilaaja on hyväksynyt työn vastaanotetuksi. Mittaukset suoritetaan työnsuorittajan mittauskalustolla tilaajan tai hänen valtuuttaman edustajan kanssa. Tilaaja voi halutessaan käyttää omia mittalaitteita.

Puhdistuksen raportointi

Ilmanvaihtokanavien puhdistustyöstä tulee laatia alla mainittu tarkastus- ja puhdistus pöytäkirja, josta on annettava kappale rakennuksen omistajalle ja haltijalle tai huoneistojen haltialle

Puhdistuspöytäkirjaan on merkittävä:

- 1) kohteen tiedot
- 2) työn suorittaja
- 3) työnsuorituksen ajankohta
- 4) tehdyt puhdistustoimenpiteet ja niiden laajuus
- 5) työmenetelmät
- 6) havaitut puutteet ja tehdyt korjaukset

Ilmanvaihtokanavien – ja laitteistojen puhdistaminen voidaan merkitä kiinteistön käyttö- ja huolto-ohjeeseen.

Säädöistä ja mittauksista laaditaan pöytäkirja:

Kaikista pöytäkirjoista tulee ilmetä seuraavat perustiedot:

- mittausajankohta
- mittauspaikka (huonetilojen, koneiden tms. paikantamisessa voidaan viitata esim. suunnitelmiin)
- mittaaja ja mittauksen valvoja
- käytetyt mittausmenetelmät ja – laitteet ja selvitys niiden kalibroinnista
- sääolosuhteet
- mitattavan ilmavirran lämpötila ja tarvittaessa kosteus
- selvitys mittaukseen vaikuttavista tekijöistä
- varsinaiset mittaustulokset

5 Aineisto ja menetelmät

5.1 TUTKIMUSKOHDE

Tutkimuskohteena oli Helsingissä sijaitseva viisikerroksinen toimistorakennus, jossa oli kellari ja ullakkotilat. Rakennuksessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Rakennuksen viisi maanpäällistä kerrosta toimi pääosin toimistokäytössä. Rakennus-tilavuus oli 22 500 m³, ja tilojen huoneisto-ala oli 4 475m². Rakennuksen ilmanvaihtoa oli saneerattu vuonna 1998.

Rakennuksen tilojen käyttäjät olivat puhdistustyön tilaajan mukaan oireilleet ja kohteessa oli todettu olevan mineraalikuitulähteitä. Kohteessa oli tehty alustavia tutkimuksia ja jatkotoimenpiteistä oli sovittu tilaajan kanssa.

Toimistorakennuksen työhuoneiden kanavien puhtaus ja sisäilman laatu arvioitiin aistinvaraisesti ja tulokset raportoitiin tarkastuspöytäkirjaan.

Toimistorakennuksessa suoritettiin ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus- ja äänenvaimentimien pinnoitustyö. Ennen puhdistustyön aloitusta määriteltiin kanavien liikkaisuus silmämääräisesti RT kortin LVI 39- 10409 mukaisesti ja kanavien sisäpinnoilla oleva kuitupitoisuus mitattiin geeliteippi-menetelmällä. Lisäksi kanavien sisäpinnoilta otettiin sieni-itiö ja bakteeri näytteitä sekä MycoMeter menetelmällä. Mittauksia tuloksia verrattiin ennen ja jälkeen puhdistuksen ja kapseloinnin sekä aikaisempiin tutkimustuloksiin vastaavista kohteista. Puhdistustyön lopputulosta arvioitiin silmämääräisesti. Puhtauden tarkastukseen käytettiin puhtausasteikkoa, joka on tarkoitettu käytössä olevien tuloilmakanavien puhtauden puhtaudentarkastukseen. Lisäksi puhtautta arvioitiin BM -Dudetectorilla.

Ilmanvaihdon puhdistus- ja äänenvaimentimien pinnoitustyö käsitti rakennuksen kaikki viisi maanpäällistä kerrosta ja kellaritilat. Tutkimus rajoittui mikrobi- ja kuitunäytteiden osalta tuloilmakoneisiin, jotka olivat 3. kerroksen sekä konehuoneiden vaikutusalueella. Puhdistustyön suoritusta arvioitiin 3. ja 4. kerroksen osalta.

5.2 PUHDISTETTAVAT ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus- ja pinnoitustyön suorituksesta vastasivat puhdistusyrityksen kolme työntekijää. Tilojen puhdistustyö ja näytteiden otto ajoittui ajalle 13.9 - 15.10.2010. Työn aloituksesta tiedotettiin tilaajaa kaksi viikkoa ennen työn aloitusta.

Ennen työn varsinaista suoritusta pidettiin aloituskokous, jossa olivat paikalla tilaajan edustajat, työn valvoja ja urakoitsijoiden edustajat sekä näytteiden ottaja. Aloituskokouksesta laadittiin pöytäkirja.

Käytössä olevat ilmastointikoneet ja kanavoinnit on uusittu osittain vuonna 1998. Tarkastelun alla olevat tuloilmakoneet toimivat saman ohjauksen takana. Koneet ovat taajuusmuuttaja säätöisiä. Lämmön talteenotto oli järjestetty vesi/glykoli -pattereilla. Koneiden esisuodatin oli luokka F4 ja loppusuodatin luokka F7. Koneet olivat varustettu paine-ero mittareilla sekä paine-ero hälyttimillä. Paine-eromittarin lukemat ennen puhdistustyötä olivat 160 -242 Pa. Tilojen wc- ja siivouskomoissa oli erillinen poistoilmajärjestelmä, joiden huippumurit olivat vesikatolla.

Rakennuksen tulo-poistoilmakoneet, sijaitsivat rakennuksen neljännessä ja viidennessä kerroksessa. Ilmanvaihtokoneilta lähtevät vaakarunkokanavat sijaitsevat rakennuksenlämpimässä ullakkotilassa. Pystyrunkokanavat sijaitsivat rakennuksen kulmissa. Kerroksissa runkokanavien välittömässä läheisyydessä sijaitsivat automaattiset palopellit, joiden viereen oli asennettu puhdistus/tarkastusluukut. Tuloilmakanavat olivat pääsääntöisesti lämpöeristetty mineraalivillalla, jotka olivat pinnoitettu alumiinipaperilla. Huoneiden poistoilmanjako oli toteutettu huonetilaisilla seinillä sijaitsevilla poistiventtiileillä ja tuloilma jaettiin huonekohtaisilla jäädytyspalkeilla (taulukko2 (a) ja (kuva 12).

Taulukko 3. kanavakoot ja muut ilmanvaihtojärjestelmän osat

Tuloilmakone 202 TF/PF1	1,24 (m/s ³)
Runkokanavat(ullakko)	Ø630mm, A60
Pystyrunkokanavat	Ø500mm
Kerrosten vaakakanavat	Ø315mm(L30)
Kanavien puhdistusluukut(ullakko)	400 x500mm
Kanavien puhdistusluukut(kerrokset)	Ø100-315mm
Päätelaitteet (poisto)	URH-125-160mm
Päätelaitteet, jäähdytyspalkki(tulo)	(haloton)



Kuva 12 Jäähdytyspalkki (Halton).

5.3 ILMANVAIHTOKANAVIEN PUHDISTUKSEN – JA ÄÄNENVAIMENTIMIEN KAPSELOINNIN SUORITUS

5.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus

Puhdistustyö aloitettiin pysäyttämällä tuloilmakone. Puhdistus aloitettiin avaamalla ulkoilmakammion (400 x 500 mm) tarkastusluukku, josta puhdistustyöntekijä suoritti ulkoilmakammion puhdistuksen poistamalla suuremmat epäpuhtaudet imuroimalla

kammion sisäpinnat pölystä. Puhdistus tehtiin ensin imurilla, jonka jälkeen sisäpinta pyyhittiin nihkeällä mikrokuitukangasliinalla.

Ulkoilmakammion puhdistuksen jälkeen vaihdettiin tuloilmakoneiden suodattimet. Vanhat suodattimet sijoitettiin suljettaviin pusseihin. Suodatinkammion kovat pinnat imuroitiin ja pyyhittiin nihkeällä siivousliinalla. Pattereiden puhdistus suoritettiin imuroimalla pattereiden lamellit pystysuuntaisesti sekä puhaltamalla patterin lamelleiden välit paineilmalla. Paineilmapuhallus suoritettiin vastavirtaa päin sekä alipaineistamalla pattereiden etummainen kammio irtoavan pölyn saamiseksi talteen. Konekammioiden ja koneen puhaltimen osat puhdistettiin imuroimalla sekä nihkeäpyyhinnällä. Puhdistuksen yhteydessä tarkasteltiin koneen kunto.

5.3.2 Äänenvaimentimien pintojen kunnostus

Tarkastuksessa havaittiin äänenvaimentimien ylä- ja alapuoliset vaimentimien pinnat olivat ilman kuitusuojaa ja aiheuttavat mahdollista kuitujen kulkeutumista ilmavirran mukana sisäilmaan. Päätettiin, että reikäpellityksen päälle laitettaisiin pölynsidontaine ja vaimentimien ylä-alapuoliset aukinaiset osat pohjustetaan pölynsidonta- sekä kapselointiaineella. Ennen pinnoituksen suoritusta kanavaosat ja äänenvaimennusmateriaalit puhdistettiin imuroimalla sekä alipaineistamalla tila, jotta puhdistuksen aikana mahdollisesti irtoavat kuidut eivät kulkeutuisi takaisin kanavaan, eikä muihin tiloihin. Pölynsidonta - ja pohjustusaineen levitys tehtiin matalapaineruiskulla, joka oli varustettu mikrosuuttimella. Kapselointiaine levitettiin siveltimellä (kuva 13).



Kuva 13. Äänenvaimentimenavoimen mineraalivillapinnan kapselointi.

Koneiden ja kammioiden puhdistuksen sekä äänenvaimennus pinnoitustyön jälkeen siirrettävä alipaineyksikkö kiinnitettiin konehuoneessa sijaitsevaan (\varnothing 630 mm) runkokanavaan, jonka jälkeen kanava puhdistettiin hydraulisella harjauslaitteella kanavan ääripäästä edeten alipaineyksikköön nähden. Konehuoneessa sijaitsevan (\varnothing 630 mm) runkokanava puhdistettiin nylon/mikrokuituharjaksella. Konehuoneessa tehtyjen runkokanavien puhdistusten jälkeen puhdistettiin tuloilmakanavien pystyrungot. Puhdistuksen ajaksi kanavaosan kerroskohtaiset palopellit suljettiin lukuun ottamatta alimman kerroksen palopeltiä, jonka läheisyydessä olevaan puhdistusluukkuun kiinnitettiin alipaineistuslaite. Kanavat puhdistettiin konehuoneesta alaspäin kohti alipaineistajaa.

Toimistokerroksissa olevien poistoilmakanava osuuksien puhdistus tehtiin liittämällä alipaineistaja palopellin välittömässä läheisyydessä olevaan puhdistusluukkuun. Alipaineistaja käynnistettiin ja runkokanavassa sijaitsevat poistovenitit peitettiin muovikalvolla (kuva 3) riittävän ilmanvirran varmistamiseksi.

Kanavan harjaus tehtiin systemaattisesti edeten sivuhaarojen puhdistuksella (\varnothing 125 mm) runkokanavassa sijaitsevaa alipaineistajaa kohden. Kanavien puhdistamisessa käytettiin sähkökäyttöistä harjakonetta kuva 6, jonka jälkeen runkokanavat puhdistet-

tiin hydraulisella harjauskoneella. Puhdistusta varten runkokanavaan asennettiin kaksi (\varnothing 250 mm) puhdistusluukkua. Kanavien puhdistus tehtiin nylon/mikrokuitukangas harjalla kanavan ääripäästä kohti alipaineistajaa.

Poistoilmaventtiilit puhdistettiin pesemällä vedellä ja miedosti emäksisellä pesuaineliuksella. Poistoilmakanavien puhdistukseen kului aikaa huoneittain n. 5-10 minuuttia riippuen huonetiloissa olevista esteistä.

Tuloilmakanavien - ja jäähdytyspalkkien puhdistus

Huonetiloissa olevien jäähdytyspalkkien puhdistamisen ajaksi toimistokerroksissa olevat henkilöt pyydettiin siirtymään muihin tiloihin. Pöytäpinnat suojattiin muovilla yhteistyössä tiloissa työskentelevän henkilöstön kanssa. Toimistuhuoneen pintojen suojaamiseen kului aikaa huoneiden koosta riippuen 5-10 minuuttia. Huoneen pintojen suojaamisessa työskenteli kaksi henkilöä. Jäähdytyspalkit avattiin aukaisemalla palkin suojapellin yläpuolella sijaitsevat kiinnikkeet. Avaamisen jälkeen puhdistettiin jäähdytyspalkkien alapellin yläpinta imuroimalla ja pinta pyyhittiin nihkeällä mikrokuituliinalla.

Jäähdytyspalkkien lämmönsiirtimien lamellit puhdistettiin imuroimalla ne suulakkeella varustetulla imurilla. Lämmönsiirtimien puhdistuksen jälkeen puhdistettiin jäähdytyspalkin ja tuloilmanvaihtokanava (\varnothing 100 mm). Puhdistus aloitettiin avaamalla palkin alapinnassa oleva muovinen tulppa, josta kanava puhdistettiin mikrokuitukangas/nylon harjalla. Kanava harjattiin sähkökäyttöisellä harjauskoneella kahteen kertaan edestakaisin. Harjan pyörimissuuntaa vaihdettiin välillä. Puhdistuksen jälkeen tarkistettiin lämmönsiirtimien lamellien kunto ja mahdolliset vuodot. Puhdistustyön suorittamiseen tarvittiin kaksi miestä ja aikaa kului huoneiden koosta riippuen n. 15 - 20 minuuttia.

5.4 PUHTAUDEN ARVIOINTI

5.4.1 Mikrobinäytteet

Tutkimuskohteen ilmanvaihtokanavista otettiin mikrobi- ja kuitunäytteitä ennen ilmanvaihtokanavien puhdistusta – ja pinnoitustyötä sekä tehtyjen toimenpiteiden jälkeen. Mikrobinäytteet kerättiin ja analysoitiin soveltaen Asumisterveysohjeen (2003) näytteenkeräystä ja analysointiohjeita. Käytettyinä menetelminä mikrobimittauksissa olivat pintasivelynäytteiden otto. Pintasivelynäytteillä selvitettiin pintojen (ilmanvaihtokanavat) pölyn elinkykyisten sieni-itiöiden ja bakteerien määrää ja suvustoa.

Lisäksi tehtiin mikrobienmittaus Myco- Meter menetelmällä, joka on kehitetty erityisesti pinnoilla esiintyvien elinkykyisten ja kuolleiden homesienten (sienten biomassan) osoittamiseen ja kvantitointiin. Eri mittausmenetelmät mikrobien osalta suoritettiin kaikki samoista mittauspisteistä, jotka kirjattiin tasopiirustuksiin (liite 4).

Näytteenotossa tarvittiin seuraavat välineet:

- steriilejä pumpulipuikkoja
- koeputkia, joissa steriiliä laimennosliuosta
- kasvatusalustoja: sienialustat (2 % mallasuuteagar ja DG18-agar) ja bakteerialustat (THG- agar) (yhteensä 3 alustaa/näyte).

Näyteottoalue siveltiin steriiliin laimennosvedeen kostutetulla pumpulipuikolla pyörittäen puikkoa tasaisesti kolmeen kertaan. Toimenpiteen jälkeen näyte siveltiin kasvatusalustalle siksak-kuviona ylhäältä alas ja vasemmalta oikealle. Jokaisessa näytesarjassa käytettiin omaa pumpulipuikkoa/kasvatusalusta. Näytesarja koostui kolmesta eri näytteestä. (1 näytesarja = 3 osanäytettä eli kolme maljaa, jotka otettiin kanavan vierekkäisiltä osilta).

Näytteenoton jälkeen näytesarjan maljapino (3 kpl) teipattiin kiinni toisiinsa. Teippiin kirjattiin näytenumero, näytepiste ja näytteenottopäivämäärä. Näytteet suljettiin ilmatiiviiseen minigrip- pussiin.

Mittauspöytäkirjaan kirjattiin, edellä mainittujen seikkojen lisäksi:

- pintamateriaali
- näytteen-ottopinta-ala
- arvio pintamateriaalinkunnosta
- arviopölynmäärästä pinnalla

Ennen näytteenottoa kasvatusalustoja ja laimennosvesiputkia säilytettiin viileässä (+6°C). Näytteenoton jälkeen kasvatusalustoja säilytettiin lämpimässä ennen laboratorioon lähettämistä.

Laboratoriossa näytteitä inkuboitiin lämpökaapissa + 25 °C 7 vrk:tta (sienet, bakteerit) ja 12 vrk:tta (aktinobakteerit). Inkuboinnin jälkeen pesäkkeet laskettiin ja sienet tunnistettiin laji- ja tai sukutasolle valomikroskoopin avulla.

Mycometer- näytteenotto ja analysointi

Näytteet otettiin ilmanvaihtokanavien sisäpinnalta pisteistä P1-P5. Näytteet otettiin seuraavasti:

1. Avattiin näytepuikkokotelon steriili tiiviste kiertämällä punaista korkkia.
2. Kostutettiin vanupuikko steriilissä liuoksessa, jota oli vihreässä putkilossa.
3. Asetettiin itseliimautuva näytteenottokehys(9 cm²) kanavan sisäpinnalle.
4. Vanupuikkoa siveltiin kiertämällä, sitä näytteenottokehysten alueella, jotta mahdollinen homekasvusto tarttuisi puikkoon.
5. Näytteen oton jälkeen vanupuikko laitettiin koteloon analysointiin saakka. Steriili liuos sisälsi biostaattista ainetta, joka ehkäisee mikrobiologista kasvua varastoinnin aikana.

Näytteiden analysointi suoritettiin näytteenotosta seuraavana päivänä.

Tulokset ja vertailu raja-arvoihin

Näytteenottopisteet ja tuloksien tulkinta on esitetty (taulukossa 4). Biomassa määrä on esitetty MV-arvona (MV= MycoMeter Value, MycoMeter-arvo). MV-arvo on las-kennallinen lukuarvo, joka saadaan analysoimalla pinnalta otettu näyte MycoMeter-fluorometrillä. Laitteen valmistajan antamat raja-arvot pinnoilla esiintyvälle ho-mesientien biomassalle ovat:

Taulukko 4. MycoMeter MV-arvo ja tulkinta

MV \leq 25	tavanomaisen taso (luokka A)
25<MV \leq 450	kohonnut taso (luokka B)
MV>450	epätavanomainen taso (luokka C)

Testistä huomiot

Sienet kasvavat usein näkymättömissä osissa materiaalia. On tärkeää, että näytteenot-to tarvittava pumpulipuikko on fyysisesti kosketuksissa sienikasvuston kanssa näytet-tä otettaessa ja näytteenottoalue tulisi kokonaan siveltyä. Erittäin huokoiset pinnat eivät sovellu näytteenottopinnoiksi.

5.4.2 Kuitunäytteet

Näytteidenotto ja näytteiden käsittely tapahtui noudattaen Työterveyslaitoksen an-taman ohjeistusten mukaan (kuitunäytteiden ottaminen teippimenetelmällä). Näyt-teet otettiin suoraan ilmanvaihtokanavan sisäpinnalta geeliteipeille. Laboratoriossa näytteistä analysoitiin mineraalikuidut (pituudeltaan >20 μ m olevat lasikuidut sekä lasi- ja kivivillakuidut) valomikroskooppisesti. Kuidut analysoitiin teipin koko pinta-alalta (14 cm²) 100x suurennoksella. Erityyppisiä mineraalikuituja ei valomikroskoop-pisesti voida erotella.

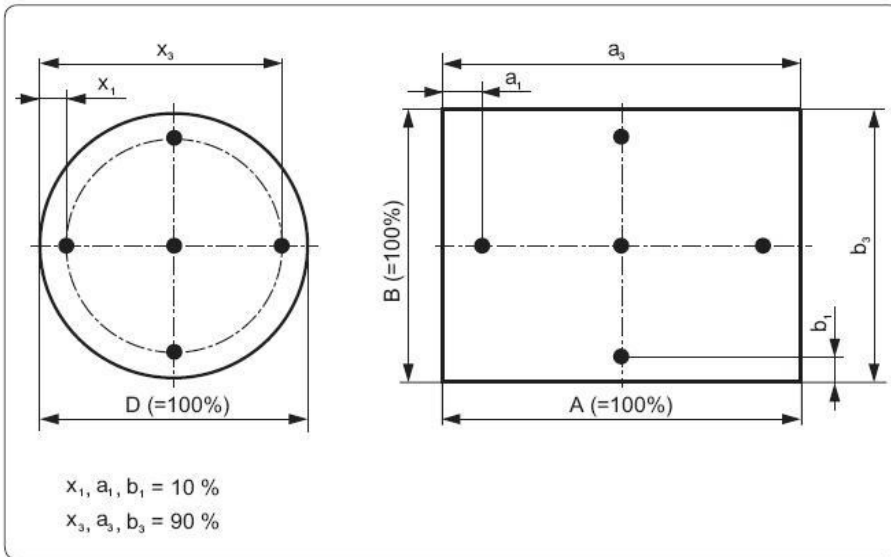
Kuitunäytteistä tulkinta:

Kuitujen lukumäärälle pinnoilla ei ole virallisia ohjearvoja. Schneider (Schneider T, Synthetic vitreous Fibres. Teoksessa: Indoor air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York 2000, chapter 39.) suosittaa, että pinnat tulisi luokitella siivoustiheyden mukaan:

- synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmaa, jos kuitujen lukumäärät ovat alle 0,2 kpl/cm² ja harvoin siivotuilla pinnoilla alle 3 kpl/cm².
- jos kuitujen lukumäärät harvoin siivottavilla pinnoilla ovat yli 10 kpl/cm², tulee siivousta tehostaa tai muuttaa menetelmiä.

5.4.3 Ilmavirtojen mittaustyö

Toimistorakennuksen tulo- ja poistoilmanvirtaukset mitattiin kanavista ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen. Mitattuja ilmavirtoja verrattiin ilmanvaihtopiirustuksissa annettuihin suunnitteluarvoihin. Ilmavirrat mitattiin kanavista viidenpisteen menetelmällä SFS 5512mukaisesti ja ilmavirtausmittaukset tehtiin TSI-9555P ja termoaanemometrianturilla. Mittari laskee tehollisen kanavan poikkipinnan, joka ottaa huomioon kanavan reunoilla olevan kapean 0 virtausalueen(kuva 14). Mittarin aikavakioksi valittiin neljä sekuntia kanavassa tapahtuvan ilman huojunnan takia.



Kuva 14. Viidenpisteen mittaus menetelmä (ilmastointiteknikka.wikipaces.com/ monipiste menetelmä)

Mittauslaitteet oli kalibroitu laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Ennen mittaustyötä tarkastettiin puhaltimen pyörimissuunta, liikkuvien osien toiminta ja kiilahihnojen kireys, joka todettiin hyväksi. Tuloilmakoneessa (201TK-1) oli tuloilmasuodattimena F 7-luokan tuloilmasuodatin. Paine-ero mittarin mukaan paine-ero oli tarkistushetkellä 255Pa. Suodattimet olivat silmämääräisesti likaiset. Koneen kyljessä olevan ilmannopeutta ilmaisevan mittarin lukema ennen koneiden ja kanavien puhdistustyötä oli 4,0 m/s Kanavan halkaisija oli \varnothing 630 mm, jolloin ilmavirta oli noin 1250(dm³/s).

Koneen tarkastuksen jälkeen tarkastettiin ilmavirtojen mitoitusarvot saaduista ilmanvaihtopiirustuksista. Suunnitelmissa kokonaistuloilmanvirran arvona 1500 dm³/s. Varma -kiinteistön edustajan, teknisen huoltomiehen mukaan suunniteltua kokonai-ilmavirtaa oli alennettu tilojen käyttäjiltä tietoon saatujen haittojen vuoksi arvoon 1220 dm³/s.

Ennen tarkastusmittausta tarkistettiin kanavassa olevat palo- ja säätöpellit ja niiden asennot. Palopellin asentoa jouduttiin korjaamaan viallisen palosulakkeen takia, jonka tarkoituksena on toimia palovaaratilanteessa sulkemalla automaattisesti kanavan osa.

Kanavassa olevan säätöelin ei ollut tyyppihyväksyttyä mallia, joten mittaustyö suoritettiin kanavamittauksella.

Mittauspisteeksi valittiin kolmannen ja neljännen kerroksen katossa sijaitsevat runkkanava osuudet. Ilmanvaihtokanavaan porattiin mittausta varten kaksi reikää putken ala- ja yläpintaan. Mittaustyö suoritettiin koneen ollessa 1/1- teholla.

6 Tulokset

6.1 PUHDISTUKSEN VAIKUTUS PINTOJEN PUHTAUTEEN

6.1.1 Visuaalinen tarkastus

Kanavien kunto ja puhtaus tarkastettiin yhdessä tilaajan kanssa silmämääräisesti ja kanavasta otettiin valokuvia kuvia **ennen** puhdistustyötä (kuva 15 (a)) ja puhdistustyön **jälkeen** (kuva 15 (b)). Valokuvia verrattiin puhdistusasteikon kuviin (kuvat 3(a) ja 3(b)). Valokuvia otettiin yhteensä 28 kpl ennen ja jälkeen puhdistuksen.

Kuvauskohdat valittiin ennalta määräämättömistä pisteistä. Alla kuvauspisteet KP.4 olevat kuvat 15 (a) ja 15 (b) on otettu 3 krs: n tuloilmakanavasta.



Kuva 15 (a), Tuloilmakanava ennen Kuva 15 (b), Tuloilmakanava puhdistuksen jälkeen

Tuloilmakanavien alapinnoilla oli pölyä, visualisen puhtausasteikon (kuva 9) perusteella, **ennen** puhdistustyötä tehtyjen puhtauden tarkastuksen perusteella kanavien pölykertymän keskiarvoksi arvioitiin **1,3 g/m²**. Puhdistustyön **jälkeen** tuloilmakanavienpölykertymän keskiarvoksi arvioitiin **0,4 g/m²**.

Taulukossa 5 on esitetty visuaalisen tarkastuksessa arvioidut pölykertymät ennen puhdistusta ja sen jälkeen.

Taulukko 5. Tarkastuspöytäkirja ennen ja jälkeen.

Tarkastus- pisteen si- jainti	Valo- kuvan nu- mero	Pöly- kertymä ennen puhdis- tusta (g/m²)	Pölyker- tymä jäl- keen puhdis- tuksen (g/m²)	Muut epäpuh- taudet	Puhdis- tustarve Pu/Pa/k o
3.krs.(h.221)	1	0,8	0,3		PA
3.krs.(h.221)	2	0,9	0,4		PA
3.krs.(h.319)	3	1,1	0,4		KO
3.krs.(h.319)	4	1,2	0,5		KO
3.krs.(h.369)	5	2,0	0,7		KO
3.krs.(h.306)	6	2,0	0,3		KO
3.krs.(h.306)	7	0,7	0,4		PA
3.krs.(h.330)	8	0,6	0,3		PA
3.krs.(h.334)	9	2,1	0,5		KO
4.krs.(h.456)	10	0,7	0,5		PA
4.krs.(h.456)	11	1,7	0,6		KO
4.krs.(h.421)	12	1,9	0,5		KO
4.krs.(h.422)	13	1,3	0,3		KO
4.krs.(h.käyt)	14	1,9	0,3		KO
Keskiarvo	1-14	1,3	0,4		

PU = puhdas kanava

PA = puhdistettava paikallisesti edellyttämästä kohdasta

KO = koko kanavan osa

6.1.2 Optinen teippimenetelmä

Pintapölynpitoisuusprosentti mitattiin lisäksi BM- Dustdetector mittarilla.

Mittaukset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. BM- Dustdetectorilla mitattu pölypitoisuus ennen puhdistusta ja sen jälkeen

Tarkastus- pisteen si- jainti	valokuva n:o	Pölyisyys ennen puhdistusta (%)	Pölyisyys jälkeen puhdistuksen (%)
3 krs.h.221	1	12	5
3 krs.h.221	2	15	6
3 krs.h.319	3	15	5
3 krs.h.319	4	20	5
3 krs.h.369	5	32	4
3 krs.h.306	6	36	5
3 krs.h.306	7	11	4
3 krs.h.330	8	13	4
3 krs.h.334	9	34	5
4krs.h.456	10	13	5
4krs.h.456	11	33	6
4krs.h.421	12	31	5
4krs.h.422	13	14	5
4krs.h.käyt	14	33	5
keskiarvo	1-14	22,0	5

6.2 KUITU JA – MIKROBITULOKSET

6.2.1 Kuitunäytteet

Tulokset kuitumittauksista (Taulukko 7).

Taulukko 7. Kuitumittaustulokset ennen puhdistus- ja pinnoitustyötä sekä sen jälkeen

Näytteenotto kohta	Pitoisuus, ennen kpl/cm ²	Pitoisuus, jälkeen kpl/cm ²
1. 3. krs, tuloilmakanava	2,5	0,1
2. 3. krs, tuloilmakanava, h. 356	1,9	0,1
3. 3. krs, poistoilmakanava, 324	5,1	2,9
4. 3. krs, tuloilmakanava, h. 324	1,8	2,2
5. konehuone, tuloilmakanava(pysty)	>100	0,3

<0,1 = alle määrittäysrajan, mineraalikuituja ei esiintynyt

- = pölykertymää ei tiedossa

6.2.2 Mikrobimittauksen tulokset (pintasively)

Taulukko 8. Mikrobimittausten tulokset. Näytteenotto kohdat ennen puhdistusta -ja pinnoitusta.

Näyte	2 % mallas agar	DG-18 agar	THG agar
P1	<i>Cladosporium</i> +	sterillit +	Aktiinobakteerit - Muut bakteerit -
	Sieni-itiöt yhteensä +	Sieni-itiöt yhteensä +	Bakteerit yhteensä -
P2			
	Sieni-itiöt yhteensä -	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä +
P3	<i>Cladosporium</i> + <i>Alternaria</i> + sterillit + <i>Penicillium</i> ++	<i>Cladosporium</i> ++ Penicillium +	Aktiinobakteerit - Muut bakteerit +
	Sieni-itiöt yhteensä ++	Sieni-itiöt yhteensä ++	Bakteerit yhteensä +
P4	hiivat, vaaleat +		Aktiinobakteerit - Muut bakteerit -
	Sieni-itiöt yhteensä +	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä -
P5	<i>Cladosporium</i> +		Aktiinobakteerit - Muut bakteerit -
	Sieni-itiöt yhteensä +	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä -

Taulukko 9. Näytteenotto kohdat puhdistuksen - ja pinnoituksen jälkeen.

Näyte	2 % mallas agar	DG-18 agar	THG agar
P1			Aktiinobakteerit - Muut bakteerit -
	Sieni-itiöt yhteensä -	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä -
P2			Aktiinobakteerit - Muut bakteerit +
	Sieni-itiöt yhteensä -	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä +
P3	<i>Cladosporium</i> +	<i>Eurotium</i> +(1) <i>Cladosporium</i> + Penicillium +	<i>Aktiinobakteerit</i> - Muut bakteerit +
	Sieni-itiöt yhteensä +	Sieni-itiöt yhteensä ++	Bakteerit yhteensä +
P4			Aktiinobakteerit - Muut bakteerit -
	Sieni-itiöt yhteensä -	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä -
P5			<i>Aktiinobakteerit</i> - <i>Muut bakteerit</i> -
	Sieni-itiöt yhteensä -	Sieni-itiöt yhteensä -	Bakteerit yhteensä -

Ennen puhdistusta otetuissa näytteissä P1-P2 ja P4 ja P5 mikrobipitoisuudet olivat vähäiset eikä näytteissä esiintynyt epätavanomaisia mikrobeja. Näytteessä P3 (poistoilmakanava) esiintyi kohtalaisesti sieni-itiöitä ja niukasti bakteereita. Lajisto oli tavanomainen.

Puhdistuksen jälkeen otetuissa näytteissä (P 1-P2 ja P4-P5) mikrobipitoisuudet olivat erittäin vähäiset eikä näytteissä esiintynyt epätavanomaisia mikrobeja. Näytteessä P3 (poistoilmakanava) esiintyi niukasti sieni-itiöitä ja niukasti bakteereita. Lajisto oli tavanomainen, mutta yksi kosteusvauroon viittaava mikrobi (*Eurotium*).

6.2.3 MycoMeter- testi

Taulukko 10. Näytteenottopisteet ja näytteiden laskennalliset MV-arvot ja tulokset. 9.9 - 30.9.2010 ennen puhdistusta ja sen jälkeen.

Näyte	MV-arvo	Luokka		
		A	B	C
1.krs, tuloilmakanava	<10	x		
2.krs, tuloilmakanava, h. 356	<10	x		
3.krs, poistoilmakanava, h. 324	<10	x		
4.krs, tuloilmakanava, h. 324	<10	x		
5.krs, konehuone(pysty) tuloilmakanava	<10	x		

<16=pitoisuus alle määritysrajan

<10=pitoisuus alle havaintorajan

Ennen puhdistusta otetuissa näytteissä MV-arvot olivat, alle havaintorajan eli kaikki kuuluivat tavanomaiseen tasoon eli luokka (A)= $MV \leq 25$.

Puhdistuksen jälkeen otetuissa näytteissä MV-arvoista saadut tulokset olivat myös alle havaintorajan < 10 ja kuuluivat kaikki tavanomaiseen tasoon eli luokka (A)= $MV \leq 25$.

6.2.4 Ilmavirtojen mittauksen tulokset

Mittaustulokset on esitetty taulukossa 11 ja 12.

Taulukko 11. Ilmavirtaus tulokset ennen puhdistustyötä.

Mittapisteet	Suunnittelu-arvo (dm ³ /s)	Mitattuarvo/ennen(dm ³ /s)	Poikkeama suunnitteluarvosta (%)
1.tulo, käytävä	+282	+320	14
2.poisto, käytävä	- 270	- 257	-5
3.poisto, käytävä	-164	-140	-15
4.tulo, käytävä	+302	+284	-6
5.poisto, käytävä	- 302	-274	-9
6.poisto, käytävä	- 164	-145	-12

Puhdistustyön jälkeen suoritettiin uusintamittaukset. Uusintamittaustyössä noudatettiin samoja ohjeita ja järjestystä kuin ennen puhdistustyötä.

Taulukko 12. Ilmavirtaustulokset puhdistustyön jälkeen.

Mittapisteet. sijainti	Suunniteluarvo (dm³/s)	Mitattuarvo jälkeen (dm³/s)	Poikkeama suunnitteluarvosta (%)
1.tulo, käytävä	+282	+331	+17
2.poisto, käytävä	- 270	-270	0
3.poisto, käytävä	-164	-157	-4
4.tulo, käytävä	+302	+310	+3
5.poisto, käytävä	- 302	-290	-4
6.poisto, käytävä	- 164	-174	+6

Tuloilman yhteenlaskettu kokonaisilmamääräksi mittapisteistä 1 ja 4 saatiin ennen puhdistusta 604 dm³/s. Puhdistuksen jälkeen mitattiin 641(dm³/s), joten kasvua ilmamäärissä oli **37,5 (dm³/s) noin 6 %** tuloilmapuolella.

Poistoilman yhteenlasketuksi kokonaisilmavirraksi mittapisteistä 2, 3 ,5 ja 6 saatiin ennen puhdistusta 816(dm³/s). Puhdistuksen jälkeen arvoksi mitattiin 892 (dm³/s). Kasvua ennen puhdistusta mitattuun ilmavirtaan oli 76(dm³/s) eli **noin 8 %**.

7 Tulosten tarkastelu

7.1 VISUAALINEN TARKASTUS

Kenttätutkimuskohteessa ennen puhdistustyötä tehdyn visuaalisen arvioinnin perusteella keskimääräinen kertymä pisteissä oli 1,3, g/m² ja BM-Dustedetorilla mitattu pölyprosentti oli 26 %. Puhdistuksen jälkeen suoritettua visuaalisen arvioinnin tulokseksi saatiin 0,5 g/m² ja pölyisyydeksi 7 %. Visuaalisen arvioinnin perusteella tuloilmakanavien keskimääräisen puhtausluokan pölynkertymä 1,2 g/m² ennen puhdistusta ylitti Sisäilmaluokituksessa 2008 asennetuille P1-järjestelmille asetetun pölykertymän arvo 0,7 g/m², mutta ei vanhoille tuloilmakanaville puhdistustarpeelle annettua arvoa 2,0 g/m². Puhdistuksen jälkeen visuaalisesti arvioitu keskimääräinen pölykertymä oli 0,5 g/m² ja arvon pölyisyys 7 %, joka alittaa asennetuille P1-järjestelmille asetetun 0,7 g/m². Visuaalinen tarkastusohje havaittiin olevan erittäin kätevä apuvälineeksi tarkastettaessa kanavien ja koneiden puhtautta. Lisäksi siivouksen laaduntarkkailuun suunniteltu BM-Dustedetector laite tuki puhtauden arviointia.

Luoma (1999) mittasi kuuden eri toimistorakennuksen kanavien sisäpintojen pölyn määrää ennen puhdistustyötä ja puhdistustyön jälkeen. Rakennuksien keskimääräinen pölykertymä oli ennen puhdistustyön suoritusta 6,5 g/m² ja puhdistuksen jälkeen 2,1 g/m², joka vastaa P2-puhtausluokkaa. Tutkimuksessa Luoma huomioi, että eri kanavien puhdistustekniikoissa oli eroja. Huolellisella puhdistuksella pölykertymät olivat 0,2–0,5 g/m².

Sairaaloiden ja toimistorakennusten ilmanvaihtojärjestelmien kuntoa ja pölykertymiä mitattiin kolmessa sairaalarakennuksessa ja yhdessä toimistorakennuksessa. Tutkimuksessa vertailtiin myös eri pölykertymien mittaamenetelmiä (Asikainen ym. 2010). Tutkimuksessa todettiin, että suodatinkeräysmenetelmällä mitattua puhtausluokan P1 pölykertymän tavoitearvoa 0,7 g/m² vastaa geeliteippimenetelmällä mitattua pölyisyyttä 13 %.

Vastaavasti pölynmääräksi puhdistustyön jälkeen vuonna 1999 tehdyssä Luoman mitauksissa tulokseksi saatiin 2,1 g/m² ja 2010 tehdyssä tutkimuksessa keskiarvo oli 0,3 g / m², jolla päästiin luovutusvalmiiden ilmanvaihto järjestelmien puhtausluokkaan P1 arvon alle.

Verrattaessa Luoman tehtyjä tuloksia puhdistuksen jälkeen 2,1g / m² toimistorakennuksessa 0,3 g/m² voidaan todeta, että kenttätutkimuskohteen ilmanvaihtokanavat olivat jo ennen puhdistustyötä melko puhtaat, mutta puhdistuksella pystyttiin vähentämään pölykertymää. Vuonna 2010 tehdyssä sairaalakiinteistöjen tutkimuksessa (Asikainen ym. 2010) puhdistuksella saavutettiin samankaltaisia tuloksia.

Kolari(2003) totesi tutkimuksissaan, että pölykertymät vähenivät merkittävästi ja säätötyö lisäsi ilmanvaihtuvuutta. Kenttätutkimuskohteen tarkasteluvertailun vaikuttaa käytetyt mittausmenetelmät Luoman käyttämä menetelmä perustui suodatinmenetelmään ja vastaavasti kenttätutkimuksessa (Asikainen ym. 2010) käytettiin visuaalista ja BM- Dustedector menetelmää.

Tässä tutkimuskohteessa 2010 suoritettujen ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus oli ennen puhdistusta melko puhtaat, joka vaikuttaa mittaustulosten vertailuun.

7.2 MIKROBIMITTAUKSET

Ilmanvaihtojärjestelmissä pinnoille ja tuloilmalle mikrobipitoisuuksille ei ole annettu tavoitetaso arvoja tai viitearvoja. Terveysperusteisia raja-arvoja sisäilman mikrobipitoisuuksille ei yleensä ole olemassa. Uusin vaurioitumattomille toimistorakennuksille annettu viitearvo sieni-itiöiden osalta on 50 cfu/m³ ja bakteerien osalta 600 cfu/m³ (Salonen 2010).

tutkimuksessa mikrobinäytteitä otettiin tulo- ja poistoilmakanavien sisäpinnoilta ennen ilmanvaihtokanavien puhdistusta – ja pinnoitustyötä sekä tehtyjen toimenpiteiden jälkeen. Mikrobinäytteet kerättiin ja analysoitiin soveltaen Asumisterveysohjeen (2003) näytteenkeräystä ja analysointiohjeita.

Tuloilmakanavista pintasivelymenetelmällä otetuista mittauspisteissä homesienipitoisuuksien esiintyvyydet olivat kohtalaiset ennen puhdistusta. Samoista kohdista jälkeen otettujen näytteiden bakteerien esiintyvyydet olivat niukat eikä näytteissä esiintynyt epätavanomaisia mikrobeja. Poistoilmakanavan näytteissä esiintyi niukasti sieni-itiöitä ja niukasti bakteereita. Lajisto oli tavanomainen, mutta yksi mahdollisesti kosteusvauroon viittaava mikrobi (Eurotium) joka mahdollisesti indikoi kosteusvaurioita (Putus 2010).

Lisäksi tehtiin MycoMeter -testi, jolla voidaan todeta elävien ja myös kuolleiden mikrobien biomassa. Mittauspisteiden MV- arvot olivat kaikki <10 ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen tavanomaista tasoa. MycoMeter- testi korreloi pintasively näytteenottotuloksia, jotka olivat myös vähäiset.

Mikrobien kulkeutumista ilmanvaihtokanavissa on tutkittu (Halonen ym. 1999). Työssä määritettiin eri mikrobilajien kulkeutumista tuloilmakoneelta. Tutkimuksen kohteena olivat kaksi toimisto - ja laboratoriorakennusta. Kohteista otettiin ilma- ja pintanäytteitä kanavapinnoilta. Tulokset osoittivat, että ilmanvaihto voi siirtää mikrobeja tuloilmakoneelta huoneiden tuloilmakanavan pääte-elimille asti. Yhtenä kulkeutumisen syynä todettiin tuloilmasuodattimien reunavuodot (ohivuodot) sekä lumen aiheuttamat kosteuskuormat tuloilmakammiossa.

7.3 KUITUMITTAUKSET

Ennen puhdistusta - ja pinnoitusta tehdyissä mittauksissa kuitujen määrä oli >100 kpl/cm², joka saattaa aiheuttaa ongelmia sisäilmaan levitessään. Puhdistuksen ja äänenvaimentimien kapseloinnin jälkeen kuitujen määrä aleni arvoon 0,3 kpl/cm². Mittauspisteiden MP.1 ja 2 mittaustulos ennen puhdistusta alittavat harvoin siivottavien pintojen arvon yli 3 kpl/cm² ei välttämättä aiheuta ongelmia. Puhdistuksen jälkeen kuitupitoisuus aleni mittauspisteissä. MP.3 poistoilmanarvo 5,1kpl/cm² ylitti arvon 3 kpl/cm², joka viittaa siihen, että huoneen poistoilmassa on jokin muu kuitulähde kuin

tuloilmakanavien sisäpinnoilta kulkeutuva. Puhdistuksen jälkeen pitoisuus oli pienempi (2,9 kpl/cm²).

Puhdistuksen – ja pinnoituksen jälkeen tehdyt näytteenotot samoista mittauspisteistä tuloilmakanavien alittivat harvoin siivottavien pintojen määräysrajan yli 3 kpl/cm² ja osoittavat sen että pitoisuudet laskivat puhdistuksen ja kapseloinnin jälkeen, mutta ei kokonaan. Jäävät kuitupitoisuudet eivät aiheuta todennäköisesti oireilua.

7.4 ILMAVIRTOJEN MITTAUS

Ilmavirtamittausten perusteella puhdistuksella oli ilmavirtoja kasvattava vaikutus tuloilmavirtoihin 6 % ja 8 % poistoilmavirtoihin. Ilmavirtojen kasvuun vaikuttivat epäpuhtauksien poistaminen järjestelmästä. Järjestelmäkohtaiset poikkeamat saavat SFS 5512:n mukaan olla ± 10 %, joten ilmavirtojen poikkeamat verrattuina suunnittelu-arvoihin ennen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen täyttivät annetut suunnittelu-arvot.

8 Yhteenveto

Kenttätutkimus kohteessa osoitti tuloilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen vaikuttavan kokonaisilmäärien kasvuun 6-8 % sekä pölyn keskimääräisen määrän pienene-miseen 1,2 g/m²sta arvoon 0,3g/m² eli noin 75 %. Tutkimuksessa käytetty visuaalinen pölynmääritysmenetelmä havaittiin erittäin käteväksi apuvälineeksi kanavien ja sen osien puhtauden määrittämisessä, mutta arvioinnissa tarvitaan kokemusta puhtauden arvioinnista. Siivoustason mittauksiin suunniteltu BM-Dustdetektor laite tukee visuaalista arviointia sekä antaa tuloksen heti kentällä. Pölykertymät sekä mikrobi - ja kuitupitoisuudet tuloilmakanavissa olivat ennen puhdistusta suuremmat kuin puhdis-tuksen jälkeen.

Kuitupitoisuudet ennen puhdistusta olivat verrattain pienet lukuun ottamatta kone-huoneessa sijaitsevaa äänenvaimennuksen jälkeistä mittauspistettä. Puhdistuksen ja kapseloinnin jälkeen mittauspisteiden kuitupitoisuudet laskivat, mutta eivät koko-naan. Huomiomme kiinnittyi puhdistustyön ohessa huomattuihin puutteisiin tuloil-makanavien lämmöneristeissä. Eristeiden saumat olivat huonosti teipattu ja väärän-laisella teipillä (kuva 16), jotka osaltaan saattavat siirtää mahdollisesti kuituja sisäil-maan puhdistustyön aikana tai välikaton yläpuolelle muutoin tehtävien töiden vaiku-tuksesta.

Lisäksämme huomio kiinnittyi äänenvaimentimien kapselointiin ja sen mukanaan tuomaan mahdolliseen ongelmaan, joka saattaa olla alusmateriaalin joustavuus, mikä saattaa vaikuttaa sen sitomiskyvyn keston. Lisäksi pinnoituksen ja kapseloinnin on-gelman on se, että se heikentää äänenvaimentimien vaimennusta. Tämän vuoksi on vaarana, että äänenvaimentimesta tulee osa kanavaa.

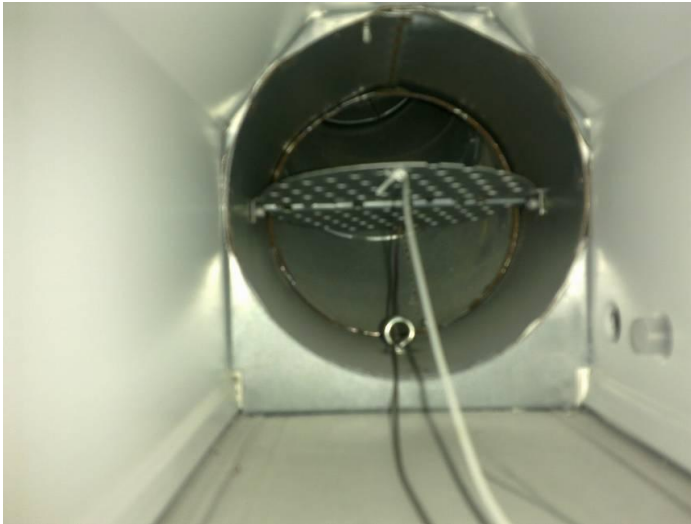


Kuva 16. Tuloilmakanavasta irtoavat eristeet.

Tilaajan kanssa yhteisesti todettiin, että kiinteistön huolto organisaation keskeisimmät kehitystarpeet ovat systemaattinen huolto-ohjelma sekä silmämääräisten tarkastusten lisääminen ja aistinvaraisten käyntien suoritus.

Työn suoritus itse kohteessa sujui muutoin suuremmista ongelmista. Pieniä ongelmia aiheuttivat jäädytyspalkkien säätöpeltien puhdistus kuva 17, joka jouduttiin tekemään osittain paineilmalla, jotta säätöpeltissä olevat säätönarut eivät irtoaisi harjauksen yhteydessä. Laitteiden ja kanavaosien valmistuksessa tulisikin kiinnittää entistä enemmän huomiota puhdistusluukkujen sijoitukseen jäähdytyspalkeissa sekä puhdistusluukkujen materiaaliin, jotta ne olisivat tiiviitä ja kestäisivät käyttöä. Myös jäähdytys palkin aluslevyn kiinnityksessä olisi hyvä olla varmistus mahdollisen irtoamisen vuoksi. Jäähdytyspalkin puhdistustyössä tulisi käyttää aina tehokasta ja hyvin suodatettavaa pölyimuria, joka on varustettu erilaisilla suulakkeilla, jotta myös jäädytyspattereiden lamellit saadaan imuroitua huolella. Paineilmapuhdistusta lamelleiden välien puhdistukseen ei voida käyttää tiloissa, joissa on henkilökunta paikalla (pölyn leviämisen vuoksi).

Pintojen suojaamiseen, jouduttiin kiinnittämään erityistä huomiota, toimistohuoneissa ja siihen kului työaika enemmän kuin tavallisen ilmanvaihtojärjestelmän puhdistukseen. Myös osittain rikkoutuneet palopellit ja puuttuvat puhdistusluukut aiheuttivat pientä työajan menetystä.



Kuva 17. Jäähdytyspalkin ilmavirran säätöpelti.

Erytistä huomiota kiinnitettiin työn järjestelyyn. Lisäksi riittävä informointi tilaajalle todettiin arvokkaaksi työtä edistäväksi tekijäksi. Puhdistuksen vaikutusta sisäilmanlaatuun oli tutkimuksessa tarkoitus mitata, mutta ajan vähyden ja rakennuksen työn luonteen vuoksi siihen ei ollut mahdollisuutta.

Kiinteistön ylläpito vaatii kiinteistöjen keskeisiltä edustajilta ja työn suorittajilta tietoa ja taitoa ilmanvaihtojärjestelmistä ja muista sisäilmanlaatuun vaikuttavista tekijöistä. Ilmanvaihtojärjestelmien ylläpidon tärkeyttä terveyden ja viihtyvyyden edistäjänä on nykyisin korostettu kiitettävästi, mutta valistustyötä ja tietoa on jaettava ja päivitettävä jatkuvasti. Yleisesti huomio kiinnittyi myös työn tilaukseen ja siihen mitä sisältyy tilaajan ja työnsuorittajan välillä. Viranomaismääräykset sekä hygieeniset suositukset todettiin olevan vielä käyttäjien keskuudessa osalle tuntemattomia asioita ja niiden runsaus aiheuttaa sekaannusta. Se, että puhutaan P1:n ja P2:n puhtaustasoista, ei ker-

ro osalle työn tilaajista vielä mitään. Monelle on myös epäselvää se, että päästäkseen ja pysyäkseen puhtaustasoissa P1 tai P2 kanavilta ja niiden osilta ja myös materiaaleilta edellytetään M1:n ja M2:n luokan puhtaustasoa, jos pyrkimyksenä on saavuttaa S1- tai S2 -luokan tasoinen sisäilmanlaatu.

Näkemykseni puhdistustyöstä ja puhdistustyöhön liittyvistä säädöksistä sekä jo vanhentuneesta Sisäasiainministeriön asetus 802/2001 on, että puhdistustyön määrävälein tehtyä velvoitetta puhdistuksesta ei olisi pitänyt poistaa. Vaikka Pelastuslaki (13.6.2003/468) määrää kiinteistön omistajan ja haltian huolehtimaan laitteiden puhtaudesta herää kysymys huolehditaanko siitä. Ilmanvaihdon puhdistuksesta syntyy myös kustannuksia, josta voi seurauksena olla ilmanvaihdon ylläpidolliset laiminlyönnit turvallisen, terveellisen ja riittävän sisäilman kustannuksella. Sisäilmaluokituksessa yhdessä muiden puhdistusta tukevien ohjeiden ja asetusten kanssa luo hyvän pohjan yhteiselle asialle.

9 Johtopäätökset

Tulokset osoittivat, että ilmanvaihtokanavissa esiintyi pölyä, mikrobeja ja kuitulähteitä. Huolellisella ilmanvaihdon puhdistuksella ja oikeilla työvälineillä tehdyillä toimenpiteillä, pystyt vähentämään kanavien pinnoille kertyneen pölyn, kuitujen ja mikrobin määrää, mutta kokonaan niitä on vaikea saada pois. Kokonaisvirrat tutkimuskohteessa olivat hieman suuremmat puhdistuksen jälkeen. Puhdistuksen yhteydessä tiedottaminen, suojaaminen ja työn oikea etenemisjärjestys sekä suunnitelmien noudattaminen todettiin puhdistustyötä helpottavaksi tekijäksi. Tuloilmanjäähdytyspakkien puhdistus on aikaa vievää ja siinä on monta työvaihetta, joka vie enemmän aikaa kuin normaali tuloilmajärjestelmä. Jäähdytyspakkien puhdistus tulisi suorittaa noin 2-3 vuoden väliajoin. Kuitulähteet ja niiden esiintyminen eivät aina ole johtuvia kanavissa olevista äänenvaimentimista tai rikkoontuneista konekammion materiaaleista. Kuitulähteitä on myös alakatoissa, ilmanvaihtokanavien lämmöneristyksissä, jotka saattavat kulkeutua ilmanvaihdonpuhdistusta tehdessä alakattojen avaamisen aikana. Määräykset ja ohjeistukset puhdistustyöhön ovat tärkeitä ja niiden tunteminen työn tilaajana sekä kenttätöitä tekeville olisi tärkeää päivittää. Lisäksi kanavaosien tuotekehittelyssä on parannettavaa puhdistuksen kannalta, jotta kanavat ja laitteet olisivat helpommin puhdistettavissa.

Lähdeluettelo

Asikainen Vesa, Holopainen Rauno ja Pasanen Pertti: Ilmanvaihtojärjestelmien kunto ja likakertymät neljässä kiinteistössä. Sisäilmastoseminaari 2010. SIY Raportti 28: 251-256) 2010, Sisäilmayhdistys ry.

Halonen Raimo, Reiman Marjut, Seuri Markku, Lehtinen Lauri, Kesikuru Timo ja Kokotti Helmi: Mikrobin kulkeutuminen ilmanvaihtokanavissa 1999. SIY Raportti 13: 237- 242) 1999, Sisäilmayhdistys ry.

Kolari, Sirpa: Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen vaikutus toimistorakennusten sisäilmanlaatuun ja työoloihin, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, 2003.

Käytännön mittaustekniikkaa. Pietikko Oy 2006.

Luoma, Marianne: Sisäilmautiset, 1999.

LVI 39 -10409. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudentarkastus. Ilmanvaihdon parannus - ja korjausratkaisut. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI Keskusliitto 2007.

MycoMeter –testi, ISS-Proco 2010.

Pasanen, Pertti. Kalliokoski, Pentti: Ilmastointilaitteiden puhtaus ja puhdistaminen. Kuopion yliopisto. ympäristötieteiden laitos 1992.

Puhakka Eija, Kärkkäinen Jukka., Rakentamisen tavoitteena puhdas sisäilma 1994.

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

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet D2. Ympäristöministeriö, 2003.

Ripatti Harri, Pentikäinen Juha, Saaristo Pekka, Vasara Jukka ja Liljeström Kimmo. Sisäilmayhdistys julkaisu 16, 3 korjattu painos, elokuu 2002. (<http://hvac.tkk/pti>, 8.10.2010)

Ruokojoki J. 2006Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntienrakennuksissa2005.Kuntaliitto.
(<http://hosted.kuntaliitto.fi/intra/julkaisut/pdf/p060608140541D.pdf>, 6.7.2010)

Salonen Heidi, Lappalainen Sanna, Lindroos O et al.: Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. Atmospheric Environment 41 (2007), 6797-6807

Schneider T, Synthetic vitreous Fibres. Teoksessa: Indoor air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York 2000, chapter 39

Seppänen, Olli. Seppänen, Matti: Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka, Sisäilmayhdistys ry., Helsinki, 1996.

Seppänen, Olli: Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto, LVI-kustannus, 1988.

Seppänen, Olli: Sisäilmautiset, 3.5.2005, s. 6.

SFS 5512: Ilmastointi. Ilmavirtojen- ja painesuhteiden mittaussisäilmastointilaitoksessa. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1992.

Sisäasiainministeriön asetus. ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistamisesta. 802/2001 Helsinki 2001. Sisäasiainministeriö. Pelastustoimen julkaisuja.

Sisäilmaluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS 2008. Julkaistu myös LVI 05-10440, RT 07-10946, KH 27-00422 ja Ratu 437-T kortteina.

Sisäilmaluokitus, 2000. Sisäilmayhdistys julkaisu 5, LVI 05 – 10318.

Sisäilmayhdistys, julkaisu 18, ilmanvaihtolaitteiden puhtauden tarkastusohje, 2002.

Terveentalon toteutuksen kriteerit, LVI 05 – 10363. 2003.

MARKO ANGELVUO
*Ilmanvaihtojärjestelmien
puhtaus ja puhdistus
toimistorakennuksessa*

Työssä tutkittiin yhden toimistorakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta ja puhdistusta. Lisäksi työssä tutkittiin mineraalikuitujen ja mikrobien esiintyvyyttä sekä puhdistuksen vaikutusta poisto- ja tuloilmavirtoihin ennen puhdistusta ja sen jälkeen. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus vähensi pintojen pölykertymää sekä mikrobi- ja kuitupitoisuutta. Ilmavirrat olivat suuremmat kuin ennen puhdistusta.



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND
*Aducate – Centre for Training
and Development*

ADUCATE REPORTS AND BOOKS

ISBN 978-952-61-0321-1