



Hannu Myllylä

SISÄILMANPUHDISTIMEN TOIMINNAN TESTAUS

SISÄILMANPUHDISTIMEN TOIMINNAN TESTAUS

Hannu Myllylä
Opinnäytetyö
Lukukausi Kevät 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, rakennesuunnittelu

Tekijä: Hannu Myllylä
Opinnäytetyön nimi: Sisäilmanpuhdistimen toiminnan testaus
Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014
Sivumäärä: 33 + 1 liite

Tässä työssä selvitettiin Air Flair 103 -sisäilmanpuhdistimen toimintaa ja sille mahdollisia käyttökohteita. Mikrobin tuhoutumisesta pyykinpesukoneessa kerättiin taustatietoa, ja saatua tietoa hyödynnetään laitteen suodattimen puhdistuksessa. Työn teoriapohjaa laajennettiin sisäilman muiden epäpuhtauksien käsittelyllä. Tavoitteena oli saada tulos ja analyysi laitteen toiminnasta.

Sisäilmanäytteet kerättiin Andersen-keräimellä asumisterveysohjeen mukaisesti. Tutkimuksessa otettiin sisäilmasta kolme mikrobinäytettä. Ensimmäinen näyte oli lähtötilanteesta, toinen näyte päivän ja kolmas viikon jälkeen puhdistuksen aloittamisesta.

Saavutetut tulokset tarjosivat yllätyksen. Laitteen vaikutus oli sieni-itiöiden osalta odotettu, sillä pitoisuudet lähtivät pienenevänsä. Bakteeripitoisuuksien nousu oli asia, joka ehdottomasti vaatii lisää tutkimuksia. Esisuodattimen pesua pyykikoneessa ei voi suositella varauksettomasti mikrobin hankalan tuhoutumisen vuoksi.

Analyysin tuloksia voidaan pitää luotettavina. Mutta vain yhden testin perusteella on mahdotonta sanoa, toimiiko laite käytännössä. Tutkimusmenetelmänä mikrobin mittaaminen ilmasta on altis virhetekijöille. Testin tuloksiin vaikuttavat lukuiset eri seikat, ja niiden todentaminen on usein mahdotonta. Tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että tulevaisuudessa pitää tehdä paljon lisätutkimuksia riittävän tilastollisen merkittävyyden saavuttamiseksi.

Asiasanat: sisäilma, sisäilman epäpuhtaudet, ilmanpuhdistin, mikrobi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural Design

Author: Hannu Myllylä

Title of thesis: Testing of the operation of the indoor air purifier

Supervisor: Kimmo Illikainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014

Pages: 33 + 1 appendice

In this work it was clarified how Air Flair 103 indoor air purifier works and to its possible applications. In the destroying of microbes in the washing machine background information was collected, at the same time as theory information was gathered.

Indoor air analysis was collected by Andersen collector, according to asumisterveysohje. In the thesis three microbe samples were taken from the indoor air. The first sample was from the start situation, second sample one day and third a week after the beginning of the cleaning.

The achieved results offered the surprise. The effect of the device was as expected for mushroom germs, the contents became smaller. The rise of bacterium contents was a matter which absolutely requires more studies. The wash of the pre-filter cannot be recommended without questioning, because destroying of microbes is so difficult.

The results of the analysis can be considered reliable. But only on the basis of one test but only it is impossible to say if the device works in practice. In the future many further examinations must be conducted that results are significant.

Keywords: air inside, pollutants of air inside, air purifier, microbe

ALKULAUSE

Haluan kiittää ISS Prokon Oulun toimipisteen henkilökuntaa myönteisestä suhtautumisesta opintojani kohtaan. He lähtivät avoimin mielin kehittämään opin-
näytetyötä. Olen saanut heiltä paljon tukea ja asiantuntevaa opastusta tässä
monivivahteisessa projektissa. Olen saanut nähdä ja kokea paljon asioita, joista
on varmasti apua tulevaisuudessa.

Oulussa 21.4.2014 Hannu Myllylä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
MERKKIEN SELITYKSET TAI SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET	10
2.1 Mikrobit	10
2.1.1 Lajikkeistot	10
2.1.2 Mikrobien aiheuttamat haitat	11
2.1.3 Näytteenotto sisäilmasta	12
2.1.4 Mikrobien tuhoaminen	14
2.2 Muut epäpuhtaudet	15
2.2.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	15
2.2.2 Aldehydit	16
2.2.3 Ammoniakki	16
2.2.4 Tupakansavu	17
2.2.5 Hiilidioksidi ja hiilimonoksidi	17
2.2.6 Huonepöly ja kuidut	18
3 ILMANPUHDISTIN	20
4 ILMANPUHDISTIMEN TESTAUS	23
4.1 Kohteen kuvaus	23
4.2 Työn suunnittelu	23
4.3 Työn suorittaminen	24
5 TULOKSET	26
5.1 Analyysi	26
5.1.1 Tulokset	26
5.1.2 Ohjearovot	27
5.2 Virhetekijät ja analyysin luotettavuus	28

5.3 Laitteen mahdollisuudet	28
5.3.1 Laitteen toiminta	28
5.3.2 Laitteen mahdolliset sovellutukset	29
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32
Liite 1 Ilmanäytteiden tulokset	

MERKKIEN SELITYKSET TAI SANASTO

Epäpuhtaudella tarkoitetaan ainesosaa, joka heikentää varsinaisen aineen puhtautta.

Esisuodatin on ilmanpuhdistimen imupuolelta ensimmäinen suodatin, joka poistaa isoimmat epäpuhtaudet.

Impaktori on hiukkaskeräin, jolla ilmavirtauksien avulla kerätään kiinteät hiukkaset keräysalustaan.

PMY tarkoittaa pesäkkeen muodostavaa yksikköä, ilmanäytteen keräysmaljalla oleva pesäkkeen muodostava mikrobi.

Terveyshaitta on tekijä tai olosuhde, josta aiheutuu sairautta tai sairauden oireita. Terveyshaittana pidetään myös altistumista sellaiselle tekijälle, josta todennäköisesti aiheutuu terveyshaittaa.

1 JOHDANTO

Tyrnäväläisen Northern Nature Energyn pyynnöstä opinnäytetyössä selvitetään heidän Air Flair 103 -ilmanpuhdistinlaitteen toimintaa. Tavoitteena on saada tulos laitteen toiminnasta. Käytännön työn osuudessa keskitytään tutkimaan laitteen kykyä poistaa mikrobiepäpuhtauksia sisäilmasta. Laitteelle mietitään erilaisia käyttösovellutuksia, sekä tutkimuksen tuloksista riippuen arvioidaan, toimiiko laite todellisuudessa. Lisäksi työssä haetaan tietoa, voidaanko laitteen esisuodattimesta tuhota mikrobit pyykinpesukoneessa.

Teoriaosiossa kerätään tietoa rakennusten sisäilmassa olevista tavallisimmista epäpuhtauksista. Epäpuhtauksista kerrotaan perustietoja, esimerkiksi mitä ne ovat ja mistä tulevat, terveyshaittoja sekä tutkimusmenetelmä. Epäpuhtauksien kohdalla painotus on mikrobiepäpuhtauksissa käytännön työn painotuksen perusteella.

Työn asiantuntijaosuuden tarjoaa ISS Proko Oy. Prokon toimesta saadaan käyttöön tutkimuslaitteisto ja mittauksen käytännön työt. Sisäilmanäytteet analysoidaan ISS Prokon laboratoriossa.

2 SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET

2.1 Mikrobit

Mikrobit ovat home- ja hiivasieniä sekä bakteereita. Ne kuuluvat ihmisen elinympäristöön, ja kaikki mikrobit eivät aiheuta terveyshaittaa. Mikrobit muodostavat mikrobikasvustoja. Rakennuksessa kasvustoja voi tavata kaikkialta, pinnoilta ja niiden alta sekä rakenteista. Ne aiheuttavat materiaaleille värimuu- toksia, ja kasvusto voi olla muun muassa rihmainen, pölymäinen tai pistemäi- nen. Kasvusto ei yleensä pääse kovan ja tiheän pinnan sisään vaan kasvaa pinnalla. (1, s. 145. 146.)

Mikrobien kasvun perusedellytykset ovat riittävä kosteus, ravinteet ja sopiva lämpötila. Lämpöolosuhteet rakennuksissa ovat otolliset mikrobikasvustolle. Ne kasvavat noin 5-40 °C:een lämpötilassa, ja suotuisinta kasvu on 20. 30 °C:ssa. Ravinteeksi riittää esimerkiksi pinnoilla oleva pöly. Varsinkin monet sienet ja bakteerit ovat hyvin vaatimattomia ravinteiden suhteen. Kosteuden vaihtelu on suurinta, ja sen hallitseminen auttaa ehkäisemään mikrobien kasvua parhaiten. Joidenkin lajikkeiden kasvu alkaa rakenteen tasapainokosteuden ollessa 65 % ja viimeistään 80 %:ssa. (1, s. 146.)

2.1.1 Lajikkeistot

Eri homesienisukuja on runsaasti, ja luonnossa yleisimmin esiintyvät lajit ovat Cladosporium, Penicillium, Aspergillus, Fusarium, Phoma ja Stachybotrys. Jo- kaisella sienisuvulla on omat alalajinsa, esimerkiksi Aspergillus versicolor. Yh- dellä suvulla voi olla monta sataa sienilajia. Rakennuksesta löytyvien lajien pe- rusteella voidaan päätellä, missä kasvustoa on ja mitä oireita se aiheuttaa. Tau- lukossa 1 esitetään yleisiä mikrobeja ja niin sanottuja kosteusvaurioindikaattori- lajeja. Homesienet tuottavat terveydelle haitallisia homesieni-itiöitä, myrkyllisiä yhdisteitä (toksiineja) sekä aineenvaihduntatuotteita. Tyypillistä näille on ho- memainen haju. Homeiden tuottamat haihtuvat yhdisteet tunnistaa epämiellyt- tävästä maamaisesta hajusta. (3, s. 75. 76.)

TAULUKKO 1. Ulko- ja sisäilmassa tyypillisesti esiintyviä sienisukuja ja ryhmiä sekä kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä (1, s. 172)

Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä	Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä	Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä	
Cladosporium	Penicillium	Acremonium	Geomyces
basidiomykeetit	Aspergillus	Aspergillus fumigatus	Paecilomyces
Penicillium	Cladosporium	A.ochareus	Phialophora
Aspergillus	hiivat	A. penicillioides	Phoma
Alternaria		A.restrictus	Scopulariopsis
hiivat		A. sydowii	Sporobolomyces
steriilit		A. terreus	Stachybotrys
		A. versicolor	Sädesienet
		Chaetomium	Trichoderma
		Eurotium	Tritirachium
		Exophiala	Ulocladium
		Fusarium	Wallermya
		Oidiodendron	

Hiivasienet ovat homesieniä yksinkertaisempia, ja niiden pitoisuudet sisäilmassa ovat myös pienempiä. Ne lisääntyvät yleensä kuroutumalla. Hiivat eivät kasva yhtä helposti näkyviksi kasvustoiksi kuin homeet. Yleinen ja helposti havaittava hiivasuku on Rhodotorula. Sitä tapaa yleisesti kylpyhuoneiden pinnoilla punaisena kasvustona. (3, s. 76.)

Bakteerit ovat todella yksinkertaisia ja pieniä mikrobeja. Niiden lisääntyminen tapahtuu kahtia jakautumalla. Sisäilman bakteerilähteitä on todella paljon, esimerkiksi ihmisen iholta ja hengitysteistä tulee bakteereita. Sädesienet luetaan ominaisuuksiensa vuoksi bakteereihin, sillä ne ovat yksi ryhmä, joka aiheuttaa sisäilmaongelmia. Sädesientä on maassa, vedessä ja ilmassa. Ympäristön merkitys sisäilman sädesienipitoisuuksille on huomattava; maaseudulla on enempi sädesientä kuin kaupunkiympäristössä. Tyypillisiä sädesienisukuja ovat Streptomyces ja Actinomyces. (3, s. 77. 81.)

2.1.2 Mikrobien aiheuttamat haitat

Yksi mikrobien aiheuttama haitta on terveyshaitat. Yksinkertaistettuna terveyshaitta tarkoittaa, että ihminen on altistunut mikrobeista peräisin oleville soluille

tai aineenvaihduntatuotteille. Altistuminen tapahtuu asumalla kyseessä olevassa rakennuksessa tai muun oleskelun kautta. Terveyshaitan oireita ovat erilaiset allergiset oireet, joille on tyypillistä silmien punoitus ja vetistäminen sekä ihon- ja hengitysteiden ärsytys, kuten yskä ja kuumeilu. Oireilu vähenee tai jopa loppuu, jos altistumista ei tapahdu. Pitkäaikaisesta altistumisesta voi kehittyä pitkäaikaisia sairauksia, esimerkiksi astma, ja lisäksi lyhyemmät sairastelut yleistyvät. (2, s75-76.)

Toksiinit ovat myrkyllisiä aineita, joita syntyy mikrobien aineenvaihdunnasta. Erilaisia toksiineja tunnetaan tuhansittain, ja erityyppiset mikrobit tuottavat tietynlaisia toksiineja. Toksiinin tuoton määrä riippuu keskeisesti kosteudesta, mutta myös muilla elinolosuhdetekijöillä on vaikutusta. Toksiineista on vähän tutkittua tietoa, ja niiden vaikutuksia ei tunneta tarkasti. (1, s. 151. 152.)

2.1.3 Näytteenotto sisäilmasta

Sisäilmasta otettava mikrobinäyte on hyvä väline, jos rakenteesta otettavalla näytteellä ei löydetä vauriokohtaa tai tuloksen saaminen on muuten hankalaa. Sillä voidaan selvittää suuntaa-antavasti, onko sisäilman mikrobipitoisuudet normaalit rakennuksen ikään, sijaintiin ja vuodenaikaan nähden. Tilaksi valitaan sellainen huone, jossa epäillään olevan mikrobihaitta. Näytteitä tulisi ottaa ainakin kahdesta huoneesta, koska sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti, ja tämän vuoksi yksi näyte ei anna koko kuvaa tilanteesta. Paras aika näytteiden otolle on talvi, jolloin maa on jäässä ja ulkoilman mikrobipitoisuus on pienimmillään. Muuten ajan tulisi vastata rakennuksen normaalia käyttötilannetta. Seuraavat toimenpiteet tulee huomioida tai välttää 1-2 tuntia ennen näytteen ottoa: ikkunat ja ovet suljetaan, siivous, lemmikit, elintarvikkeet, tekstiilien ja polttopuiden käsittelyä. (1, s. 157. 158.)

Ilman mikrobinäytteenottoon suositeltava keräin on 6- tai 2-vaiheinen impaktori. Muitakin menetelmiä on, mutta tässä työssä keskitytään Andersen 6 . vaiheimpaktoriin (kuva 1). Ennen näytteenottoa keräimen osat puhdistetaan 70 prosenttisella etanolilla ja kuivataan. Impaktorin tilavuusvirta säädetään 28,3 l/min, kun käytetään 9 cm:n ja 25 ml:n agarmaljoja. Näyte otetaan huoneen keskeltä 1-1,5 m:n korkeudelta, ja laitteen toimiessa vältetään oleskelua sen

välittömässä läheisyydessä. Agarmaljoissa on sopiva alusta mikrobin idättämiseen. Maljat asetetaan keräimeen, ja laite käynnistetään noin 10 minuutin ajaksi, jolloin kasvatusalustoille johdetaan ilmaa ja niille kerääntyy ilmasta mikrobia. Sienille ja bakteereille otetaan omat näytteet sopivalle alustalle. Yhdessä alustassa on kuusi maljaa (vaihetta). Lopuksi keräin puretaan, maljat suljetaan ja tehdään tarvittavat merkinnät. Maljoihin merkitään päivämäärä, näytteen tunnus ja numeroidaan impaktorin vaihetta vastaava numero ykkösen ja kuuden väliltä. Näytteenotosta kirjataan erikseen yleistiedot esimerkiksi näytteenottaja, aika, säätila, kuvaus rakennuksesta ja muut tuloksiin vaikuttavat tekijät. (1, s. 157. 159; 3. s. 90.)



KUVA 1. Andersen 6 -vaihekeräin

Valmiit maljasarjat toimitetaan laboratorioon, jossa näytteitä kasvatetaan 25 °C:ssa, tarkkuudella ± 3 °C. Bakteerinäytteitä kasvatetaan 7 vuorokautta. Paitsi aktinomykeettien (sädesienet) aika on 14 vuorokautta ja sieninäytteet kasvavat 7 vuorokautta. Maljoissa kasvaneiden pesäkkeiden määrät lasketaan. Kuusivaihekeräimellä saadut määrät muunnetaan muunnostaulukon mukaan. Tuloksen

yksikkö on pmy/ m³, ja se tarkoittaa, kuinka monta pesäkkeen muodostavaa yksikköä on ilmanäytteen tilavuuskuutiota kohti. (2, s. 83.)

2.1.4 Mikrobien tuhoaminen

Mikrobikasvustojen poistaminen rakennuksesta tarkoittaa yleensä kosteusvaurion korjaamista. Korjaaminen aloitetaan vaurion syyn ja laajuuden selvittämisellä. Kosteuslähteen eliminoiminen on keskeisessä osassa korjaamisen onnistumisessa. Pääsääntöisesti mikrobivaurioituneet rakenteet ja materiaalit poistetaan. Mikäli poistaminen ei ole mahdollista esimerkiksi kantavista rakenteista, voidaan poistaa pelkästään mikrobikasvusto. Kasvuston poistoon sopivia tekniikoita ovat muun muassa höylääminen, hiominen ja harjaaminen. Pintoja on mahdollista myös pestä tai desinfioida. Nämä tekniikat ovat tietyllä tapaa epävarmoja, sillä pintojen epätasaisuudesta ja muista ominaisuuksista johtuen pinnalle jää helposti kasvustoa. Käytettävän veden määrä tulee minimoida ja rakenteet tulee kuivata tehokkaasti. Mikäli kosteutta jää, se tarjoaa oivan alustan uudelle mikrobikasvustolle. Pesu- ja desinfiointiaineen sopivuus sekä korroosion vaikutus tulee varmistaa etukäteen. (1, s. 175. 176.)

Huoneessa oleva irtaimisto tarvitsee myös käsittelyn, ja siinä ohjeena on myös tarpeettomien tavaroiden hävittäminen. Sama koskee myös selvästi homeisia tai sille haisevia tavaroita, esimerkiksi verhot tai pehmustetut tuolit. Kovapintaiset esineet voidaan pyyhkiä ja pestä samaan tapaan kuin aiemmin mainittiin. Arkistoitavia ja muita samantyyppisiä herkkiä materiaaleja ei voi hävittää. Niiden vientiä oleskelutiloihin tulee kuitenkin välttää, ja lisäksi niitä voidaan puhdistaa kevyesti esimerkiksi imuroimalla tai nihkeäpyyhinnällä. Hajunpoistoa voi tehdä helpoiten tuulettamalla, ja sen tehoa voidaan lisätä ilmanpuhdistimilla ja puhaltimilla. Lisäksi on olemassa tehokkaampia erikoistekniikoita, joista yksi on otsonointi. Suuret otsonipitoisuudet voivat olla terveydelle haitallisia. Lisäksi se vaikuttaa materiaaleihin ja voi käynnistää uusia haitallisia reaktioita. Näin ollen otsonointi tulee ehdottomasti tehdä ammattilaisen valvonnan alaisuudessa. Tekstiilien kevyeen puhdistukseen soveltuu imurointi HEPA-suodattimellisella imurilla. Parhaimman tuloksen saa mahdollisimman kuumalla tai kemiallisella pesulla, lämpötilan tulisi olla 60. 90 °C. Tekstiilien puhtaaksi saaminen on kui-

tenkin todella hankalaa, ja muihinkin pehmeisiin materiaaleihin jää helposti elin-
kykyisiä mikrobeja. (5, s. 7-8.)

2.2 Muut epäpuhtaudet

2.2.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Lyhenne VOC tulee sanoista Volatile Organic Compounds, ja se tarkoittaa haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Yhdisteet jaetaan niiden kiehumispisteen mukaisiin ryhmiin; taulukossa 2 esitetään tämä luokitus. Alhaisemman kiehumispisteen omaavat yhdisteet haihtuvat herkemmin. VOC-yhdisteitä tulee sisäilmaan monesta paikasta. Monet rakennusmateriaalit, esimerkiksi maalit ja lakat, aiheuttavat lyhytkestoisia VOC-päästöjä. Pitkäkestoisempina lähteenä ovat muovimatot, jotka ilmeisesti liian kostean betonin tai tasoitteen kanssa reagoidessaan muodostavat haihtuvia yhdisteitä. Mikrobin aineenvaihdunnasta ja ihmisen toiminnasta, esimerkiksi ruoanlaitoista, syntyy myös VOC-päästöjä. Näin ollen tutkimuksen yhteydessä pitää erottaa, mistä yhdisteet tulevat. (1, s. 136. 138; 3, s. 32.)

TAULUKKO 2. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden luokitus kiehumispisteen perusteella (1, s. 136)

Ryhmä lyhenne	Ryhmä	Kiehumispiste °C
VVOC	erittäin haihtuvat yhdisteet	>0...50. 100
VOC	haihtuvat yhdisteet	50. 100...240-260
SVOC	puolihaihtuvat yhdisteet	240. 260...380-400
POM	hiukkasiin sitoutuneet yhdisteet	>380

VOC:n terveyshaittaa ja yhteyttä haitan aiheuttajaan on monesti hankala arvioida, koska mittauksista huolimatta päästön lähde ja laajuus jäävät useasti tuntemattomaksi. VOC:n haittoja ovat yleisesti ottaen hajut, silmä- ja limakalvo-oireet ja päänsärky. (1, s. 138; 3, s. 33.)

VOC-näytteet voidaan kerätä lyhyt- tai pitkäaikaisella testillä. Lyhytaikaisessa kokeessa Tenax-hartsiputkeen kerätään VOC-yhdisteitä pumpun avulla, jolloin se kestää muutaman tunnin. Ilman keräysnopeus on 40. 200 ml/min, ja näyt-

teen koko 4-15 litraa. Ilmasta putkeen jääneet yhdisteet analysoidaan laboratoriossa. Mittauksen ja laboratorion analyysimenetelmän eroavaisuuksista johtuen eri tahoilla tehdyt mittaukset eivät ole vertailtavissa keskenään. Pitempi keräys kestää muutaman viikon, ja se tehdään passiivikeräimellä. Yleisesti ottaen lyhyt näyte on tarkempi ja luotettavampi. Tenax-putken sijaan näytteen voi ottaa myös aktiivihiihiputkeen. Tämä tekniikka sopii hyvin täydentämään Tenax-menetelmää, ja sitä sovelletaan erityisesti helposti kiehuvien yhdisteiden tutkimiseen. (1, s. 137. 139.)

2.2.2 Aldehydit

Aldehydit ovat orgaanisia yhdisteitä, ja ne sisältävät CHO-aldehydiryhmän. Aldehydeistä formaldehydi on tunnetuin ja tutkituin, ja se aiheuttaa oireita helpommin kuin muut aldehydit. Sisäilmaan formaldehydi joutuu yleensä lastulevyissä käytetystä liimasta, maaleista, pinnoitteista tai vaikka kokolattiamatoista. Se kuuluu erittäin haihtuviin orgaanisiin yhdisteisiin (VOC), ja sille tunnusomaista on värittämyys ja pistävä haju. Lastulevyssä oleva kosteus vapauttaa liima-aineesta formaldehydiä huoneilmaan. Myös kosteuden vaihtelu ja korkea lämpötila edistävät haihtumista. Formaldehydi havaittiin ongelmalliseksi 1980-luvun alussa, ja myöhemmillä ratkaisuilla on saatu vähennettyä sen esiintymistä. Terveydelle haitalliset vaikutukset ilmenevät silmä- ja ylähengitysteiden oireiluna. (1, s. 133; 3, s. 41. 45.)

Formaldehydipitoisuus tulisi määrittää standardin SFS 3862 mukaan. Pitoisuus määritetään passiivikeräimellä, joka on huoneistossa yhden vuorokauden ajan, ja tämän jälkeen se toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. (3, s. 133.)

2.2.3 Ammoniakki

Ammoniakki on tyypeä ja vetyä sisältävä kaasu, joka on huoneenlämmössä väritön. Ammoniakki voi olla peräisin ihmisten tai eläinten eritteistä, kemikaaleista (esimerkiksi pesuaineet tai lakka), rakennusmateriaaleista sekä tupakoinnista. Kosteus voi aiheuttaa proteiinien ja muiden orgaanisten aineiden hajoamista, josta syntyy ammoniakkaa. Tasoitteet ja liimat ovat reaktion mahdollistavia alustoja. (1, s. 47. 48; 3, s. 130. 131.)

Ammoniakin pitoisuutta mitataan kuplittamalla ilmaa laimean rikkihappoliuoksen läpi. Liuosta laitetaan pulloon sopiva määrä suhteessa pullon kokoon, yleensä 10. 50 ml. Ilmaa imetään pullon läpi tyypillisesti 1-5 l/min, ja näytteen koko on 100 litraa ilmaa jokaista liuoksen 10 ml:aa kohti. Näyte toimitetaan suljetussa pullossa laboratorioon analysoitavaksi. (4.)

2.2.4 Tupakansavu

Tupakansavu voi kulkeutua tilaan ulkoa tai muista huoneista. Rakenteen vuodot tai väärin toimiva ilmanvaihto voivat edistää savun kulkeutumista. Tupakansavu sisältää muun muassa hiukkasia, aerosolia ja kaasuja. Siinä on havaittu yli 4000 yhdistettä, joista yli sadalla on ihmiselle haitallisia vaikutuksia ja niistä noin 40 on syöpää aiheuttavia. Savun esiintymistiheys ja voimakkuus ovat keskeisiä tekijöitä terveysriskejä arvioitaessa. (1, s. 141.)

Tupakansavua tutkittaessa voidaan arvioida savun kulkeutumista oletetusta syntypaikasta tutkittavaan tilaan. Keinoina ovat savupatruunan polttaminen tai kaasuanalyysit. Savupatruunaa poltetaan savun oletetussa lähtöpaikassa, ja hajun sekä värin avulla havainnoidaan tutkittavaa tilaa. Kaasuanalyysissa selvitetään myös rakenteiden vuotokohtia. Sopivaa kaasua (esimerkiksi rikkiheksafluoridia) päästetään ilmaan, ja toisessa tilassa mitataan kaasun kulkeutumista kaasuanalyysaattorilla. Tupakan savun pitoisuutta ilmasta mitattaessa pitää mitata nikotiinin pitoisuutta. Nikotiinitestissä ilmaa imetään esimerkiksi Tenax-Ta absorptioputkeen 40. 100 ml/min 100. 600 minuutin ajan, ja näytteen koko on 10. 24 litraa. (1, s. 141.)

2.2.5 Hiilidioksidi ja hiilimonoksidi

Hiilidioksidi (CO₂) rakennuksessa on pääsääntöisesti lähtöisin ihmisen aineenvaihdunnasta. Hiilidioksidin suuri pitoisuus indikoi ihmisperäisistä epäpuhtauksista. Puutteellinen ilmanvaihto ja suuri ihmisjoukko nostavat hiilidioksidipitoisuutta. Suuren pitoisuuden voi aistia ilman tunkkaisuutena, ja sen seurauksena on väsymystä, päänsärkyä ja työtehon heikkenemistä. (1, s. 134; 3, s. 52.)

Hiilimonoksidi eli häkä on peräisin hiiltä sisältävien aineiden epätäydellisestä palamisesta. Tavallisimpia lähteitä ovat uunit, takat ja kaasuliedet, jotka eivät

toimi oikein, sekä pakokaasut ja tupakointi. Hiilimonoksidi sitoutuu veren hemoglobiiniin, jolloin veren kyky kuljettaa happea heikkenee. Lievän häikämyrkytyksen saanut henkilö voi tuntea päänsärkyä, pahoinvointia ja hengenahdistusta. Vakava ja äkillinen häikämyrkytys voi johtaa kuolemaan. (1, s. 134. 135.)

Hiilidioksidin sekä hiilimonoksidin pitoisuutta ja sen vaihtelua huoneilmassa tulisi analysoida jatkuvatoimisilla mittalaitteilla. Tällaisia jatkuvatoimisia tekniikoita ovat muun muassa sähkökemiallinen kenno tai infrapunasäteilyyn perustuva adsorptio. Nämä laitteet on pidettävä kunnossa ja kalibroitava muutaman vuoden välein luotettavan tuloksen saamiseksi. Hetkellinen pitoisuus on mahdollista mitata suoraan osoittavilla ilmaisinputkilla: putket värjäytyvät imettäessä ilmaa niiden läpi. Ilmaisinputken tarkkuus on 25 % suuntaansa. (1, s. 134. 135.)

2.2.6 Huonepöly ja kuidut

Huonepöly jaotellaan kahteen osaan: ilmassa leijuva ja pinnoille laskeutuva pöly. Ilmassa leijuvalla pölyllä tarkoitetaan myös hengitettävää pölyä. Pöly voi olla epäorgaanista ja orgaanista kuitua tai hiukkasia. Huonepöly on useimmiten peräisin ulkoilmasta, ihmisistä, tekstiileistä, mikrobeista sekä rakennusmateriaaleista, kuten mineraalivillasta. (1, s. 139; 3, s. 55.)

Leijuva pöly jaetaan vielä hienopölyyn ja karkeapölyyn. Rajana pidetään yhtä mikrometriä, sillä sitä pienemmät hiukkaset ovat erilaisia palamistuotteita, kuten noki-, öljy- ja raskasmetallihiukkasia. Hienot hiukkaset imeytyvät keuhkoista muualle elimistöön, ja siitä aiheutuvat terveysriskit voivat ilmetä pitkän ajan kuluessa. Esimerkiksi nokihiukkasiin kuuluvat niin sanotut polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) voivat aiheuttaa syöpää. Karkeapöly on taas yhtä mikrometriä suurempia hiukkasia, jotka voivat olla lähtöisin esimerkiksi ihmisistä tai ulkoilmasta. Haitallisia vaikutuksia aiheuttavat esimerkiksi siitepöly, sieni-itiöt, bakteerit tai pölypunkit. (3, s. 55. 57.)

Isoimmat hiukkaset eivät jää leijumaan vaan laskeutuvat pinnoille, ja tämä on niin sanottua pinoille laskeutuvaa pölyä. Pölyn lähde ja siitä aiheutuvat oireet ovat samantyyppisiä kuin muillakin pölyillä. Sen lisäksi pinnoille laskeutunut pöly voi nousta uudelleen ilmaan ja aiheuttaa suoraa ihoärsytystä. (3, s. 57.)

Hiukkasten pitoisuus ilmoitetaan joko lukumääränä tai massana ilmatilavuutta kohti. Leijuvaa pölyä mitataan pumpaamalla ilmaa suodattimen läpi. Suodattimien materiaalit ja ominaisuudet valitaan kerättävän pölyn ja laitteen ominaisuuksien mukaan. Ilmavirtaus on 4-20 l/min ja keräysaika on noin vuorokauden, mutta pölyisissä olosuhteissa lyhyempikin aika riittää. Pölyn määrä saadaan punnitsemalla suodatin ennen ja jälkeen testin. Pinnoille laskeutuvaa pölyä on mahdollista imuroida valmiiksi punnittuun pussiin tai suodattimeen. Imuroinnin jälkeen tehdään uusintapunnitus, ja siitä saadaan tietyn alan pölyn määrä selville. Pinnalle asetetulla levyllä, jossa on vaseliinia, mitataan tietyssä ajassa laskeutuvan pölyn määrää. Pöly analysoidaan optisella vaihesiirtomikroskoopilla ja tulos annetaan yksikkönä pinta-alaa kohti. (1, s. 140.)

3 ILMANPUHDISTIN

Opinnäytetyön käytännön työn osuudessa kokeiltiin Air Flair 103 . ilmanpuhdistimen (kuva 2) toimintaa. Ilmanpuhdistin on Tyrnäväläisen NN-Energyn toimittama. Suomessa se on vielä uusi laite, mutta Saksassa vastaavan tekniikan sovelluksia on käytössä. Laite asetetaan toimimaan tilaan, missä ilmaa halutaan puhdistaa. Se kierrättää ilmaa tilassa ja samalla puhdistaa sitä. Laitteen inhimillinen koko ja renkaat mahdollistavat liikuttelun rakennuksen sisällä ja helpottavat sopivan paikan valintaa. Ilmanpuhdistustekniikoita on olemassa useita erilaisia. Laitteissa niitä yhdistellään halutulla tavalla ja halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Taulukossa 3 esitetään eri puhdistustekniikoita ja niiden toimintaperiaatteita. Työssä käytettävää plasmapuhdistusta käsitellään seuraavassa kappaleessa.

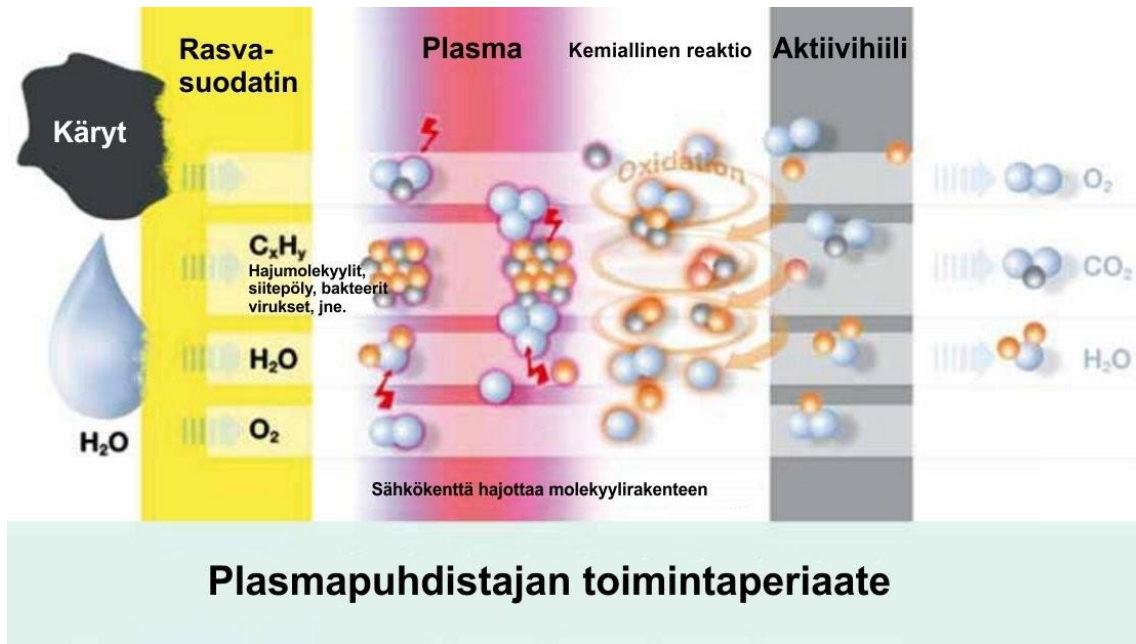
TAULUKKO 3. Ilmanpuhdistus menetelmiä (9, s. 22)

Menetelmä	Toimintaperiaate
<i>Aktiivihili</i>	Perustuu hiilen ominaisuuteen sitoa itseensä erilaisia kaasumaisia aineita
<i>Fotokatalyytti</i>	UV-valoa käytetään yhdessä yleensä titaanioksidin kanssa hajottamaan ilman epäpuhtauksia
<i>Ionisaattorit kenno</i>	Epäpuhtaudet johdetaan sähkökentän läpi, jolloin partikkelit varautuvat sähköisesti. Tämän jälkeen ilma kulkee vastakkaisesti vartatun kennon läpi ja partikkelit tarttuvat siihen.
<i>Ionisaattorit suihku</i>	Ilmassa olevat hiukkaset varataan ionisuihkulla samalla niitä työntäen. Hiukkasmassa huuhdotaan keruupinnoilta vesipesuainelioksella
<i>Mekaaninen suodatus</i>	Ilma johdetaan suodattimen läpi
<i>Otsonointi</i>	Otsoni (O ₃) on erittäin voimakkaasti hapettava kaasu, joka reagoi herkästi muiden aineiden kanssa hajoten hapeksi ja muiksi hajoamistuotteiksi
<i>UV-C valo</i>	Perustuu mikrobien tuhoamiseen UV-C säteilyllä



KUVA 2. Air Flair 103 -ilmanpuhdistin

Kuvassa 3 on esitetty Air Flair 103 -puhdistajan toimintaa. Ilma virtaa laitteen esisuodattimen kautta, joka täyttää standardin SFS-EN 13779 mukaisen luokituksen F7. Esisuodattimelle jää suurin osa kiinteistä partikkeleista, esimerkiksi pölyä ja bakteereita. Jäljelle jääneiden epäpuhtauksien molekyyliarakennetta rikotaan sähkökentän avulla, minkä jälkeen muodostetaan kemiallinen reaktio otsonin avulla. Tämän prosessin avulla epäpuhtaudet puhdistuvat. Viimeisenä ennen ilman ulostuloa otsoni neutraloidaan aktiivihiilisuodatuksella. Laitetta voidaan käyttää neljällä eri teholla. Ilmanvirtaamat eri teholuokilla pienimmästä isoimpaan ovat 220 m³/h, 380 m³/h, 560 m³/h ja 755 m³/h. Laitteen maksimi virrankulutus vaiheella 4 on 215 W ja melutaso on tällöin 56 dB. (7.)



KUVA 3. Air Flair 103 -ilmanpuhdistimen toimintaperiaate (8)

4 ILMANPUHDISTIMEN TESTAUS

4.1 Kohteen kuvaus

Työn suorituspaikaksi valikoitui luokkahuone, koska tilassa epäiltiin olevan sisäilmanepäpuhtauksia. Tilan valinnalle oli olemassa muitakin puoltavia tekijöitä. Tila oli pois käytöstä tutkimuksen aikana, jolloin epävarmuustekijöitä oli vähemmän. Se oli sopivan kokoinen ja sijaitsi maantieteellisesti edullisella paikalla. Rakennus on tehty 1960- ja 80-luvuilla. Tutkimus suoritettiin rakennuksen vanhemman osan ensimmäisessä kerroksessa.

Runkona on betonielementtirunko pilari- ja palkkitekniikalla toteutettuna. Ilmanvaihtona tilassa toimii koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tila on kooltaan noin 8,2 m pitkä, 7,2 m leveä ja 2,9 m korkea. Huoneen ilmatilavuus on noin 170 m³.

4.2 Työn suunnittelu

Työtä suunniteltaessa oli toteutukselle olemassa erilaisia variaatioita. Ensimmäisenä mietittiin näytteidenottoa useammasta tilasta. Tässä menetelmässä etuna on kattavampi otanta erilaisista lähtötilanteista. Useammasta tuloksesta voi paremmin päätellä, miten ilmanpuhdistimen toiminta vaikuttaa. Riskit saada epäonnistunut tulos jakautuvat useammalle testille, ja näin ollen ainakin osasta testeistä voi saada käyttökelpoisen tuloksen. Tieteellistä merkitystä tutkimukselle saadaan, kun testien lukumäärä on riittävä ja niistä voidaan rajata normaalin hajonnan tuomat poikkeukset pois.

Yksi mielenkiintoinen tutkimushaara olisi ollut myös psykologisen vaikutuksen tutkiminen. Sisäilmaongelmiin liittyy yleensä ennakkoluuloja ja hyvin voimakkaitakin mielipiteitä. Tutkittaviin tiloihin laitetaan sekaan yksi tai useampi laite, joka ei puhdistaa ilmaa. Tilojen käyttäjille suunnatulla kyselyllä pystyy hahmottamaan, onko ilman epäpuhtauksilla tai puhdistumisella vaikutusta ihmisten kokemuksiin ja mielialoihin. Alussa kävi myös esillä näytteidenotto muutaman tunnin välein harventaen tiheyttä viikon tai kahden ajalle. Tällä tavalla saa selville laitteen vaikutuksen nopeudesta alkuvaiheessa.

Tutkimus päätettiin suorittaa yhdellä puhdistimella. Näytteet otettiin alkuhetkellä, yhden vuorokauden ja yhden viikon kuluttua laitteen käynnistämisestä. Tähän ratkaisuun päätyminen oli pitkällisen prosessin tulos. Keskeisin taustatekijä oli tutkimuksen rahoitukseen liittyvät hankaluudet. Koska rahoitusta ei meinannut löytyä, päädyttiin karsimaan kaikki ylimääräinen pois kulujen minimoimiseksi. Kevennetyllä testillä otettiin tietoinen riski epäonnistuneeseen tulokseen sekä otettiin myös askel epätieteellisempään suuntaan. Tilaksi valikoitui huone, joka ei ollut käytössä. Tämä minimoi ulkoisia riskitekijöitä, mutta tarkoitti myös käyttäjäpalautekyselyn hylkäämistä.

Huoneen tilavuus oli noin 170 m^3 , ja laitetta ajettiin kakkosteholla. Tällöin virtaamalla $380 \text{ m}^3/\text{h}$ koko huoneilma tulee käsiteltyä kerran puolen tunnin aikana. Laitteen teho olisi ollut riittävä myös ykkösteholla tämän kokoiseen tilaan, mutta nyt laiteella oli riittävästi aikaa toimia ennen ensimmäistä mittausta.

4.3 Työn suorittaminen

Esivalmisteluihin kuului tyhjiällä oleva huone. Ovet ja ikkunat ovat olleet suljettuina. Varmistettiin tila, ettei siellä ole orgaanista jätettä tai muutakaan tuloksiin vaikuttavaa materiaalia.

Näytteenotossa käytettiin Andersen 6 -vaihekeräintä. Laitteisto koostui seuraavista osista: kuljetuslaatikko, pumppu virtauksensäätöventtiilein, ilmaletkut ja keräimet. Laitteessa voitiin käyttää kolmea keräintä yhtä aikaa, joten kaikki kolme näytealustaa saatiin kerättyä yhdellä kertaa. Työ aloitettiin ottamalla laitteet esille. Sopiva paikka sille löytyi huoneen keskeltä pulpetin ja kuljetuslaatikon päältä (kuva 4). Keräimien eri osat puhdistettiin desinfiointiaineella, ja tässä yhteydessä asetettiin näytemaljat ja keräimien osat paikoilleen. Valmiit keräimet yhdistettiin pumppuun ilmaletkuilla, keräinten päältä aukaistiin korkit ja näytteenotto oli valmis alkamaan. Laitteen käynnistyessä aloitettiin ajanotto ja säädettiin pumppun virtaukseksi $28,3 \text{ l/min}$. Näytettä kerättiin kymmenen minuuttia, jonka jälkeen pumppu ja ilmakorkit suljettiin. Maljoihin laitettiin kannet päälle. Maljat numeroitiin sen mukaan, millä keräimen tasolla kukin malja oli ollut. Maljasarjoihin lisättiin vielä tarvittavat tunnistetiedot näytteiden yksilöintiä varten.

Maljasarjat säilytettiin jääkaapissa, kunnes ne lähtivät laboratorioon analysoitaviksi.



KUVA 4. Mittaustilanne

5 TULOKSET

5.1 Analyysi

5.1.1 Tulokset

Ilmanäytteiden tarkat tulokset on esitetty liitteessä 1. Alkuperäisessä vertailunäytteessä ei ollut raja-arvoja ylittävää määrää mikrobeja. Kosteusvaurioon viittaavia mikrobilajeja oli kaksi: Phoma ja Aspergillus versicolor. Näitä indikaattorilajeja olisi tarvittu kuitenkin kolme tai pesäkkeitä ilmakeuutiota kohti pitäisi olla vähintään 10, että pitoisuudet olisivat olleet poikkeavia. Nyt näitä kumpaakin oli 4 pmy/ m³, eli yhteensä 8 pmy/ m³. Muut mikrobipitoisuudet olivat tavanomaisella tasolla.

Ensimmäinen seurantanäyte otettiin vuorokauden kuluttua puhdistuksen aloittamisesta. Tässä näytteessä ei ollut poikkeavaa määrää mikrobeja. Sieniitiöiden määrä oli laskenut ja sienisukuja oli vähemmän. Huomioitavaa on myös, että ilmassa oli enää yhtä kosteusvaurioindikaattoria. Merkittävin seikka oli kuitenkin bakteeripitoisuuden nousu 428 pmy/ m³:stä 544 pmy/ m³:een.

Toinen ja viimeinen seurantanäyte otettiin viikon kuluttua aloituksesta. Sienipitoisuudet olivat edelleen vähentyneet. Pientä muutosta tapahtui lajikkeissa, mutta lajeja oli enää kolme jäljellä. Tässäkin näytteessä huomion vei bakteerimäärän nousu. Nousua oli edellisen näytteen 544 pmy/ m³:stä tämän näytteen 806 pmy/ m³:een.

Aistinvaraisessa tarkastelussa tilaa arvioitiin hajun perusteella. Ensimmäisellä kerralla tilassa oli selvästi tunkkainen ja epämiellyttävä haju. Toisella kerralla tunkkaisuus oli vähentynyt merkittävästi ja muita sivuhajuja ei havaittu. Kolmannella kerralla hajumaisemaa väritti selkeä viemärinhaju. Tähän hajuun laitteella ei ollut vaikutusta tai sitten hajun lähde oli vain yksinkertaisesti liian massiivinen.

TAULUKKO 5. Bakteerien ja kosteusvaurioindikaattorien kehitys tutkimuksen aikana

Bakteerien kokonaispitoisuus [pmy]	428	544	806
Kosteusvaurioon viittaava mikrobi [pmy]	8	4	2
Aika testin alusta [vrk]	0	1	7

:

5.1.2 Ohjearvot

Sisäilman mikrobipitoisuuksille löytyy ohjearvoja Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysoppaasta sekä Asumisterveysohjeesta. Annetut arvot soveltuvat talviaikana taajama-alueelta ja asunnoista otetuille näytteille. Näytteen sieni-itiöpitoisuuksien määrä 100. 500 pmy/ m³ on poikkeavaa. Jos samassa näytteessä on lisäksi poikkeavia lajikkeita, niin mikrobikasvusto on todennäköinen. Se on todennäköistä myös, jos sieni-itiöpitoisuus ylittää suoraan 500 pmy/ m³. Mikrobilajeista Stachybotruksen, Fusariumin tai Chaetomiumin yksittäistäkin esiintymistä ilmanäytteessä voidaan pitää poikkeavana. Aktinomykeetti-itiöiden pitoisuuden ylittäessä 10 pmy/ m³ mikrobikasvusto rakennuksessa on todennäköistä. Näytteen bakteeripitoisuuden tulisi olla alle 4500 pmy/ m³. Mikäli näytettä verrataan vertailuasunnon näytteeseen, tulee tutkittavan huoneen sieni-itiöpitoisuudet olla vähintään kaksinkertaiset ja enemmän kuin 100 pmy/ m³. (1, s. 171. 173.)

Tämän työn kohteen arviointiin soveltuu paremmin Työterveyslaitoksen tuottama materiaali, jossa on annettu viitearvoja toimistorakennusta vastaaville tiloille. Sieni-itiöpitoisuuksien tulisi olla alle 50 pmy/ m³. Bakteereja ei saisi olla yli 600 pmy/ m³, ja lisäksi aktinobakteeripitoisuuden raja on 5 pmy/ m³. (6, s. 5.)

Asumisterveysliito Aste ry suosittelee, ettei otsonia käyttäviä ilmanpuhdistuslaitteita käytettäisi. Lisäksi laitteita ei saa markkinoida terveysväittämin. Otsonointi ei tehoa riittävän hyvin kaikkiin epäpuhtauksiin. Reaktiivisena tuotteena otsoni voi reagoida muiden epäpuhtauksien tai pintamateriaalien kanssa. Esimerkiksi aldehydipitoisuudet voivat nousta. Liiallinen otsonipitoisuus voi aiheuttaa terveyshaittoja. (10.)

5.2 Virhetekijät ja analyysin luotettavuus

Ulkopuolisten virhetekijöiden määrää kohteessa voidaan pitää vähäisenä. Tila ei ollut käytössä tutkimuksen aikana. Siellä ei ollut oleskeltu, ja näin ollen ikkunat ja ovet ovat olleet suljettuina. Pihalla oli lunta ja ilma pakkasen puolella. Tilan luonteen huomioiden siellä ei ollut mitään epäpuhtauksia lisääviä tekijöitä, esimerkiksi ruokaa tai kasveja. Ilmanvaihto oli tutkimuksen aikana normaalissa käyttötilassa. Ensimmäinen näyte oli tavanomainen. Tällöin on todennäköistä, että muita kuin rakennuksesta johtuvia runsaita mikrobilähteitä ei ollut.

Kosteuden tai ilmanpaineiden vaihtelu ovat voineet aiheuttaa mikrobipitoisuuksien vaihtelua. Sieni-itiöiden määrä ei lisääntynyt testin aikana, joten niiden osalta tulokset lienevät virheettömiä. Sen sijaan bakteeripitoisuuksien voimakas noin kaksinkertainen nousu aiheuttaa epävarmuutta. Ilmanvaihto on voinut aiheuttaa bakteerien lisääntymistä. Yhtenä vaihtoehtona ilmanvaihdosta on vain yksinkertaisesti tullut kasvava määrä bakteereja. Ilmanvaihdossa on voinut olla myös toimintahäiriöitä. Alipaineisessa tilassa ilmavuotoja voi tulla epäedullisista paikoista, kuten rakenteista tai viemäristä. Tilassa on mahdollisesti kaikista tiedoista poiketen oleskeltu. Itse pidän silti todennäköisimpänä sitä, että puhdistimen huoneeseen aiheuttamat ilmavirtaukset ovat häirinneet ilmanvaihdon luontaista toimintaa ja näin ollen heikentäneet ilman vaihtuvuutta.

Näytteiden tulos vaikuttaa olevan oikein, ja lähtötilanteessa ilman sen hetkinen tilanne on varmasti ollut se, mitä tuloksista käy ilmi. Näytteet on otettu ja analysoitu ohjeiden mukaan, sekä työ on toteutettu ammattilaisten alaisuudessa. Yhdestä testistä ei voi päätellä tilan yleistä kuntoa tai ilmanlaatua. Käyttäjät ovat kuitenkin kokeneet tilan ilmanlaadun huonoksi ja oleskelun tilassa mahdottomaksi.

5.3 Laitteen mahdollisuudet

5.3.1 Laitteen toiminta

Laitteen puhdistuskykyä on hankala arvioida yhden testin perusteella. Yhden tuloksen pohjalta ei voi päätellä laitteelle tyypillistä toimintaa. Esimerkiksi bakteeripitoisuuden nousua voisi hahmottaa useammasta testistä, ja silloin selviäi-

si, oliko tämä yksi tapaus poikkeus vai säännönmukainen ominaisuus. Ilman sieni-itiöpitoisuudet tippuivat melkein olemattomiin, joka on varsin lupaavaa. Laitteen kyky puhdistaa ilmasta bakteereita ei käynyt toteen tällä kertaa, ja siihen on syytä suhtautua varauksella. Tulevaisuudessa tätä voisi tutkia arvioimalla puhtaasti laitteen tehoa. Tämän toteamiseen kannattaa harkita testijärjestelyjä suoritettavaksi laboratorio-olosuhteissa tai ylipaineistamalla tilaa, jolloin haitalliset ilmavuodot saadaan minimoitua. Lisäksi laitteen vaikutusta rakennuksen oman ilmanvaihdon toimintaan tulee selvittää lisää. On paljon mahdollista, että huoneen sisäiset virtaukset heikentävät ilman vaihtuvuutta. Yleisesti ottaen on vielä paljon epävarmuutta laitteen suorituskyvyn suhteen.

Laitteen käyttö on hyvin helppoa. Laitteesta säädetään vain tehoa neljällä tehoalueella sekä päälle tai kiinni asetusta. Laitetta voi helposti siirrellä paikasta toiseen, ja muutenkin kokonaisuus on hyvin hallittavissa. Laite toimi testin ajan ilman häiriöitä.

5.3.2 Laitteen mahdolliset sovellutukset

Eri käyttömahdollisuuksia mietittäessä oletetaan laitteen puhdistavan vaikutuksen olevan ehdoton. Näitä sovelluksia kokeiltaessa pitää erikseen varmistua menetelmän toimivuudesta ja turvallisuudesta.

Testissä kokeiltu tapa on laittaa laite tilaan, jossa puhdistuksen on tarkoitus tapahtua. Tämän tyyppisessä ratkaisussa voidaan tuoda apu suoraan ongelmapaikkaan. Ratkaisu on luonteeltaan tilapäinen. Se tarjoaa mahdollisuuden turvalliseen oleskeluun sisäilmaongelmaisessa tilassa. Tällaisen tilanteeseen on tarvetta, mikäli väistötiloja ei ole ja toiminnan tiloissa täytyy jatkaa. Kiinteistön haltija voi suunnitella tarvittavat toimenpiteet ja toteuttaa ne. Tähän prosessiin tarvittavaa aikaa saadaan väliaikaispuhdistuksella.

Samaa tekniikkaa voisi sijoittaa suoraan ilmanvaihdon tuloilman puolelle. Tässä etuna olisi laitteiden määrän väheneminen, ja yhdellä kertaa saadaan palveltua useampaa tilaa. Samalla tekniikalla voitaisiin johtaa puhdasta ilmaa sitä tarvitseviin paikkoihin, esimerkiksi hygieenisiin tiloihin tai teolliseen prosessiin. Tässä tavassa arveluttaa kuitenkin tilan ilman puhdistuminen. Riittääkö pelkän puhtaan ilman johtaminen tilaan ja likaantuuko ilma jo kanavistossa?

Kosteus- ja homevaurioiden korjaustöissä on huomattavia mikrobipitoisuuksia. Sijoittamalla laite työmaalle voitaisiin merkittävästi pienentää työntekijöiden altistumista mikrobeille. Tällöin parannetaan työviihtyvyyttä ja ennalta ehkäistään työperäisiä sairauksia.

Laitetta voisi käyttää alipaineistukseen sijoittamalla ulospuhallus ulos rakennuksesta. Alipaineistus sinänsä on normaali tapa toimia. Puhdistamalla ulos menevä ilma vältetään epäpuhtauksien leviäminen ympäristöön. Tämä mahdollistaa toimimisen herkissä ympäristöissä, missä epäpuhtauksilla on kielteisiä vaikutuksia.



KUVA 5. Esisuodatin

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tulos Air Flair 103 -ilmanpuhdistimen toiminnasta ja arvioida sen perusteella laitteen toimintaa. Laitteelle mietittiin myös erilaisia käyttömahdollisuuksia. Laitteen vesipestävän suodattimen pesun realiteeteista kerättiin tietoa. Työssä painotettiin mikrobiepäpuhtauksia, mutta aiheeseen liittyen koostettiin tietoa myös muista sisäilman epäpuhtauksista.

Testin tulokset olivat tieteelliseltä arvoltaan kyseenalaiset. Yhden kokeen ottamisen riskit realisoituivat. Ilmanäytteissä ei ollut merkittäviä mikrobipitoisuuksia, ja tämän pohjalta ei voi todistaa laitteen toimivan. Sen lisäksi bakteeripitoisuuksien selkeä nousu on vakavasti otettava asia ja sen syyt olisi selvitettävä. Nyt pitoisuuden nousulle on vain olemassa valistuneita arvauksia.

Suodattimen pesu on hyvä tapa päästä eroon vaihdettavista suodattimista. Se tarjoaa etua puhdistimien käyttökustannusten hallintaan. Kohdan 2.1.4 tietoihin perustuen voidaan todeta, että mikrobien täydellinen tuhoaminen ja pois saaminen pehmeästä sekä huokoisesta materiaalista on mahdotonta. Laitetta käytettäessä samassa tilassa pestyn suodattimen käyttö laitteen imupuolella on mahdollista. Suodatin olisi hyvä vaihtaa riittävän usein, etteivät mikrobijäämät pääse kasvamaan liiaksi. Lisäksi likaista suodatinta ei tulisi siirtää tilasta toiseen.

Työssä saatiin tulokset haetuille asioille. Kattavampi rahoitus olisi mahdollistanut työn laadukkaamman suunnittelun, ja tuloksista olisi saanut kattavampia sekä odotuksen mukaisempia. Nyt työ synnytti uuden tutkimuksen verran lisää kysymyksiä.

LÄHTEET

1. Sosiaali- ja terveysministeriö 2009. Asumisterveysopas. Pori: Ympäristö ja Terveys -lehti.
2. Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Saatavissa: http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=28707&name=DLFE-3518.pdf. Hakupäivä 28.2.2014.
3. Puhakka, Eija . Bäck, Beatrice . Kalso, Seija . Vahnenen, Risto . Viitanen, Hannu . Arvela, Hannu . Voutilainen, Anne . Ruotsalainen, Risto . Koukila-Kähkölä, Pirkko . Sarekoski, Kimmo . Kärkkäinen, Jukka 1996. Terveellinen sisäilma. Helsinki: Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy.
4. RT 14-10775. 2003. Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen. Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/RT_8651.html.stx (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 3.4.2014.
5. Työterveyslaitos 2011. Homeettomaksi siivous ja irtaimiston puhdistus kosteus- ja homevaurioiden korjausten jälkeen. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/sisaymparistotekijat/kosteus_ja_homevauriot/mikrobivauriokorjaus/sivut/default.aspx. Hakupäivä 5.4.2014.
6. Työterveyslaitos 2014. Työterveyslaitoksen käyttämiä viitearvoja sisäympäristön ongelmien tunnistamisessa toimistoympäristöissä. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/sivut/default.aspx. Hakupäivä 13.4.2014.
7. Northern Nature Energy 2014. VS: Ilmanpuhdistin opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Myllylä, Hannu. 4.4.2014.

8. Kukkohovi, Mikko 2014. Plasma. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Illikainen, Kimmo. 21.11.2013.
9. Tikkanen, Timo . Mero, Jukka 2011. Sterimat ilmanpuhdistimen UC-C säteilykammion vaikutus mikrobien tuhoamiseen huoneilmasta. Päättötyö. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto.
10. Asumisterveysliitto Aste ry 2008. Otsonaattoreita ei saa markkinoida sisäilman puhdistamiseen terveysväittämin. Saatavissa: asumisterveysliitto.fi/pages/sivut2/artikkelit/otsonaattoreita-ei-saa-markkinoida-sisaeilman-puhdistamiseen-terveysvaettaemin.php. Hakupäivä 18.4.2014.

Taulukko 1. Ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet ja näytteissä esiintyneet sienisuvut ja/tai – lajit tutkituissa tiloissa.

Näyte 1. KK luokka					
2 % mallasagar	DG-18 agar	THG-agar	Tulkinta		
<i>Phoma*</i>	4 steriilit	4	Aktinobakteerit	<2	ei poikkeavaa
<i>Cladosporium</i>	11 hiivat, vaaleat	11	Muut bakteerit	428	
<i>Aspergillus versicolor*</i>	4 <i>Cladosporium</i>	7			
<i>Penicillium</i>	4 <i>Penicillium</i>	4			
steriilit	11				
hiivat, tummat	4				
Sieni-itiöt yhteensä	38	Sieni-itiöt yhteensä	26	Bakteerit yhteensä	428

Ensimmäinen näyte.

Taulukko 1. Ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet ja näytteissä esiintyneet sienisuvut ja/tai – lajit tutkituissa tiloissa.

Näyte 1. KK luokka / seurantanäyte 1					
2 % mallasagar	DG-18 agar	THG-agar	Tulkinta		
hiivat, vaaleat	4 <i>Penicillium</i>	4	Aktinobakteerit	<2	ei poikkeavaa
<i>Aspergillus</i>	4 <i>Aspergillus versicolor*</i>	4	Muut bakteerit	544	
steriilit	4				
Sieni-itiöt yhteensä	12	Sieni-itiöt yhteensä	8	Bakteerit yhteensä	544

<2 = alle määritysrajan 2 pmy/m³, kasvustoa ei esiintynyt

* = kosteusvaurioon viittaava mikrobi

steriilit = pesäkkeitä, jotka eivät käytettävillä kasvualustoilla muodosta itiöitä

Toinen näyte.

Taulukko 1. Ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet ja näytteissä esiintyneet sienisuvut ja/tai – lajit tutkituissa tiloissa.

Näyte 1. KK luokka / seuranta 2					
2 % mallasagar	DG-18 agar	THG-agar	Tulkinta		
steriilit	5 <i>Aspergillus versicolor*</i>	2	Aktinobakteerit	<2	ei poikkeavaa
<i>Cladosporium</i>	2		Muut bakteerit	806	
Sieni-itiöt yhteensä	7	Sieni-itiöt yhteensä	2	Bakteerit yhteensä	806

<2 = alle määritysrajan 2 pmy/m³, kasvustoa ei esiintynyt

* = kosteusvaurioon viittaava mikrobi

steriilit = pesäkkeitä, jotka eivät käytettävillä kasvualustoilla muodosta itiöitä

Kolmas näyte.