



Mikko Närvänen

Sairaaloiden sisäilmaongelmat ja korjaustoimien vaikuttavuus

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 23.11.2015

Valvoja: prof. Heidi Salonen

Ohjaaja: Juha Rantasalo

Tekijä Mikko Närvänen		
Työn nimi Sairaaloiden sisäilmaongelmat ja korjaustoimien vaikuttavuus		
Koulutusohjelma Rakenne- ja rakennustuotantotekniikka		
Pää-/sivuaine Rakennusmateriaalit ja -fysiikka	Koodi IA3017	
Työn valvoja prof. Heidi Salonen		
Työn ohjaaja(t) Juha Rantasalo		
Päivämäärä 23.11.2015	Sivumäärä 66	Kieli Suomi

Tiivistelmä

Sairaalarakennusten sisäilmaongelmat ovat yleisiä ja ongelmien poistaminen vaatii usein kiireellisiä korjaustoimenpiteitä. Terveyshaittojen aiheuttajia, sisäilmaongelmista aiheutuvia kustannuksia ja korjaustoimien vaikuttavuutta ei kuitenkaan tunneta tarpeeksi hyvin.

Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia eri sairaaloiden toimintatapoja ja yleisimpiä sisäilmaongelmien aiheuttajia. Lisäksi tarkoituksena on vertailla sisäilmaongelmista aiheutuneiden korjausten vaikuttavuutta ja kustannuksia. Tavoitteena on löytää parhaita toimintatavat ja kustannustehokkaimpia korjausmenetelmiä.

Tutkimuksessa toteutettiin sähköpostikysely, jossa kerättiin tietoa sairaaloiden vaikeimmista sisäilmaongelmista ja korjaustoimien vaikuttavuudesta Suomessa sekä muualla Euroopassa. Lisäksi tehtiin tarkentavat haastattelut Kuopion yliopistollisessa sairaalassa ja Helsingin yliopistollisessa keskussairaalassa. Tutkimuksessa tarkasteltiin Turun yliopistollisen keskussairaalan U-sairaassa havaittuja sisäilmaongelmia ja niihin liittyvien korjaustoimien vaikuttavuutta.

Suomalaisissa sairaaloissa oli esiintynyt kaikkia kysytyjä oireita ja oireilijoiden määrän arvioitiin olevan 10-30% henkilökunnasta. Ulkomaalaisissa sairaaloissa puolestaan oireiden esiintyminen oli huomattavasti vähäisempää pääosin alle 1%.

Suomalaisissa sairaaloissa yleisimmiksi koettu ongelma oli muovimattojen VOC-päästöt. Ulkomaisten sairaaloiden vastauksissa oli kahta tyyppiä. Toisissa keskiössä olivat mikrobit ja muut epäpuhtaudet ja toisissa ilman fyysiset ominaisuudet, kuten kuumuus. Suurimmaksi ongelmaksi molemmissa tapauksissa ilmoitettiin ilmanvaihdon riittämättömyys.

Korjausten vaikuttavuudesta ei tutkimuksen perusteella voitu tehdä vahvoja johtopäätöksiä. Suomessa kapseloinneista oli huonoja kokemuksia ja muovimattojen vaihtaminen koettiin hyväksi. Ulkomailla ilmanvaihtoon liittyvät korjaukset koettiin parhaiksi.

Kustannuksista ei ollut tarkkaa tietoa Suomessa eikä ulkomailla. Kustannusten seurannan kehittäminen ja korjausten vaikuttavuuden analyttinen seuranta parantaisi tietoutta sisäilmaongelmien kustannustehokkaasta ratkaisusta. Sisäilmatyöryhmät ovat keino prosessien kehittämisessä ja ongelmiin puuttumisessa. Kustannusten ja vaikuttavuuden seurannan kehittäminen sisäilmatyöryhmissä parantaisi mahdollisuuksia ongelmien tehokkaaseen ratkaisemiseen.

Avainsanat Sisäilma, sairaala, korjaus

Author Mikko Närvänen		
Title of thesis Indoor air problems in hospitals and effectiveness of repairs		
Degree programme Civil engineering		
Major/minor Building materials and physics	Code IA3017	
Thesis supervisor prof. Heidi Salonen		
Thesis advisor(s) Juha Rantasalo		
Date 23.11.2015	Number of pages 66	Language Finnish

Abstract

Indoor air problems in hospitals are common and removing the problems often requires urgent repairs. The cause of health problems, cost of indoor air problems nor effectiveness of repairs aren't known well enough.

The aim of the study is to explore different approaches in indoor air problems in different hospitals. The purpose is also to compare effectiveness of indoor air related repairs and costs. The aim is to find the most cost effective methods.

Study includes an email questionnaire which purpose was to collect information about the most difficult indoor air problems and the effectiveness of repairs in Finland and in other European countries. In addition two interviews were made to get more specific information about hospital indoor air problems in Kuopio university hospital and in Helsinki university hospital. The study also examined more closely indoor air problems and repairs in Turku university hospital.

Staff had more of different types of symptoms in Finnish hospitals. The estimate percentage of staff having symptoms was 10-30% in Finnish hospitals. In foreign hospitals the percentage was less than 1%.

In Finnish hospitals the most difficult indoor air problem was VOC-emission from plastic carpets. Foreign hospitals had two different kind of answers. The ones regarding microbes and other impurities and the ones concerning physical attributes of indoor air as heat. In both cases the problem was caused by insufficient ventilation systems.

It was impossible to analyse precisely the effectiveness of repairs with the collected data. Finnish hospitals had poor experiences with encapsulation repairs. Repairs for plastic carpets were considered as effective. According to foreign hospitals repairs aimed in ventilation systems are effective.

The exact cost of indoor air related problems were unknown in Finland and foreign countries. By separating the indoor air related costs and analysing the effectiveness of repairs, the cost effectiveness of indoor air related repair methods could be improved. Indoor air quality working groups are a method to improve practises and to intervene indoor air problems. Developing a system for indoor air working groups to analyse repairs and separating costs would improve possibilities to solve indoor air problems cost effectively.

Keywords Indoor air, hospital, repair,

Alkusanat

Työn on tilannut Suomen Sairaalatekniikan yhdistys, jota haluan kiittää yhteistyöstä ja diplomityöni mahdollistamisesta.

Ohjaajani toimi Turun yliopistollisen keskussairaalan tekninen johtaja ja SSTY:n puheenjohtaja Juha Rantasalo. Suuret kiitokset hänelle hyvästä työstä työni ohjaajana ja kiinnostavan tutkimusaiheen valinnasta.

Työni valvoi professori Heidi Salonen. Kiitos tuesta sekä ammattitaidosta, joka on ollut korvaamatonta työni valmistumisen kannalta.

Pepan Petonin tekkareille ja diplomi-insinööreille kiitos siitä, että olette tehneet opiskeluvuosistani mielettömän hauskoja ja saaneet minut jaksamaan viettää pitkiä päiviä koululla.

Kiitos perheelleni ja ystävilleni sekä erityisesti Marjolle kannustuksesta sekä siitä, että saitte ajatukseni välillä myös pois diplomityön tekemisestä.

Espoossa 23.11.2015

Mikko Närvänen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo.....	5
Lyhenteet.....	7
1 Johdanto.....	8
2 Teoria ja aikaisemman tiedon kuvaus.....	10
2.1 Hyvän sisäilman merkitys ja määritelmä.....	10
2.2 Sisäilman keskeisimmät epäpuhtaudet.....	11
2.2.1 Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet.....	11
2.2.2 Sisäilman hiukkaset ja teolliset mineraalikuidut.....	14
2.2.3 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi.....	15
2.2.4 Muita sisäilman epäpuhtauksia.....	18
2.3 Sisäilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset.....	18
2.3.1 Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet.....	19
2.3.2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi.....	22
2.3.3 Hiukkaset ja teolliset mineraalikuidut.....	22
2.4 Sisäilmaongelman selvittäminen.....	23
2.4.1 Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi.....	23
2.4.2 Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus.....	24
2.4.3 Rakennustekniset tutkimukset.....	25
2.4.4 Käyttäjien oireiden tutkimukset.....	26
2.4.5 Kemiallisten epäpuhtauksien mittaaminen.....	29
2.4.6 Hiukkasten ja teollisten kuitujen mittaaminen.....	32
2.4.7 Mikrobiologiset tutkimukset.....	33
2.5 Sisäilmaongelmat ja epäpuhtauksien esiintyminen sairaalaympäristössä.....	35
2.5.1 Yleisimmät sairaaloiden sisäilmaongelmat ja niiden syyt.....	35
2.5.2 Sisäilman laatu sairaaloissa.....	37
2.6 Sisäilman laatuun liittyvät huollot ja korjaukset sairaalarakennuksissa.....	38
2.6.1 IV-laitteisto.....	38
2.6.2 Rakenteiden korjaukset.....	39
2.6.3 Sairaaloiden korjausten erityispiirteet.....	40
3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät.....	42
3.1 Sähköpostikyselyt.....	42
3.2 Haastattelut.....	43
3.3 Case U-sairaala.....	43
4 Tutkimustulokset ja tulosten tulkinta.....	44

4.1	Sähköpostikyselyt.....	44
4.1.1	Suomalaiset sairaalat.....	44
4.1.2	Ulkomaiset sairaalat.....	46
4.2	Haastattelut.....	47
4.2.1	Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri	47
4.2.2	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.....	49
4.3	Case U-sairaala	51
4.3.1	Sisäilmäkysely.....	51
4.3.2	Sisäilmäkartoitus 2013.....	52
4.3.3	Sisäilman epäpuhtauksien kulkeutumisreittien kartoitus.....	56
4.3.4	Korjaukset 2015.....	57
4.3.5	Analyysi	57
5	Johtopäätökset.....	60
6	Lähdeluettelo	62
7	Liiteluettelo.....	66

Liitteet

Lyhenteet

FID	Liekki-ionisaatiodekton (flame ionization detector)
GC	Kaasugromatografi (gas chromatography)
Hyks	Helsingin yliopistollinen keskussairaala
Kys	Kuopion yliopistollinen sairaala
MMVF	Teolliset mineraalikuidut (man-made vitreous fibres)
MVOC	Mikrobiologiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet (mikrobiai volatile organic compound)
Oys	Oulun yliopistollinen sairaala
PAS	Foto-akustinen detekton (photoacoustic spectroscopy)
PID	Foto-ionisaatiodekton (photo ionization detector)
PPM	Miljoonasosa (parts per million)
SSTY	Suomen Sairaatekniikan yhdistys ry
Tays	Tampereen yliopistollinen sairaala
Tyks	Turun yliopistollinen keskussairaala
VALSAI	Valtakunnallinen sairaaloiden kiinteistöjen kehittämisprojekti
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compound)

1 Johdanto

Sisäilmaongelmat ovat yleisiä sairaaloissa. Ongelmista tai niihin liittyvistä tutkimus- ja korjausmenetelmistä ei ole kattavaa kokonaisnäkemystä. Hyvä sisäilmanlaatu on erittäin tärkeää ihmisten terveydelle, koska kehittyneissä maissa ihmiset viettävät yli 90% ajastaan sisätiloissa (Salonen ym. 2009). Sairaaloissa sisäilmaongelmat ovat vielä kriittisempiä, koska sairaaloissa oleskelee usein vastustuskyvyltään heikentyneitä potilaita.

Suomen sairaaloista suuri osa on vanhoja ja korjausvelka on suuri, vuonna 2005 jopa 400 miljoonaa euroa. Työpaikan huono sisäilma vähentää työntekijöiden viihtyvyyttä ja työtehoa sekä laskee tuottavuutta ja voi aiheuttaa työperäisiä sairauksia (Reijula 2005). Vuosina 1996 - 2002 ilmoitettiin 108 kpl sisäilmaongelmista aiheutunutta sairaalatyöhön liittyvää ammattitautitapausta (Reijula ym. 2012). Ongelma on siis mittava niin rahallisesti kuin kansanterveyden kannaltakin.

Aihealue on kiinnostanut viime vuosikymmenten aikana laajasti tutkijoita, kiinteistö- ja rakennusala ja tavallisia kansalaisiakin. Suuri mediahuomio on varmistanut, että aihe on esillä valtakunnallisesti vuodesta toiseen. (Reijula ym. 2012)

Sisäilmaan liittyvien ongelmien ratkaisun toimintatavat ja korjaukset ovat keskiössä ongelmien ratkaisemisessa. Toimintatapoja on kehitetty työpaikoille mm. Työterveyslaitoksen toimesta (Salonen ym. 2014). Ei kuitenkaan ole tarkkaa tietoa, miten sairaalat ovat toimintatapoja omaksuneet. Sairaalarakennusten korjausten vaikuttavuudesta ei ole tehty kattavaa tutkimusta. Sairaaloiden käyttäessä miljoonia euroja vuodessa sisäilmaongelmien korjaamiseen, voidaan oikeiden korjaustapojen valinnoilla tehdä potentiaalisesti hyvin suuria säästöjä.

Työn on tilannut Suomen Sairaatekniikan yhdistys ry (SSTY) yhteistyössä International Federation of Hospital Engineering (IFHE) Euroopan osaston kanssa. SSTY:ssä koetaan, että sairaaloiden sisäilmaongelmat ovat niin hankalia, että niistä tulee saada lisää tutkimuksia, jotta toimintaa voitaisiin kehittää. Myöskään sairaaloiden sisäilmaongelmiin liittyvien korjausten vaikuttavuutta ei tunneta tarpeeksi hyvin.

Työn tarkoituksena on selvittää sairaalarakennusten yleisimmät sisäilmaongelmat, korjaustoimien vaikuttavuus sekä sisäilmaongelmista aiheutuvat kustannukset. Työssä on

tarkoitus myös tutkia sisäilmaongelmiin liittyvää toimintaprosessia ja vertailla niitä eri sairaaloiden välillä. Työssä on mukana Eurooppalainen osuus, jossa pyritään etsimään hyviä toimintatapoja Suomen ulkopuolelta sekä vertailemaan Suomalaisten ja ulkomais-ten sairaaloiden sisäilmaongelmia.

2 Teoria ja aikaisemman tiedon kuvaus

2.1 Hyvän sisäilman merkitys ja määritelmä

Ympäristöministeriön (2013) määritelmän mukaan hyvä sisäilma on hajutonta eikä siinä ole käyttäjien terveydelle haitallisia epäpuhtauksia. Hyvä sisäilma saadaan aikaiseksi estämällä haitalliset päästöt ja huolehtimalla riittävästä ilmanvaihdosta. Kaikkia haitallisia päästöjä, kuten ihmisten aineenvaihdunnasta aiheutuvia epäpuhtauksia, ei voida estää, jolloin ilmanvaihdon tulee poistaa kyseiset epäpuhtaudet. Hyvä sisäilma saadaan aikaan estämällä haitalliset päästöt ja huolehtimalla riittävästä ilmanvaihdosta. Rakentaessa ja remontoidessa suositellaan käytettävän vähäpäästöisiä M1-luokan tuotteita (Ympäristöministeriö 2013).

Suomen sisäilmastoluokituksessa (2008) sisäilman laadulle on annettu kolme luokkaa; Luokat S1, S2 ja S3. ”Luokassa S1...Luokassa S2 tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllälämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.” (Sisäilmastoluokitus 2008)

Sisäilman yhteydessä puhutaan yleensä myös sisäilmaston ja sisäympäristön laadusta. Sisäilmasto on sisäilmaa laajempi käsite. Sisäilmastolla tarkoitetaan rakennuksen sisäpuolisia ilmasto-olosuhteita. Sisäilmaston määritelmä sisältää sisäilman sekä sen fysikaaliset ominaisuudet. Ne voidaan ryhmitellä seuraavasti.

Sisäilman ominaisuuksia ovat:

- sisäilman kaasumaiset yhdisteet
- sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Sisäilmaston fyysiset ominaisuudet:

- ilman liike
- lämpötila
- kosteus
- melu
- valaistus
- säteily

(Sisäilmayhdistys 2015)

2.2 Sisäilman keskeisimmät epäpuhtaudet

2.2.1 Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet

Mikrobit ovat osa ihmisen elinympäristöä ja niitä esiintyy aina sisäilmassa. Sisäilman tavanomaisten mikrobien lisäksi ulkoilmasta kulkeutuu mikrobeja sisäilmaan. Sisäilman mikrobit voivat tarttua rakenteisiin, joten rakenteissa esiintyy lähes aina pieniä määriä mikrobeja.

Mikrobit tarvitsevat ravinteita, kosteutta sekä sopivan lämpötilan kasvaakseen. Rakennuksissa on paljon erilaisia mikrobien ravinteiden lähteitä. Jopa pinnoille kertyvä pöly voi riittää mikrobien ravinteeksi. Sisätiloissa on käytännössä aina sopiva lämpötila mikrobien kasvamiseen. Tärkein tekijä mikrobikasvustolle on kosteus. (Asumisterveysopas 2008)

Kosteusvauriota pidetäänkin homevaurion merkittävänä tekijänä. Sisäilman kosteudella ei ole suoraa vaikutusta mikrobien kasvuun. Kosteusvauriot voivat johtua mm. ilmankosteuden tiivistymisestä rakenteisiin, putkirikosta, maakosteuden pääsemisestä rakenteisiin tai viallisesta rakenteesta. (Asumisterveysopas 2008)

2.2.1.1 Homesienet ja bakteerit

Penicillium on sisäympäristön yleisin homesuku, joka voi tuottaa toksiineja tai olla allergisoiva. Alalajikkeita sillä tunnetaan yli 500, mutta niiden tunnistaminen on vaikeaa. Itiöt leijuvat pienikokoisina pitkään ja ne irtoavat helposti rihmastossa. Kosteusvaurion alkuvaiheessa sekä rakennusten purkutöiden aikana se muodostaa suurimman osan hengitettävistä itiöistä. (Putus 2014)

Aspergillus-homeita esiintyy kaikkialla ihmisen elinympäristössä. Se on nopeakasvuinen ja tietyt kasvualustat suosivat sen kasvua hitaampien homeiden kustannuksella. *Aspergillus*-suvun ilmaantuminen sisäilmaan viittaa kosteusvaurioon. *Aspergillus*-suvun homeita käytetään kosteusvaurioindikaattoreina. (Putus 2014)

Chaetomium-suvun homeita tunnetaan yli 180 lajia, joita kasvaa luonnossa. *Aspergillus fumigatus* edistää *Chaetomiumin* kasvua tuottamalla sille ravintoaineita (Aru ym. 1997). Kosteusvauriorakennuksissa se kasvaa usein selluloosaa sisältävillä kasvualustoilla. *Chaetomium* on kosteusvaurioindikaattorien listalla. Sitä havaitaan yleensä pitkäkestoisissa ja vakavissa kosteusvaurioissa. (Putus 2014)

*Fusarium*homeet eli punahomeet ovat rakennusten kosteusvaurioindikaattoreita. Ne eivät kuitenkaan ole kovin yleisiä kosteusvauriokohteissa. Niiden esiintymiseen rakennuksissa tulee kuitenkin suhtautua suurella vakavuudella, koska niiden läsnäolo viittaa pitkälle edenneeseen kosteusvaurioon. Niille altistutaan yleensä maataloustyössä, koska ne kasvavat mm. viljassa ja heinässä korren sisällä. Tästä syystä niitä voi esiintyä rakennuksissa, joissa on käytetty luonnonmateriaaleja, kuten olkea, turvetta tai kierrätysmateriaaleja. (Putus 2014)

Stachybotrys chartarum on parhaiten tunnettu ja laajasti tutkittu homesuku. Se ilmenee tummina läiskinä mm. kipsilevyn kartongilla tai paperialustalla. Se on kosteusvaurion indikaattorihome. Se ei kuitenkaan esiinny vaurion alkuvaiheissa, joten sen esiintyminen viittaa pitkälle edenneeseen kosteusvaurioon. Se esiintyy tummana tai mustana kasvustona. Sillä on suuri, yleensä soikea, liman peittämä itiö, joka leijuu heikosti ilmassa. Se kasvaa yleisimmin kipsimateriaaleissa. (Putus 2014)

2.2.1.2 Aktinobakteeri eli sädesieni

Aktinobakteerit eli sädesienet ovat itiöitä sekä rihmastoja muodostavia gram-positiivisia bakteereita, jotka muistuttavat kasvuvaatimuksiltaan, -ominaisuuksiltaan ja -ympäristöltään usealla tavalla mikrosieniä (Putus 2014). Aktinobakteereihin kuuluvat *Streptomyces*-lajit liittyvät usein kosteusvaurioihin ja niillä on tyypillinen mullan ja maakellarin haju. Aktinobakteerit viihtyvät kosteissa oloissa ja niitä pidetään kosteusvaurioindikaattoreina. (Sisäilmäyhdistys 2015) Aktinobakteerit pystyvät kasvamaan äärimmäisissä olosuhteissa, kuten happamissa tai emäksisissä olosuhteissa, kuumassa sekä valtavassa paineessa valtameren pohjassa. Kokeellisesti on todettu, että aktinobakteerit voivat kasvaa jopa pH 10:ssä, mikä tarkoittaa sen pystyvän kasvamaan mm. betonissa. (Putus 2014)

2.2.1.3 Mikrobin rakennekomponentit

Huonoissa sisäilmaolosuhteissa ei altistuta ainoastaan eläville mikrobeille vaan myös niiden rakennekomponenteille ja aineenvaihduntatuotteille, kuten soluseinärakenteille ja perimäainekselle (DNA:lle). Näitä komponentteja tunnustetaan tunnistereseptorien avulla. Reseptorien aktivoituminen aiheuttaa tulehdukseen liittyvien välittäjäaineiden erittymisen solusta. (Reijula ym. 2012)

Homesienien soluseinärakenne sisältää kitiiniä sekä beta-glukaania, joilla on havaittu olevan immuunijärjestelmää sekä tulehdusreaktioita muokkaavia vaikutuksia. (Reijula ym. 2012, Roeder ym.)

Lipopolysakkaridi (LPS) eli endotoksiini on eniten tutkittu bakteerien immuunijärjestelmää muokkaava rakennekomponentti. Sitä esiintyy gramnegatiivisten bakteerien soluseinämässä ja sen tiedetään aktivoivan tulehdustapahtumia. Gram-negatiivisia bakteereita kasvaa runsaasti jätevesissä, joten esim. lattiaviemäreiden tulviessa bakteerien esiintyminen sisäilmassa on mahdollista. (Reijula ym. 2012)

Lipoproteiinia esiintyy homeiden, grampositiivisten bakteerien ja jopa gramnegatiivisten bakteerien rakenteissa. Lipoproteiini aiheuttaa TLR2-aktivaatiota, mikä aiheuttaa voimakkaan tulehdusvälittäjäaineiden erittymisen ja vaikuttaa merkittävästi tulehdustapahtumien kehittymiseen ja syntyyn. (Reijula ym. 2012)

Bakteerien ja homeiden DNA sisältää metyloimattomia CpG-alueita, jotka voidaan tunnistaa immuunijärjestelmän kuuluvien solujen TLR9-reseptorien avulla. Aktivaatio aiheuttaa tulehdussytoksiinien tuotannon ja avustaa siten tulehdustapahtumien syntyä ja kehittymistä. (Reijula ym. 2012)

2.2.1.4 Mikrobin aineenvaihduntatuotteet

Mikrobin aineenvaihduntatuotteita ovat mikrobitoksiinit sekä mikrobin kaasumaiset aineenvaihduntatuotteet (microbial volatile organic compounds, MVOC-yhdisteet). Mikrobitoksiineja ovat home- ja hiivasientien ja bakteerien rakenneosia tai niiden tuottamia aineenvaihduntatuotteita, joilla on haitallisia, toksisia vaikutuksia eliöihin. Mikrobit, niiden osat sekä muut hiukkaset kuljettavat mikrobitoksiineja sisäilmaan. Ne eivät yleensä

esiinny kaasumaisessa olomuodossa sisäilmassa. Useat yleisesti esiintyvät kosteusvaurioiden indikaattorimikrobit voivat tuottaa toksisia aineita, tosin vaurioituneiden rakennusten sisäilmassa niitä on todettu vain erittäin pieninä pitoisuuksina. (Reijula ym. 2012, Taubel ym. 2011)

Mykotoksiinit ovat mikrosienten tuottamia haitallisia aineenvaihduntatuotteita. Mikrosieniä ovat muun muassa home- ja hiivasienet. Mykotoksiineja esiintyy esim. homeisissa elintarvikkeissa sekä homevaurioituneissa rakennusmateriaaleissa. Mykotoksiinien muodostuminen vaatii suotuisan kasvualustan ja olosuhteet. Mykotoksiinit kulkeutuvat sisäilmaan homeiselta alustalta vapautuvien homeitiöiden ja homerihmastojen kantamina. Mykotoksiineille altistuminen voi tapahtua hengittämällä kontaminoituneesta rakennusmateriaalista irronnutta pölyä tai toksisten homeiden rakennusosia. Mykotoksiineille voi altistua myös ihon tai ruoansulatuskanavan kautta (Putus 2014, Reijula ym. 2012, Tuomi 2008)

MVOC-yhdisteet ovat mikrobien haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. MVOC on käsitteenä ongelmallinen, koska yhdisteitä voi mikrobikasvuston lisäksi vapautua myös esim. rakennusmateriaaleista, elintarvikkeista, siivousaineista ja tupakan savusta. MVOC-yhdisteiden esiintyminen ei siis ole osoitus mikrobikasvustosta rakenteissa eikä MVOC-mittauksen käyttöä suositella kosteus- ja homevaurion toteamiseen. (Salonen ym. 2014)

Työterveyslaitoksen mittausrekisterin mukaan MVOC-pitoisuudet ovat kosteusvauriokohteissakin yleensä erittäin alhaisia, selvästi alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vertailuna voidaan käyttää VOC-yhdisteiden kokonaismäärää (TVOC), joka on toimistoissa keskinämin 75-88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja yksittäisten yhdisteiden $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Salonen ym. 2014)

2.2.2 Sisäilman hiukkaset ja teolliset mineraalikulidut

Sisäilman hiukkaset voidaan jaotella kokonsa puolesta hengitettäviin hiukkasiin, pienthiukkasiin ja kokonaisleijumaan (Salonen ym. 2009). Kokonaisleijuma (TSP) tarkoittaa kaikkia ilmassa leijuvia hiukkasia. Suurin osa TSP:n massasta on karkeaa pölyä. Hengitettävät hiukkaset (PM10) tarkoittavat alle kymmenen mikrometriä aerodynaamiselta halkaisijaltaan olevia hiukkasia ja pienthiukkaset (PM2,5) puolestaan alle 2,5 mikrometrin kokoluokan hiukkasia. (Asumisterveysopas 2008)

Sisäilman kokonaisleijuman hiukkaset ovat lähtöisin ihmisen toiminnasta sisätiloissa sekä ulkoilmasta sisälle siirtyvistä hiukkasista, kuten pölystä. Sisäilmassa suuret hiukkaset laskeutuvat lattialle tai muille pinnoille. (Asumisterveysopas 2008)

Hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset ovat ulkoilmassa peräisin palamisreaktioista, energiantuotannon, teollisuuden ja liikenteen päästöistä ja katupölystä. Sisätilojen hiukkaset ovat peräisin tupakansavusta, huonepölystä ruoanlaitosta sekä muista sisälähteistä. Sisätiloihin kulkeutuu hiukkasia myös ulkoilmasta. (Asumisterveysopas 2008)

Teolliset mineraalikuituja (man-made vitreous fibers: MMVF) ovat lasikuidut (lasivilla ja jatkuvat filamentti-lasikuidut), kivi- ja kuonavilla kuidut sekä keraamiset kuidut. Sisäilmassa yleisimmin esiintyy lasi- ja vuorivillakuituja, joiden yhteisnimitys on mineraalivillakuidut. Mineraalivillaa käytetään rakennuksen lämmön- sekä ääneneristyksessä. Kuituja saattaa irrota sisäilmaan jo materiaalin asennusvaiheessa. Kuidut eivät kuitenkaan pysy kauaa ilmassa, vaan laskeutuvat nopeasti pinnoille. Säännöllisellä siivouksella on enemmän vaikutusta kuitujen määrään kuin ilmastoinnilla. (Reijula ym. 2012)

Kuitujen esiintymistä huonetiloissa voidaan arvioida analysoimalla pinnoille kertynyttä pölylaskeumaa (Kovanen ym. 2006, Salonen 2009).

2.2.3 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC eli Volatile Organic Compounds) ovat esimerkiksi aromaattiset hiilivedyt, aldehydit, halogenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit (Asumisterveysopas 2008). VOC-yhdisteiden suurimpia päästölähteitä ovat rakennus- ja sisustusmateriaalit. Niitä voi kuitenkin päästä huoneilmaan myös esimerkiksi pesuaineista ja jopa mikrobikasvustosta. Rakennusmateriaaleista johtuvat päästöt voivat olla peräisin liuottimista, raaka-ainejäämistä tai valmistusprosessin reaktio- ja hajoamistuotteista (Hengitysliitto 2015).

Sisäilmasta on analysoitu useita eri VOC-yhdisteitä. Ne voidaan jaotella kiehumispisteen perusteella neljään ryhmään taulukon 1 mukaisesti. Kiehumispiste vaikuttaa yhdisteen haihtuvuuteen. Korkeampi kiehumispiste hidastaa yhdisteen haihtumista, joten alhaisen kiehumispisteen yhdisteet haihtuvat nopeammin materiaaleistaan. Yhdisteiden poistumista rakennuksesta voidaan nopeuttaa nostamalla sisälämpötilaa sekä tehostamalla ilmanvaihtoa. (Asumisterveysopas 2008)

Taulukko 1. VOC-yhdisteiden ryhmittely. (Asumisterveysopas 2008)

Ryhmän englanninkielinen 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

Useiden materiaalien VOC-päästöt kasvavat niiden kosteuden kasvaessa tai lämmitessä (Hengityслиitto 2015, Asumisterveysopas 2008). Kuivissa olosuhteissa useat materiaalit absorboivat epäpuhtauksia ja toimimaan epäpuhtauksien ns. toissijaisena lähteenä. VOC-yhdisteiden terveyshaitoista varsinkin pienillä pitoisuuksilla on vähän tietoa käytettävissä. (Asumisterveysopas 2008)

Materiaalien VOC-päästöjen kestot vaihtelevat. Lyhytkestoisia ovat mm. maalit ja lakat. Pitkäkestoisempi lähde voi olla esim. huonolaatuinen PVC-muovimatto, josta vapautuu pehmitin- lisä- ja apuaineita. Huoneilman pitoisuuteen vaikuttavat mm. rakennuksen ikä, liikenne, ilmanvaihto sekä läheinen teollisuus. Erityisen paljon VOC-päästöjä on vasta valmistuneissa rakennuksissa mutta puolen vuoden kuluessa päästöt yleensä normalisoituvat. (Hengityслиitto 2015)

Lähes kaikista rakennusmateriaaleista vapautuu VOC-yhdisteitä. Virheettömien materiaalien päästöt kuitenkin pienenevät merkittävästi ajan myötä. Noin puolet rakennuksen VOC-päästöistä aiheutuu rakennusmateriaaleista ja toinen puoli käyttäjän tarvikkeista kuten huonekaluista, tekstiileistä sekä pesuaineista (Valvira 2011). Suhteet tietenkin vaihtelevat käyttäjien tottumusten sekä rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Taulukossa 2 on esitetty yleisimpien VOC-yhdisteiden lähteitä.

Taulukko 2. Tyypillisimpiä VOC-kaasujen päästölähteitä (Salonen 2011)

Yhdisteyhmä Yleisimpiä yksittäisiä yhdisteitä	Esimerkkejä mahdollisista päästöistä
Aromaattiset hiilivedyt	
Tolueeni, ksyleenit ja trimetyylibentseenit	Maalit, liimat, pakokaasut, liuottimet, seinäpinnoitteet, polyuretaanit, puhdistusaineet, tietokoneet ja tulostimet
Bentseeni	Tupakointi, synteettiset kuidut, maalit, liimat, pakokaasu, liuottimet, puhdistusaineet, tietokoneet ja tulostimet
Etyylibentseeni	Pakokaasu, bensiini, tupakointi, eristeet, tulostimet, tietokoneet, kopiokoneet ja linoleum
Alkoholit	
1-Butanoli	Liuottimet, puhdistusaineet, maalit, liimat, tasoitteet, laastit, kosmetiikkatuotteet ja kuitulevyt
2-Etyyli-1-heksanoli	Muovimatot, liimat, tulostimet ja kopiokoneet
Fenoli	Liuottimet, puhdistusaineet, maalit, liimat, tasoitteet, laastit, tietokoneet, tupakointi ja PVC-laitteet
Alifaattiset hiilivedyt	
Dodekaani, nonaani, pentadekaani, tetradekaani ja undekaani	Maalit, liimat, bensiini, palamislähteet, tiivisteet, kopiokoneet, tietokoneet, linoleum ja kosmetiikkatuotteet
Heksadekaani ja tridekaani	Maalit, liimat, bensiini, palamislähteet, tiivisteet, kopiokoneet, linoleum kosmetiikka ja puun uuteaineet
Oktaani	Liimat, pakokaasut, liuottimet, polyuretaani, painetut puutuotteet, puhdistusaineet, kopiokoneet ja linoleum
Aldehydit	
Nonanaali, oktanaali ja pentanaali	Puutuotteet, lastulevy, tapetit, lattiavahat, hajusteet, linoleum, kostea mineraalivilla ja tietokoneet
Bentsaldehydi	Pakokaasut, lastu- ja kuitulevyt, värit, hajusteet, tietokoneet, kopiokoneet ja linoleum
2-Furfuraali	Tasoiteaineet, betoni, maalit, linoleum, PVC-matot, liimat, kuitulevyt ja mineraalivilla
Glykolit ja glykolieetterit	
1,2-Propanidioli	Vesiohenteiset maalit, PVC-matot, liimat, korkki, tasoitteet, vesieristeet, laastit, vahat ja pesuaineet
1-Metoksi-2-propanoli	Liimat, vesiohenteiset maalit ja lakat sekä pehmitinaineet
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	Puhdistusaineet, pesuaineet, maalit, värit, musteet ja kittausaineet
Terpeenit eli isoprenoidit	
3-Kareeni	Puu ja puupohjaiset materiaalit, hajusteet, maalit, liuottimet ja siivousaineet
Limoneeni, alfa-pineeni	Puu ja puupohjaiset materiaalit, hajusteet, maalit, liuottimet, siivousaineet, kosmetiikka ja tietokoneet
Piiyhdisteet	
Dekametyylisyklopentasiloksaani	Kosmetiikka, saumausaineet, kosteuseristeet, tekstiilien lianhylyntäpinnoitteet ja laastit
Orgaaniset hapot	
Heksaanihappo	Linoleum, hartsit, liuotinhenteiset maalit, puun uuteaineet ja lastulevy
Etikkahappo	Tiivistemassat, kittausaineet, linoleum ja liimat
Pentaanihappo	Linoleum, hartsit ja puun uuteaineet
Esterit	
2-(2-Butoksietoksi)etyyliasettaatti ja n-butyliasettaatti	Muovit, kuidut, maalit, lakat, liimat, kosmetiikka ja kittausaineet
TXIB	Muovimatot, lattialiimat, pehmitinaineet, tapetit, maalit ja keinoahkатуotteet

Formaldehydi on väritön kaasu, jolla on pistävän tukahduttava haju. (TTL 2015) Formaldehydiä vapautuu sisäilmaan yleensä liima-aineena käytetystä ureaformaldehydihartsista, joita on käytetty mm. lastulevyissä. Myös lakat, maalit, pinnoitteet ja kokolattiamatot saattavat sisältää formaldehydiä. (Asumisterveysopas 2008) Formaldehydipitoisuutta koottaa myös sisäilman lämpötila (Virta 2001).

2.2.4 Muita sisäilman epäpuhtauksia

Hiilidioksidia tuottaa hiilipitoisten yhdisteiden täydellinen palaminen. Sisäilman hiilidioksidi muodostuu lähes pelkästään hengityksestä ja sitä voidaankin pitää sisäilman ihmisestä peräisin olevien epäpuhtauksien indikaattorina. Korkea hiilidioksidipitoisuus viittaa tehottomaan ilmanvaihtoon. Liiallinen hiilidioksidi huoneessa saa sisäilman tuntumaan tunkkaiselta ja saattaa aiheuttaa päänsärkyä sekä väsymystä. (Asumisterveysopas 2008)

Hiilimonoksidi eli häkä syntyy hiilipitoisten yhdisteiden epätäydellisestä palamisesta. Häkäpitoisuuksia tulisi seurata jatkuvasti esimerkiksi infrapunasäteilyyn tai sähkökemialliseen kennoon perustuvilla mittareilla, jotka varoittavat ohjearvon ylityksestä. Terveystensuojalaki määrittää maksimaaliseksi häkäpitoisuudeksi 6,9ppm, joka vastaa 8 milligrammaa kuutiolle. (Asumisterveysopas 2008) Hiilimonoksidin muodostuminen ei kuitenkaan ole ongelma, jos rakennuksessa ei ole tulipesää tai esim. polttouunia. Omakotitaloissa suuret häkäpitoisuuden voivat koitua ongelmaksi ja ovat jopa hengen vaarallisia.

Styreenin esiintyminen liittyy usein polyesterihartsin eri komponenttien epätäydelliseen reagoimiseen. Styreenin tavanomaiset pitoisuudet eivät ole kovinkaan suuria, vain n. $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Styreenillä on tunnistettava pistävä haju, jonka pystyy aistimaan yli $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuuksilla. Suuremmilla (yli $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pitoisuuksilla styreeni voi aiheuttaa ärsytysoireita sekä hermoston toiminnan häiriöitä. (Asumisterveysopas 2008)

Sisäilman ammoniakki kuuluu epäorgaanisiin kaasumaisiin yhdisteisiin. Rakenteiden kostuminen edesauttaa ammoniakin syntymistä proteiinin hydrolyysin kautta (Virta 2001). Ammoniakkia vapautuu maaleista, lakoista, rakennusmateriaaleista, puhdistusaineista, eläimistä sekä rakennusmateriaaleista. Ammoniakin haju on helposti tunnistettava pistävä haju, sen hajukynnys kuitenkin vaihtelee suuresti aina $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$:sta $37000 \mu\text{g}/\text{m}^3$:iin (Virta 2001). Ammoniakin oireina ovat silmien sekä limakalvojen ärsytys. (Sisäilmayhdistys 2015)

2.3 Sisäilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

Tutkimuksissa on havaittu, että rakennusten kosteusvauriot aiheuttavat useita erilaisia terveyshaittoja, mutta haittojen syntymekanismia ei vielä täysin tunneta. Hajut sekä oireet voivat paljastavaa huonon sisäilman laadun. (Ympäristöministeriö 2013)

Terveydensuojelulain 1 §:ssä terveyshaitalla tarkoitetaan olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai sairauden oiretta. Terveyshaittana pidetään myös altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai oireiden ilmeneminen on mahdollista. Tällainen tilanne on esimerkiksi kun ihminen oleskelee tilassa, jossa hän voi altistua mikrobikasvustosta peräisin oleville soluille tai niiden aineenvaihduntatuotteille. Nykyläisen käsityksen mukaan terveyshaittaa ei yleensä synny, jos olosuhteet ovat ohjeiden mukaisia. (Asumisterveysopas 2008) Tosin ohjeistuksen puute sekä vähäinen tutkimustieto johtavat vaillinaisiin ohjeisiin, joten sisäilmassa voi olla ongelmia, vaikkei mitään tunnettua arvoa ylitetäkään.

2.3.1 Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet

Sisäilmassa on aina pieni määrä mikrobeja. Nämä tavanomaiset sisäilman mikrobit eivät kuitenkaan aiheuta terveyshaittoja. Haitallisia mikrobeja puolestaan syntyy kostuneissa rakenteissa, joista mikrobit siirtyvät sisäilmaan ja sitä kautta hengitykseen. (Asumisterveysopas 2008)

Rakennuksen mikrobikasvustolla tarkoitetaan pinnoilla tai rakenteissa olevaa home-, hiiva- tai bakteerikasvustoa, joka on silmännähtävää tai se on varmennettu mikrobiologisten analyysien avulla. Terveydensuojelulain tarkoittamana terveyshaittana voidaan pitää mikrobikasvustoa esim. asunnon sisäpinnalla, lämmöneristeissä, rakenteissa tai tiloissa, joista vuotoilmaa kulkeutuu sisäilmaan. (Asumisterveysopas 2008)

Oireita mahdollisesti aiheuttavia homelajeja ovat tietyt *Aspergillus* ja *Penicillium* lajit, jotka ovat tyypillisiä kosteusvauriorakennuksissa. Ne ovat allergisoivia sekä pystyvät tuottamaan toksineja. Tyypillisimmät sekä eniten tutkitut homeet ovat toksiinia tuottava *A. versicolor* sekä patogeeninen *Aspergillus fumigatus*, jonka tiedetään aiheuttavan helposti oireita allergiaan taipuvalle henkilölle (Reijula ym. 2012, Kurup ym 2000, Greenberger 2002) *Aspergillus fumigatus* tiedetään pystyvän allergian lisäksi aiheuttamaan erittäin hankalia sairastapauksia, jos sieni pääsee pesimään altistuneen henkilön keuhkoissa. (Reijula ym. 2012)

Penicillium pitoisuuksien on todettu korreloivan ärsytys ja astmaoireiden kanssa. Allergia- ja astmatapauksia on dokumentoitu sekä työ- että asuin ympäristön altistustilanteissa.

Penicillium voi aiheuttaa suoran infektion elimistössä mutta se on harvinainen ja liittyy yleensä potilaan alentuneeseen immuunipuolustukseen. (Putus 2014)

Aspergillus fumigatus aiheuttaa usein välitöntä IgE-välitteistä yliherkkyyttä ja allergiasairauksia. Kosteusvaurioaltistuksen vuoksi ammattitautitutkimukseen lähetetyistä 23 %:lla oli homeallergia ja useimmilla juuri *Aspergillus*-homeelle. Tutkimuksessa (Garret ym. 1998) *Aspergillus*-altistuksen on osoitettu olevan merkittävä astman riskitekijä. Sille altistuminen voi aiheuttaa suoran infektion elimistössä kasvamalla esimerkiksi keuhkoputkessa, poskiontelossa, luussa tai leikkaushaavassa (Rippon 1998). Vakavammat aspergillusinfektion muodot voivat aiheuttaa kuoleman hoidosta huolimatta. Yksittäisten itiöiden löytyminen limakalvolta ei kuitenkaan vielä tarkoita aspergilloosidiagnosia, vaan invasiiviseen sairauteen tarvitaan rihmaston löytyminen tai kasvuston osoittaminen kudospalasta. Myös Suomessa on ollut pienimuotoisia epidemioita kosteusvaurioituneissa sairaloissa. Eräät *Aspergillus*-lajikkeet tuottavat alfatoksiineja, jotka voivat aiheuttaa syöpää sekä tremorgeeneja, jotka puolestaan ovat hermomyrkköjä ja aiheuttavat mm. vapiinaa, lihasnykinää ja kouristelua. (Putus 2014)

Chaetomium on allergisoiva, mutta todennäköisimmin terveyshaitat ovat peräisin toksiinien vaikutuksesta. *Chaetomium* tuottaa erilaisia toksiineja. Toksiinit voivat olla karsinogeenisiä tai teratogeenisiä (epämuodostumia aiheuttava) ja lisäksi *Chaetomium* on toksinen mm. keuhkokudokselle (Ammann 2005). Sen toksiinit ovat hyvin lämpöstabieleja, joten niiden poistaminen tekstiileistä ja irtaimistosta on vaikeaa. Kosteusvauriorakenteet, joissa on todettu merkittävä *Chaetomium*-kasvusto, tulee purkaa Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön ohjeen mukaan. (Putus 2014)

Fusarium-suvun homeet ovat itsessään allergisoivia sekä tuottavat toksiineja. Homeet aiheuttavat mm. astmaa sekä mahdollisesti suoria infektioita mm. poskionteloissa ja ihossa. Koska niiden esiintyminen on harvinaista, niin niiden läsnäoloon huoneilmassa tulisi suhtautua erityisellä vakavuudella. (Putus 2014)

Stachybotrys chartarum on allergisoiva ja voi tuottaa useita eri toksiineja. Osa toksiineista voi aiheuttaa maksa-, munuais- ja hermo-, iho- ja keuhkovaurioita. Pahimmillaan

Stachybotrys-itiöiden korkea pitoisuus ilmassa on yhdistetty vakaviin verenvuotosairauksiin, joihin Clevenlandin tapauksessa (Etzel ym. 1998, Dearborn ym. 2002) kuoli useita vastasyntyneitä lapsia. (Putus 2014)

Aktinobakteerien terveyshaitoista on tiedetty jo 1800-luvulla. Silloin tiedettiin niiden voivan aiheuttaa infektioita eli tässä tapauksessa aktinomykoosia. Nykyään niiden tiedetään aiheuttavan homepölykeuhkoa eli alveoliittia. Niiden tiedetään myös aiheuttaneen vaskuliittia (verisuonitulehdusta). Aktinobakteerien soluvaurioita aiheuttava potentiaali on suuri moniin homeisiin verrattuna ja vaikutuksen on todettu kasvavan samanaikaisella altistumisella homesienille. Jotkin mikrobit pystyvät aiheuttamaan niin nopean solukuoleman keuhkoissa, ettei tulehdusta osoittavia välijättäjäaineita ehdi syntyään. Aktinobakteereilla on havaittu olevan erilaisia ominaisuuksia kasvualustasta riippuen. Esimerkiksi eräiden kipsilevyjen on osoitettu muuttavan aktinobakteereja siten, että niiden solujen haitallinen vaste voimistuu. (Putus 2014) Erityisen voimakkaita vasteita saatiin eräillä kierrätysmateriaalista valmistetuilla rakennuslevyillä kasvavilla mikrobeilla (Murttoniemi ym. 2003 ja 2005).

Mykotoksiinien terveyshaittoja sisäilmakohteessa on vaikea arvioida, koska kaikki potentiaalisesti toksiineja tuottavat mikrosienet eivät aina ole toksisia, vaan toksisuus riippuu kasvuolosuhteista, lämpötilasta, muista mikrobeista sekä kasvualustasta. Sama mikrobi voi olla toksinen laboratoriossa, muttei välttämättä rakennuksessa. (Putus 2014)

Mykotoksiineja luokitellaan usealla eri tavalla, mutta mikään niistä ei ole kattava tai selkeä. Eri mikrobit voivat tuottaa samaa toksiinia sekä yksi mikrobisuku voi tuottaa useita eri toksiineja. Yhdellä toksiinilla voi olla useita eri vaikutusmekanismeja. Altistuvan henkilön ominaisuudet, kuten ikä, ravinto, tupakointi, sairaudet ja lääkitys voivat vaikuttaa siihen miten mykotoksiinisairaus eli mykotoksikoosi ilmenee. Altistumisen voimakkuus ja kesto vaikuttavat myös mitä sairauksia altistuneilla ilmenee. Pitkä viive altistumisen ja esim. syövän puhkeamisen välillä vaikeuttaa syy-yhteyksien havaitsemista. (Putus 2014)

Kosteusvaurioituneista rakenteista vapautuvien MVOC-yhdisteiden merkitystä tilan käyttäjien oireiluun on arvioitu tutkimuksissa. Yhdisteiden on todettu aiheuttavan ärsytysoireita korkeilla pitoisuuksilla, joita ei yleensä sisäympäristössä esiinny (Reijula ym.

2012). Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että nykytiedon perusteella on todennäköistä etteivät MVOC-yhdisteet formaldehydiä lukuun ottamatta aiheuta käyttäjille oireita sisäympäristöolosuhteissa (Pasanen ym. 1998, Korpi 2001, Wolkoff ja Nielsen 2001).

2.3.2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi

VOC-yhdisteitä on satoja, mutta niiden terveysvaikutuksia ei tiedetä tarkasti. Jo yksittäinen yhdiste voi olla haitallinen (Hengitysliitto 2015). Yleisimpiä terveyshaittoja ovat silmien ja limakalvojen ärsytysoireet sekä päänsärky. VOC-yhdisteistä aiheutuvat epämiellyttävät hajut voivat vaikuttaa esim. työssä viihtyvyyteen.

Formaldehydistä aiheutuvia oireita ovat silmien ja ylähengitysteiden ärsytys. Formaldehydin hajukynnyksen pitoisuus on n. $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta sen ärsytyskynnyksen pitoisuus vaihtelee eri ihmisten välillä. Herkimmät kokevat ärsytysoireita jo $5\text{-}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuuksissa. Formaldehydin lisäksi sisäilmassa voi olla muita aldehydejä, mutta niiden ärsytyskynnys on n. 100 kertaa suurempi. (Asumisterveysopas 2008) Hengitysilman formaldehydipitoisuuden noustessa voi ilmaantua päänsärkyä, pahoinvointia ja väsymystä (Sisäilmayhdistys 2015).

2.3.3 Hiukkaset ja teolliset mineraalikuidut

Terveydelle erityisen haitallisia hiukkasia ovat pölyn seassa olevat orgaaniset yhdisteet sekä mineraalivillakuidut. Niiden aiheuttamat oireet ovat pääosin ärsytysoireita, joita voi aiheutua jo pelkästä ihokosketuksesta. (Asumisterveysopas 2008)

Pienhiukkasten (PM_{2.5}) oletetaan olevan haitallisimpia terveydelle niiden kulkeutuessa syvemmälle hengitysteihin. Ulkoilman pienhiukkasten on osoitettu lisäävän oireita mm. lasten ja astmaatikkojen keskuudessa sekä lisäävän jopa hengitys- ja sydänsairaiden kuolleisuutta. (Asumisterveysopas 2008)

Teolliset mineraalivillakuidut aiheuttavat rakennuksen käyttäjille silmä- ja ihoärsytysoireita. Sisäilmassa esiintyvien kuitujen raja-arvoja ei tulisi käyttää riskien arvioissa, koska

pinnoille laskeutuneiden kuitujen on osoitettu olevan merkittävämpiä oireiden aiheuttajina. Mineraalivillakuitujen ei kuitenkaan ole osoitettu aiheuttavan sairauksia tai allergiaa (Hengitysliitto 2015).

2.4 Sisäilmaongelman selvittäminen

2.4.1 Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi

Rakennusten sisäilmaongelmat ovat usein monitahoisia ja niiden selvittäminen vaatii moniammatillista yhteistyötä. Ongelmia aiheuttavat mm. kosteus ja homevauriot, ilmanvaihdon riittämättömyys ja epäkohdat (tunkkainen ilma ja veto), liian lämmin tai kylmä huoneilma, materiaalipäästöt, kuiva sisäilma sekä pöly ja lika (Salonen ym. 2014).

Sisäilmaston laatuun vaikuttavat lämmitys, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustöiden suorittaminen, käytetyt materiaalit sekä rakennuksen käyttö ja kunnossapito (RT 07-10946).

Sisäympäristö-ongelmia selvitetessä sisäilmastoa ja -ympäristöä tehdessä tulisi ympäristöä tarkastella kokonaisuutena (ABC-malli) (Lappalainen ym. 2009, Salonen ym. 2014, Työterveyslaitos 2015). Siihen kuuluvat

- A) Rakennus- ja talotekniset tekijä sekä sisäilmasto-olosuhteet
- B) Tilojen käyttäjien terveydentila ja kokemukset
- C) Sisäympäristöön liittyvät toimintatavat

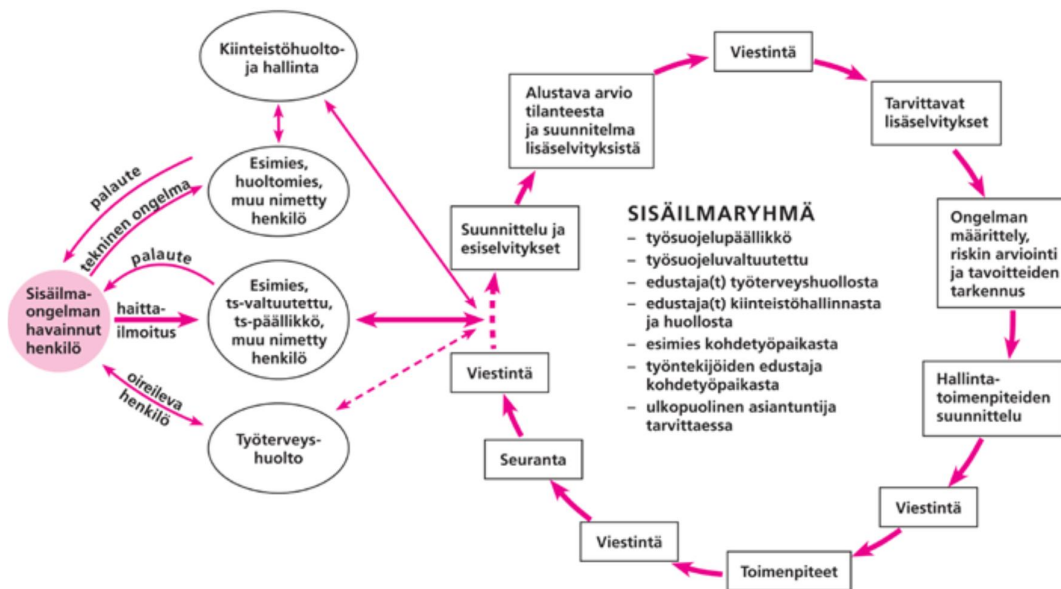
Rakennusteknisten selvitysten lisäksi tulisi ottaa huomioon käyttäjien raportoinnit, joskaan käyttäjien arvio rakennuksen kunnosta ei ole yhtä luotettava kuin ammattilaisen. Se perustuu vain aistinvaraisiin arvioihin, mutta voi olla suuntaa antava.

Työterveyslaitoksen työryhmä (Lahtinen ym 2008) on kehittänyt toimintamallin sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi. Toimintamalli on esitetty kuvassa 1. Toimintamalli sisäilmaongelmien ratkaisulle perustuu moniammatillisen sisäilmaryhmän toiminnalle. Toimintamalli keskittyy jo olemassa oleviin ongelmiin, mutta mallissa on mukana myös ennaltaehkäisevää toimintaa. Etukäteinen valmistautuminen ongelmatilanteisiin helpottaa niiden ratkaisua.

Sisäilmaryhmään kutsutaan edustaja jokaisesta rakennuksen käyttäjäryhmästä. Ryhmään kuuluu tavallisesti sekä työnantajan että työntekijöiden edustaja. Lisäksi ryhmään tulisi sisällyttää työsuojelun ja työterveyshuollon edustajat. Tarvittaessa sisäilmaryhmän kokouksiin kutsutaan asiantuntijoita kuultavaksi. (Salonen ym. 2014)

Organisaatioilla, jotka omistavat useita kiinteistöjä, voi olla pysyvä keskitetty sisäilmaryhmä, joka hoitaa sisäilmaongelmien koordinoinnin. Sen lisäksi voidaan perustaa erillinen työryhmä erillisille ongelmakohteille tarvittaessa. Kokemusten perusteella on huomattu, että työryhmän tehokkuus paranee huomattavasti, jos perustettu työryhmä on pysyvä. Ryhmän pysyvyys parantaa myöskin valmiutta toimia ennaltaehkäisevästi sisäilmaongelmia vastaan. (Salonen ym. 2014)

Kuva 1. Toimintamalli sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi (Lahtinen ym. 2008)



2.4.2 Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää kosteus- ja homevaurioiden syyt. Tutkimuksessa tulee syyt ja laajuus selvittää riittävällä varmuudella. Tutkimus- ja mittaustulosten perusteella pystytään esittämään vaihtoehtoiset korjaustavat. Kuntotutkimuksen lähtökohtana on usein jokin seuraavista:

- tunnettu äkillinen kosteusrasitus, esim. putkivuoto
- tiedossa oleva kosteus- tai homevaurio
- mikrobitutkimuksen tulokset

- yleinen epäily, haju tai oireet
- ennakoiva selvitys

(Ympäristöopas 1997)

Määritykset tehdään soveltuvin osin Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen ja ympäristöministeriön Ympäristöoppaan nro 28, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimuksen mukaisesti.

Kosteus- ja homevaurioita selvitettäessä olisi käyttäjien terveyden kannalta tärkeää määrittellä merkittävä kosteus- ja homevaurio. Reijulan ym (2012) mukaan merkittävä kosteus- ja homevaurio on vähäistä laajempi rakenteellinen vika, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille epäpuhtauksille on todennäköistä, ja jonka perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi.

Homekoiran käyttö perustuu koiran hyvään hajuaistiin. Koirat voivat hyvällä koulutuksella haistaa tietyt homeet ja lahottajasisienet rakennusmateriaaleissa. Työterveyslaitos ei kuitenkaan suosittele koiran käyttöä ensisijaiseksi menetelmäksi homevaurioiden tutkimisessa. Koiran ilmaisu homeen läsnäolosta ei aina pidä paikkaansa. Se voi haistaa esim. maaperästä johtuvia hajuja. Ne eivät välttämättä kerro materiaalien huonosta laadusta, mutta voivat vaikuttaa sisäilman laatuun. Koiran osoittamat ilmaisut vaativat aina lisäselvityksiä, jotta voidaan saada selvyys rakenteiden kunnosta. (Salonen ym. 2014)

2.4.3 Rakennustekniset tutkimukset

Rakennustekniset tutkimukset kohdistetaan taustatutkimusten perusteella tiettyihin rakenteisiin. Taustatietoja ovat esimerkiksi riskirakenne kartoitus, rakennetyyppikuvaukset sekä aistinvaraiset arviot. Rakenteista selvitetään niiden rakennusfysikaalista toimivuutta, niiden kuntoa sekä niiden vaikutusta sisäilman laatuun. Tutkimusten avulla määritetään vaurioiden laajuus ja löytämään niiden syyt sekä vauriomekanismit. Tarpeen on myös selvittää vaurioituneiden rakenteiden ilmayhteys tiloihin, joissa on käyttäjiä. Tarvittaessa tehdään rakenneavauksia, joiden avulla pystytään selvittämään rakennekerroksien kosteusteknistä toimivuutta sekä huomataan näkyvät vauriokohdat. Avausten yhteydessä pystytään myös tekemään kosteusmittauksia sekä ottamaan materiaalinäyteitä ja tehdä

niille mikrobiologisia tutkimuksia. Rakenteiden tiiveyden selvittämisen avulla voidaan arvioida rakenteen vaurioin vaikutusta sisäilman laatuun. (Salonen ym. 2014)

2.4.4 Käyttäjien oireiden tutkimukset

Sisäilmaongelma tulee usein esiin joko käyttäjän epäillessä oireidensa johtuvan huonosta sisäilman laadusta tai lääkärin epäilystä potilaan esitetöjen ja kliinisen tutkimuksen perusteella. Työterveyshuollon tulisi selvittää onko työpaikalla todettu sisäilmanlaatua heikentäviä tekijöitä, jotka voisivat liittyä oireisiin. Suunnattu työpaikkaselvitys voi olla tarpeellinen. Työterveyshuollon tehtäviin kuuluu myös todettujen haittojen terveydellisen merkityksen arviointi. Tätä tehdessään lääkrillä tulee kuitenkin olla käytössään sisäilma-asiantuntijan rakennustekninen arviointi. Jos raportista selviää työpaikalla olevan home- ja kosteusvaurio sekä työntekijä on mahdollisesti sille altistunut, voidaan edellyttää vaurioiden korjaamista. Potilaan oirekuvauksen perusteella ei kuitenkaan pelkästään voida tietää onko rakennuksessa home- ja kosteusvauriota tai muuta sisäilmaongelmaa. (Salonen ym. 2014)

Ammattitautitutkimukset tehdään, jos on syytä epäillä, että jokin työssä oleva tekijä on sairauden pääasiallinen tekijä. Tapaturma- ja ammattitautilainsäädännössä määritetään, että em. tapauksessa sairaus korvataan ammattitautina. Tämä edellyttää kuitenkin kaksiportaista syysuhteen osoittamista. Ensinnäkin pitää osoittaa, että työpaikalla on tekijä, joka yleisellä tasolla voi aiheuttaa sairauden. Sen lisäksi tulee osoittaa, että kyseisessä tapauksessa juuri tämä tekijä on sairauden aiheuttanut. (Salonen ym. 2014)

2.4.4.1 Majvik II-suositus

Majvik II -suositus on sisäilma-asiantuntijoiden yhteinen kannanotto sisäilmapotilaiden tunnistamisesta, tutkimisesta ja hoidosta. Sen luomiseen on osallistunut lähes 40 asiantuntijaa. Suosituksen mukaan rakennusten kosteusvaurio johtaa mikrobiongelmiin. Keskeisimpiä altisteita ovat kosteusvauriomikrobit. Muita altisteita ovat punkit, varastopunkit, eristevillakuidut, kemikaalit, toksiinit, asbesti, riittämätön ilmanvaihto, lämpöolosuhteet, veto jne.

Majvik II -suosituksessa on listattu kosteusvaurioon viittaavia seikkoja, kosteusvaurio-mikrobien altistukseen viittaavia asioita sekä hyödyllisiä asukkaille esiteltäviä kysymyksiä kosteusvauriota epäiltäessä. Taulukkoon 3 on kerätty Putuksen (2014) listaamat seikat.

Taulukko 3. Majvik II -suosituksen ohjeita

Kosteusvaurioon viittaavat seikat
<ul style="list-style-type: none"> Näkyvät vauriot: mikrobikasvusto, kosteusläikät, pintamateriaalin turpoaminen, tummentumat, pintojen irtoaminen, runsas kalkkihärmä
<ul style="list-style-type: none"> Vedeneristyksen näkyvät vuotokohdat (auenneet saumat, epätiivit läpiviennit), lattiapäällysteiden irtoaminen ja saumojen hammastaminen
<ul style="list-style-type: none"> Tunkkaisuus, poikkeavat hajut, maakellarin tai homeen haju
<ul style="list-style-type: none"> Kosteuden tiivistyminen ikkunoihin tai muille pinnoille
<ul style="list-style-type: none"> Vesimittarin pyöriminen, vaikka kulutusta ei ole, lämmitysjärjestelmään joutuu lisäämään vettä
<ul style="list-style-type: none"> Ihmisten oireilu, joka häviää tai lievenee muualla tai on muutoin liitettävissä rakennukseen
Kosteusvauriomikrobien altistukseen viittaavat seikat
<ul style="list-style-type: none"> Ärsytysoireet: nenän tukkoisuus, nuha, limaneritys, pitkittynyt yskä, yöyskä, nielun ärsytys, hengenahdistus, hengityksen vinkuna, silmäoireet, käheys, silmien sidekalvon oireet
<ul style="list-style-type: none"> Hengitystieoireet
<ul style="list-style-type: none"> Yleisoireet: väsymys, päänsärky, lämpöily, kuume, pahoinvointi, nivelsärky, lihassärky
Hyödyllisiä asukkaille esitettäviä kysymyksiä kosteusvauriota epäiltäessä.
<ul style="list-style-type: none"> Oireanneesi (=esitiedot) ja altistumistiedot: oireet, yleisoireet, toistuvat infektiot ja niiden paranemisnopeus
<ul style="list-style-type: none"> Aikaisemmin todetut infektiot ja atopiat
<ul style="list-style-type: none"> Tupakointi, muut altisteet työssä ja kotona
<ul style="list-style-type: none"> Oireiden alkamisajankohta, ajallinen yhteys kosteusvaurioon
<ul style="list-style-type: none"> Oireiden muutokset lomien ja matkojen aikana
<ul style="list-style-type: none"> Oireet muissa rakennuksissa, joissa kosteusvaurioita
<ul style="list-style-type: none"> Muiden oireet samassa ympäristössä, työpaikalla jne.
<ul style="list-style-type: none"> Pahenevatko oireet työssä, minä viikonpäivänä pahimmat oireet, muutokset oireiden vakavuudessa ja laadussa ajan myötä

<ul style="list-style-type: none"> · Liittyvätkö oireet tiettyyn työpisteeseen, työvaiheeseen
<ul style="list-style-type: none"> · Valittavatko muut työtoverit samassa työssä tai työpisteessä samanlaisista oireista
<ul style="list-style-type: none"> · Potilaan oma käsitys oireiden syistä, tarvittaessa kyselylomaketta käyttämällä
<ul style="list-style-type: none"> · Vaikutus toimintakykyyn, lääkkeiden tarve

2.4.4.2 Oirekysely Örebro

Sisäilmastokyselyt ovat käyttäjäkyselyitä tarkempia kyselyjä, joilla selvitetään sisäilmasto-oloja sekä käyttäjillä esiintyviä oireita. Örebro-kysely on oirekyselyistä tavallisin. Kysely tulisi tehdä vähintään kymmenelle henkilölle sekä se tulisi tehdä kaikille tilan käyttäjille tai satunnaisotoksena. (Sisäilmayhdistys 2015)

Örebro-kyselyn tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon olosuhdekokemusten suuri hajonta. Tavanomaisessakin työympäristössä 20-30% työntekijöistä raportoi toistuvista sisäilmaston haitoista. Viikottaisista oireista raportoi vajaat 20%. Näistä syistä sisäilma haitallisuuden rajaksi on osoittautunut yli 20 %:nen oireilun raportointi. Joissakin oireissa raja on kuitenkin liian korkea. (Sisäilmayhdistys 2015)

Örebro-kysely eli MM-40 -lomake on kehitetty vain sisäilmaongelmiin eikä sitä tulisi käyttää sellaisissa yhteyksissä, missä esiintyy tuotannollisia päästöjä. MM-40 -lomake koostuu seuraavista osista:

- Henkilötiedot
- Taustatiedot
- Työympäristön haittatekijät
 - Veto
 - Lämpötila
 - Ilman laatu
 - Muut tekijät
- Työjärjestelyt
- Aikaisemmat sairaudet
- Sisäilmaan liittyvät oireet
 - Yleisoireet
 - Limakalvo-oireet
 - Iho-oireet
- Lisätietoja

(Sisäilmayhdistys 2015)

2.4.5 Kemiallisten epäpuhtauksien mittaaminen

Sisäilman kemiallisten epäpuhtauksien mittauksia käytetään terveys- ja hajuhaittojen, sairauksien tai oireilujen syiden selvittämiseen. Ennen mittaamista tulisi selvittää sisäilmassa esiintyvät yhdisteet materiaaliselvitysten sekä hajuhavaintojen avulla. Lisäksi tulisi tutkia huoneen ulkoiset ja sisäiset olosuhteet mm. ilmanvaihto ja käytetyt kemikaalit. Yhdisteiden mittaamisessa tulee aina käyttää standardisoituja menetelmiä, jos sellainen on olemassa. Muissa tapauksissa voidaan käyttää luotettavaksi todettuja menetelmiä. Huoneessa tulisi olla mittaushetkellä mahdollisimman tavanomaiset olosuhteet, jotta arvot edustaisivat käyttötilannetta. (Asumisterveysopas 2008)

Ilmanäyte kerätään tutkittavan huoneen keskeltä n. 1,1m korkeudesta. Se otetaan huoneesta, joka parhaiten edustaa tutkittavan epäpuhtauden esiintymistä. Vertailunäyte tulisi aina ottaa mahdollisuuksien mukaan vastaavanlaisesta tilasta eli esimerkiksi saman rakennuksen saman käyttötarkoituksen tilasta, jossa epäpuhtautta ei tiedettävästi ole. Jos ulkoilman epäillään kulkeutuvan sisäilmaan, tulisi ottaa myös ulkoilmanäyte. Mittausajat ja keräimet ovat yhdistekohtaisia. Käytettyjen pumppujen ja mittalaitteiden tulee aina olla kalibroituja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ilmavirrat tarkistetaan saippuakuplakalibraattorin, rotametrin tai kuivakaasumittarin avulla. Huomioon tulee ottaa kaikki huoneen olosuhteet mittaushetkellä sekä mittauksiin mahdollisesti vaikuttavat epäpuhtauslähteet. (Asumisterveysopas 2008)

Erotusmenetelmässä ilmanäyte voidaan kerätä käyttäen aktiivista tai passiivista menetelmää. Aktiivinen menetelmä kestää minuuteista tunteihin ja passiivinen tunneista vuorokausiin. Yleisimmässä keräysmenetelmässä käytetään Tenax TA adsorbenttia. Sillä on laaja keräysalue, se kestää kosteutta ja kerätyt yhdisteet voidaan siirtää kaasukromatografiin (GC) (Saarela 1998). On otettava huomioon, että kukin adsorbentti antaa tulokseksi vain oman keräysalueensa TVOC-pitoisuuden. Usein ongelmana ovat pienimolekyyliset yhdisteet, jotka jäävät keräysalueen ulkopuolelle. Näiden tunnistamiseen voidaan joissakin tapauksissa käyttää Tenax GR adsorbenttia tai aistinvaraista arviointia. Kaikkiin yhdisteisiin nämä menetelmät eivät kuitenkaan sovellu, niitä ovat mm. formaldehydi, asetaldehydi, etikkahappo, amiinit, β -glukaani, jotkin aromaattiset hiilivedyt ja monet biosidit. (Virta 2001)

VOC-yhdisteiden määrittäminen tulisi tehdä käyttäen ISO/DIS 16000-6 ja ISO 16017-2:2003 standardeja. Suoraan luettavissa VOC-mittareissa on ongelmana korkea havaitsemisraja. VOC-yhdisteistä voidaan kerätä ilmasta joko lyhytaikaista tai pitkäaikaista menetelmää käyttäen. Pitkäaikainen näytteenotto voi kestää jopa useita viikkoja. Näyte kerätään passiivimenetelmällä. Uusintänäyte pienentää olosuhdemuutosten aiheuttamaa virhettä. (Asumisterveysopas 2008)

VOC-yhdisteiden mittaukset sekä hajujen aistinvaraiset arvioinnit eivät korreloi keskenään, minkä takia hajupaneeleja suositellaan käytettäväksi (Virta 2001). Kaasumaisia emissioita voidaan kasvattaa hetkellisesti nostamalla lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Mittauksia tehdään silloin kun haitta-aineeksi epäillään tiettyä yhdistettä tai lähdettä. Mittauksissa etsitään usein indikaattoriyhdisteitä, joiden läsnäolo viittaa kosteusvaurioon.

TVOC-pitoisuuden määrittäminen ei ole riittävä sisäilman laatua arvioitaessa, koska eri VOC-yhdisteitä on niin paljon eikä TVOC-mittauksessa saada tietoa yhdisteiden määrien suhteista tai ylipäättäen mitään tietoa yksittäisistä yhdisteistä. Kohonnut TVOC-pitoisuus (yli $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kuitenkin indikoi kemiallisten aineiden epätavallisen suuresta määrästä, jolloin lisäselvityksiä tarvitaan. (Virta 2001) Rakennusmääräyskokoelmassa (RakMK-21503 2011) ei TVOC-pitoisuuksille anneta määrättyjä ylärajoja. Sisäilmaluokitus (2008) antaa ohjearvon ainoastaan materiaalien TVOC-emissioille, joka ei materiaaliluokassa M1 saa ylittää $0,2 \text{ mg}/\text{m}^2\text{h}$.

VOC-yhdisteiden mittaukset suoritetaan suoraan luettavilla instrumenteilla tai erotusmenetelmällä. Suoraan luettavia instrumentteja ovat mm. liekki-ionisaatiotektori (FID), foto-ionisaatiotektori (PID) ja foto-akustinen tektori (PAS). Laitteiden käyttö on helppoa ja mittaukset voidaan suorittaa 24h mittauksilla. Haittana on, että laitteet antavat tiedon vain TVOC-pitoisuudelle sekä korkea määrittäysraja, joka vaihtelee välillä $50\text{-}300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suoraan luettavilla laitteilla havaitaan vain pahimmat ongelmat. (Virta 2001)

Styreenipitoisuuden mittausta suositellaan kun ilmassa on styreenille tyypillistä pistävää hajua. Styreenin pitoisuuden tutkimus voidaan suorittaa aktiivihiiplitukella, johon kerätään n. 100-200 litran ilmanäyte. Näyte uutetaan rikkihiileen ja analysointi tapahtuu kaa-

sukromatografilla. Ilmaisimena käytetään liekki-ionisaatiodektektoria. Laite ei toimi pienemmillä pitoisuuksilla kuin 0,5 mikrogrammaa kuutiossa. Styreenin pitoisuutta voidaan mitata myös Tenax adsorbentilla, TVOC-mittausten yhteydessä. Styreeniä on mahdollista mitata myös epätarkemmilla menetelmillä suoraan kohteessa, mutta terveydensuojeluviranomaiset eivät hyväksy näiden laitteiden tuloksia. (Asumisterveysopas 2008)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpideraja on $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sekä jokaisen yksittäisen VOC-yhdisteen toimenpideraja on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sen lisäksi muutamilla yhdisteillä on taulukossa 4 määritellyt toimenpiderajat. (Asumisterveysasetus 2015)

Taulukko 4. Eräiden VOC-yhdisteiden toimenpiderajat. (Asumisterveysasetus 2015)

Yhdiste	Toimenpideraja
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidiodi di-isobutyyraatti (TBIX)	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Naftaleeni	ei saa esiintyä hajua, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Styreeni	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Formaldehydin mittaus tehdään nestekromatografisesti tai kromatopihappomenelmällä. Passiivikeräintä käytettäessä keräysaika on 2-24 tuntia. Formaldehydimittausten ilmaisinputkena käytetään indikaattoria, jonka värjäntyminen on verrannollinen formaldehydipitoisuuteen. (Virta 2001) Rakennusmääräyskokoelma (RakMK-21503 2011) sekä asumisterveysasetus (2015) määrää formaldehydin maksimiohjearvoksi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Asumisterveysasetuksessa lisäksi määrätään, ettei formaldehydipitoisuuden lyhytaikaisen (30min) mittauksen keskiarvo saa nousta yli $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Toisaalta toimistorakennuksissa yli $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pidetään kohonneena arvona, mikä viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin (Salonen 2009). Sisäilmastoluokitus (2008) määrittää vain luokan M1 päästöarvon, joka on $0,05 \text{ mg}/\text{m}^2\text{h}$.

Ammoniakin pitoisuus huoneilmassa mitataan ioniselektiivisellä elektrodilla tai fotometrisesti. Näytettä ottaessa ilma kuplitetaan rikkihappoliuokseen. Näytteenotto kestää kahdeksan tuntia ja ilman tilavuusvirta on noin yksi litra minuutissa. Näyte toimitetaan laboratorioon, jossa se analysoidaan. (Virta 2001) Ammoniakin pitoisuuden ohjearvo sisäilmassa on $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RakMK-21503 2011). Sisäilmaluokitus (2008) puolestaan antaa materiaaleille luokan M1 päästörajaksi $0,03 \text{ mg}/\text{m}^2\text{h}$.

Hiilimonoksidin pitoisuuden määrittäminen voidaan toteuttaa sähkökemiallisen kennon tai infrapuna-analysaattorin avulla. Hiilimonoksidin osalta ilmanvaihtolaitteet ja päästölähde on asetettu siten, että saavutetaan maksimipitoisuus. (Virta 2001) Suorilla ilmaisinputkilla päästään 25% tarkkuuteen (Ruotsalainen ym. 1997). Rakennusmääräyskokoelman (RakMK-21503 2011) maksimi ohjearvo hiilimonoksidin pitoisuudelle on $8 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Hiilidioksidi-pitoisuuksia suositellaan seurattavan usean tunnin tai vuorokauden ajan jatkuvatoimisilla sekä rekisteröivillä laitteilla, jotka perustuvat esimerkiksi infrapunasäteilyn absorptioon (SFS 5412) tai sähkökemialliseen kennoon (Asumisterveysopas 2008). Ennen mittausta ihmisten tulee olla asunnossa riittävän pitkään (tunteja) sekä ikkunatuuletusta ei saa tehdä. Pitoisuuksien tasapainottuminen huoneessa jonka ilmanvaihtuvuus on 0,3 litraa tunnissa tasapainottuminen voi viedä jopa 6 tuntia. Jos hiilidioksidin pitoisuus nousee edes hetkellisesti yli 1500 ppm:n, voidaan todeta huoneessa olevan riittämätön ilmanvaihto (Ruotsalainen ym. 1997). Teollisten työpaikkojen hiilidioksidipitoisuuden terveyshaitan raja-arvona pidetään 5000 ppm (Ruotsalainen ym. 1997). Kun ilmanvaihto on riittävä, pitoisuuden pitäisi olla alle 500 ppm (Virta 2001). Sisäilmastoluokituksen mukaan luokan S1 raja-arvo on 750 ppm. (Sisäilmaluokitus 2008)

2.4.6 Hiukkasten ja teollisten kuitujen mittaaminen

Sisäilman hiukkasten määrää pystytään mittaamaan usealla eri tavalla. Kannettavat ja helposti käytettävät laitteet mittaavat lyhyessä ajassa hiukkasten eri ominaisuuksia. Aerosolispektrometrillä mitataan hiukkasten kokonaisjakaumaa ja kokonaislukumäärää CPC-laitteistolla. Massakokojakaumaa voidaan tutkia esim. impaktorimenetelmällä (Pekkanen ja Timonen 2001). Pölynäytettä voidaan tarkastella myös pyyhkäisyelektronimikroskooppilla jolloin voidaan tehdä päätelmiä hiukkasten alkuperästä muodon perusteella. (Virta

2001) Pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuus sisäilmassa 24h keskiarvona ei saa ylittää 25 µg/m³ (Asumisterveysasetus 2015).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuus mitataan EN12341-standardin mukaisesti. Keräämisessä käytetään syklonia esierottimena ja hiukkaset kerääntyvän suodattimelle, joka on valittu käyttötarkoituksen mukaisesti. Näytteen kerääminen kestää yleensä 18-24 tuntia ja ilmavirran tulee olla 4-20 litraa minuutissa. Punnitus tapahtuu mikrova'alla ja sen yhteydessä tulee käyttää varauksenpoistinta tarkan mittaustuloksen saamiseksi. (Asumisterveysopas 2008) Sisäilmastoluokituksen (2008) mukaan hengitettävien hiukasten (PM₁₀) pitoisuus sisäilmassa ei saa nousta 24h keskiarvona yli 50 µg/m³ (Asumisterveysasetus 2015).

Kokonaisleijumaa arvioidaan SFS 3860 (Työpaikan ilman pölypitoisuuden mittaaminen suodatinmenetelmällä) mukaisesti. Näytteet kerätään selluloosa-asettaattisuodattimelle, jotka punnitaan ennen näytteenottoa sekä sen jälkeen. Tuloksen luotettavuuden varmistamiseksi kerätyn ilman tilavuuden tulee olla useita kuutiometrejä. (Asumisterveysopas 2008)

Pinnoille kerääntyvää pölyä voidaan mitata imuroimalla määrätyn kokoinen alue ja määrittämällä sen massa. Näytteestä voidaan määrittää epäorgaaninen ja orgaaninen materiaali tai mineraalivillakuidut. Punnitsemalla imuroitu aine saadaan pölyn massa, josta voidaan laskea pölyn määrää mittaava suure. Mineraalivillakuitujen määrää mitataan laskeumamittauksen perusteella. Mittauksessa tilaan asetetaan pinta-alaltaan tunnettu malja, joka päällystetään tarttuvalla materiaalilla, kuten vaseliinilla. Näytettä kerätään 7 vuorokautta, jonka jälkeen kuitujen määrä lasketaan optisella vaihesiirtomikroskoopilla. Tulos ilmoitetaan kuitujen määränä pinta-alayksikköä ja aikaa kohden, (yleensä kuitua / cm²). (Asumisterveysopas 2008) Teollisten mineraalivillakuitujen toimenpideraja on 0,2 kuitua/cm³ (Asumisterveysasetus 2015)

2.4.7 Mikrobiologiset tutkimukset

Mikrobiologisilla menetelmillä todetaan ja paikannetaan mahdollinen epätavanomainen mikrobikasvusto. Mikrobiologiset menetelmät edellyttävät laboratorio analyysjä ja niillä

voidaan suoraan osoittaa, onko tutkittava rakenne homehtunut sekä onko rakenteessa ollut haitallista määrää kosteutta. Mikrobinäytteiden oton ja analysoinnin tulee perustua laboratorion omaan laadunvarmistusjärjestelmään (Asumisterveysopas 2009) Mikrobinäytteitä ei tarvitse ottaa, jos kosteusvaurio on ilmeinen. Tällöin korjausprosessi kannattaa aloittaa välittömästi (Ympäristöopas 1997).

Kasvatusmenetelmissä näytteet homesienistä tai bakteereista voidaan kerätä ilmasta, pinnoista tai materiaaleista. Menetelmän avulla voidaan määrittää niiden pitoisuus ja lajisto. Bakteerien kasvatus kestää muutamasta vuorokaudesta kahteen viikkoon ja sienten kasvatus 7 vuorokautta. Kasvatusalusta, kasvatusolot, mikrobikasvuston aktiivisuus sekä näytteenottohetken olosuhteet vaikuttavat kasvatus tulokseen. Kasvatusmenetelmän käyttö kuivuneilla kasvustoilla on epävarmaa. (Virta 2001)

Suorassa itiölaskentamenetelmässä näytteet mikroskopoidaan valomikroskoopilla, pyyhkäisyelektronimikroskoopilla tai epifluorenssimikroskoopilla. Menetelmällä tarkastellaan yleensä aktinobakteereita. Menetelmän etuna on nopea tulosten saatavuus ja se on käyttökelpoinen myös kuivuneiden kasvustojen kohdalla, joskaan sen avulla ei pystytä erottamaan elävää kasvustoa kuolleesta. Sisäilmatutkimuksessa menetelmän käyttöä rajoittaa ohjeiden ja standardien puuttuminen sekä vertailuaineiston huono saatavuus (Pasanen 1999). Menetelmän määrittämisraajatkin ovat korkeita, joten sen käyttö sisäilmakohdeissa on haastavaa. Menetelmän käyttäminen vaatiikin runsasta kokemusta ja ammattitaitoa. (Virta 2001)

Impaktorinäytteenotossa suositeltava keräin on 2- tai 6-vaiheimpaktori. Muitakin keräysmenetelmiä, joissa ilmanäytteen tilavuus tunnetaan, voidaan käyttää. Impaktorin näytteet kulkeutuvat siivilöiden läpi petrimaljoille. Esim. Andersen 6-vaiheimpaktoria käytettäessä tilavuusvirta on 28,3 l / min ja maljan halkaisija on 9 cm ja tilavuus 25 ml. Näytteenottoaika on noin 10 minuuttia ja näyte otetaan 1-1,5m korkeudelta. Näytteenoton jälkeen maljat ja olosuhteet merkitään pöytäkirjaan ja näytteet toimitetaan laboratorioon. Merkittävyyttä osoittavia olosuhteita on mm. säätila, henkilöiden ja eläinten lukumäärä ja mittauksen aikana tehdyt toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa tulokseen. (Asumisterveysopas 2008)

Asumisterveysasetuksen (2015) mukaan toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvustoa rakennuksen sisäpinnalla., sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa maaperän tai ulkoilman kanssa.

Toksiinimääritykset mittaavat sienten tai bakteerien aineenvaihduntatuotteiden ja soluseinäarakenteiden myrkyllisiä yhdisteitä mm. mykotoksiineja sekä endo- ja eksotoksiineja (Virta 2001). Kosteusvauriorakennuksissakin sisäilman toksiinipitoisuudet ovat niin alhaisia, että niiden mittaaminen suoraan sisäilmasta on erittäin työlästä ja kallista. Niiden pitoisuutta voidaan arvioida teoreettisin keinoin huonepölyn ja homeitiöt puolestaan toksiinipitoisuuden perusteella. Kosteusvaurioituneessa rakennuksessa pitoisuuden arvioidaan olevan jopa 10 ng/m^3 . Koneellisesti ilmastoidussa toimistoympäristössä pitoisuudet ovat yleensä alle $0,1 \text{ ng/m}^3$ (Reijula ym. 2012).

MVOCien määrityksessä on paljon ongelmia. Puuttuvat standardit sekä ohjeet hankaloittavat menetelmän käyttöä (Pasanen 1999,2001). Ongelmana on myös se, että VOC-yhdisteiden mikrobiologista lähdettä ei aina pystytä varmistamaan, koska mm. rakennusmateriaalien päästöissä on samoja yhdisteitä. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta MVOC-yhdisteiden esiintyvyyttä sisäilmassa ei ole onnistuttu yhdistämään kosteus- ja homevaurioihin. (Salonen 2014)

2.5 Sisäilmaongelmat ja epäpuhtauksien esiintyminen sairaalaympäristössä

2.5.1 Yleisimmät sairaaloiden sisäilmaongelmat ja niiden syyt

Suurin osa Suomen keskussairaaloista on rakennettu 1950-1970 luvulla. Tuon ajan ilmanvaihto ei vastaa nykyajan vaatimuksia. Lisäksi suunnittelun, rakentamisen sekä käytön virheet ovat johtaneet merkittäviin kosteusvaurioihin osissa sairaaloista. Näihin kosteusvaurioihin liittyy usein myös merkittävä homeongelma. (Reijula 2005)

Reijulan (2005) mukaan sairaaloiden sisäilmaongelmat johtuvat usein kosteus- ja homevauriosta. Usein myös sairaalarakennusten ilmanvaihtokanavista vapautuu teollisia mineraalivillakuituja, jotka vaikuttavat osaltaan sisäilman laatuun. Sairaaloiden korjaustarve voidaan luokitella kolmeen luokkaan:

- Luokka 1 – Ei korjaustarvetta.
- Luokka 2 – Lisäselvitystarve
- Luokka 3 – Välitön korjaustarve

Reijulan (2005) tutkimuksessa välittömän korjaustarpeen yleisin syy oli ongelmat kosteissa tiloissa. Ongelmia esiintyi 80%:ssa sairaalassa tutkituista tiloista. Ongelma johtui vanhanaikaisesta vesieristyksestä, joka oli toteutettu lasikuitulaminaatilla.

Muita tutkimuksessa useasti esiintyneitä syitä olivat kosteusvauriot välipohjissa, alapohjarakenteissa tai ulkoseinissä. Ulkoseinien vaurion aiheuttivat mm. eristeiden kastuminen kosteuden tiivistyessä tuuletustilan puuttuessa. (Reijula 2005) Taulukossa 5 on esitelty Reijulan (2005) tutkimuksessa esiintyneet välittömään korjaustarpeeseen johtaneet ongelmat. Taulukon 5 kohta ”Esiintyminen” määrittää kirjaimen avulla sairaalan, jossa löytö on tehty. Kirjaimet A-J kuvaavat tutkittuja sairaaloita, joita on siis yhteensä 11 kpl.

Taulukko 5. Arviointiperusteita välittömään korjaustarpeeseen (luokka 3). Reijula (2005)

Arviointiperuste	Esiintyminen
Alapohjan kosteus	ABD
Ulkoseinissä kontaminoitunutta materiaalia, ulkoseinän kastuminen puutteellisen suojauksen takia korjaustöiden aikana	CDFJ
Välipohjassa kontaminoitunutta materiaalia, välipohjissa kosteus- ja homevaurioita	DGH
Parvekkeen vesieristys pettänyt	ABD
Rakennekosteus vaurioittanut lattiapinnoitteita	ABD
Kipsilevyrakenteisten pesutilojen vesieristeet puutteelliset, pesutiloissa merkkejä kosteusvaurioista, kosteiden tilojen vesieristykset puuttuvat ja/tai lattiassa käytetty sementti-mosaikkilaattaa	ACEFGHIJ
Tiloissa todettiin maakellarimaista hajua	G
Kattovuotoja	CDFJ
Ikkunoiden vesivuodot	I
Pihakannen vesieristys vuotaa	E
Viemärivuoto tms.	E
Tekniset järjestelmät elinkaarensa lopussa (LVISA)	F

2.5.2 Sisäilman laatu sairaaloissa

Sisäilman laatu on kriittisempää sairaaloissa kuin muissa sisäympäristöissä; sairaalaympäristöissä esiintyy enemmän mikrobiologisia tekijöitä kuin muissa julkisissa rakennuksissa ja potilaat ovat alttiimpia sisäilmasta aiheutuneille oireiluille kuin terveet ihmiset. Sairaaloiden sisäympäristöjen hallinta on haastavaa, koska sairaaloissa on paljon erilaisia tiloja omine hygieniavaatimuksineen. Kaikille sairaalan käyttäjille on hyvin tärkeää, että ilmanvaihtojärjestelmät tuottavat raikasta ilmaa ja poistavat vaaralliset päästöt. (Hellgren 2012)

Suomalaisen tutkimuksen (Reijula 2005) mukaan jopa 15 % sairaaloiden pinta-alasta oli vuonna 2005 välittömässä korjaustarpeessa vesivahingon vuoksi. Potilasosastoilla osuus kasvoi jopa 24%:iin. Yhteensä välittömässä korjaustarpeessa olevia tiloja oli 62725 m². Suurin osa tiloista eli 63% oli hyvässä kunnossa. Taulukossa 6 esitetään korjaustarpeet tiloittain jaoteltuna.

Taulukko 6. Korjaustarve tiloittain jaoteltuna. (Reijula 2005).

Tilan tyyppi	pinta-ala	ei korjaustarvetta,		lisäselvitystarve,		välitön korjaustarve, luokka 3	
		luokka 1		luokka 2			
	m ²	m ²	%	m ²	%	m ²	%
osastot	151722	80498	53	34666	23	36558	24
laboratoriot	39877	31823	80	5775	14	2279	6
vastaanottohuoneet ja röntgen-salit	137520	90699	66	38061	28	8760	6
leikkaussalit	38815	31198	80	4700	12	2917	8
toimistot	160844	138999	86	9634	6	12211	8
yhteensä	416841	261280	63	92836	22	62725	15

Sairaalarakennusten sisäilman laatu riippuu oleellisesti ilmanvaihdon toiminnasta. Useissa sairaaloissa IV-järjestelmien puhdistus, kanavien eristykseen käytetyt materiaalit ovat vioittuneet ja vapauttavat tuloilmaan teollisia kuituja sekä ilmanvaihdon painesuhteet ovat vääriä. Ulkoiset kosteusrasitukset ovat olleet joillekin IV-järjestelmille liialliset ja tästä on aiheutunut mikrobialtistuksia rakennuksen käyttäjille.

Sairaaloiden IV-järjestelmissä on vähän mitään sairaaloille erityisesti suunniteltua ilmanvaihtotekniikkaa. Sairaaloiden IV-järjestelmät vaatisivat usein teollisuusluokanjärjestelmiä, mutta ne on toteutettu perustekniikoita käyttäen. Osaa 1950 - 1960 luvuilla rakennetuista sairaaloista ei ole peruskorjattu kertaakaan, mikä johtaa auttamatta vanhentuneeseen tekniikkaan, joka ei täytä nykyisiä vaatimuksia. Vanhemmissa eli ennen 1975 rakennetuissa järjestelmissä ei ole mm. lämmöntalteenottoa, joten ne ovat erittäin energiatehottomia. (Reijula 2005)

Määritykset tehdään soveltuvin osin Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen ja ympäristöministeriön Ympäristöoppaan nro 28, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimuksen mukaisesti.

2.6 Sisäilman laatuun liittyvät huollot ja korjaukset sairaalarakennuksissa

2.6.1 IV-laitteisto

Sairaalarakennusten kunnon riippuessa oleellisesti ilmanvaihdosta on sen huolto ja toimivuus tärkeässä asemassa. IV-järjestelmien nykyaikaistaminen uusimalla olisi tietenkin voimakkaasti sisäilmanlaatua parantava keino, mutta valitettavasti hyvin kallis. Mutta vanhankin järjestelmän huolto lisää sen toimintavarmuutta sekä parantaa ilmanlaatua. Ennakoivan huollon merkitys korostuu esim. puhaltimien toiminnan varmistamiseksi. Pahimmissa tapauksissa puhaltimien vika voi pysäyttää leikkaussalin ilmanvaihdon tai sali painesuhteet voivat mennä sekaisin, mikä mahdollistaa epäpuhtauksien siirtymisen leikkaussaliin. Uusissakin ilmanvaihtolaitteissa on esiintynyt ongelmien mm. sähkömootorien kanssa, joten huoltaminen on tärkeää myös uusien laitteiden osalta. (Reijula 2005)

Reijula (2005) nostaa raportissaan esille tiedonkulun tärkeyden. 20 vuotta talossa olleiden ”perimätieto” olisi tärkeää saada siirrettyä uusille työntekijöille. Valitettavasti huolto ja korjaustyöt joudutaan usein siirtämään ulkopuolisille yrityksille, jotka kilpailutetaan 1-2 vuoden välein.

Sähköinen huoltokirja olisikin suositeltava keino helpottaa työn valvontaa ja dokumentointia. Huoltokirjaan tulisi kuitenkin pystyä määrittämään millaisia toimenpiteitä, kuinka usein ja millä tavalla ne suoritetaan. Hyviä esimerkkejä ovat: tarkastettavat ja huollettavat

kohteet, huoltotaajuus, suodattimien vaihtoväli, ilmanlaadun mittaukset, veto- ja suoja-kaappien toiminnan tarkastaminen sekä painesuhteiden tarkastaminen. (Reijula 2005)

IV-järjestelmien puhdistaminen on erittäin tärkeä huoltotoimenpide. Siinä on ollut paljon vakavia puutteita eikä se ole edes ollut kaikissa sairaaloissa määräysten mukaisella tasolla. Sisäministeriön asetuksen (n:o 802) mukaan sairaaloiden ilmanvaihtojärjestelmät tulee puhdistaa viiden vuoden välein. Kanavien puhdistettavuus on kuitenkin yleensä huono. Järjestelmien suunnittelun virheet ovat tehneet puhdistamisesta hankalaa tai jopa mahdotonta. Reijulan (2005) mukaan tyypillisimpiä puhdistuksen ongelmia ovat:

- Huonot puhdistusluukut
- Riittämättömästi luukkuja kanavissa ja alaslaskuissa
- Kanavisto saavuttamattomissa
- Ohjeistuksen puute
- Sairaalan ympärivuorokautinen toiminta
- Osastojen tilanahtaus
- Likaiset välikattotilat

Tuloilman suodatustasoa on nostettu kaikissa sairaaloissa. Suodattimien suodatusluokka vastaa yleensä tilaan tarvittavaa tasoa. Toisaalta se on joskus jopa turhankin hyvä eikä siitä ole mitään hyötyä. Kanaviston puhtaus, tuloilmakammioiden kunto sekä suodattamattomat vuotoilmavirrat vaikuttavat suodattimien tason tarpeeseen. Suodattimien laatu tai riittävyys ei olekaan ongelma nykyisissä sairaaloissa. Enemmän ongelmia aiheuttaa viilennyksen riittämättömyys, jolloin ikkunoita ja ovia pidetään auki ja tiloihin pääsee suodattamatonta vuotoilmaa. (Reijula 2005)

2.6.2 Rakenteiden korjaukset

Rakenteille tarvittavat korjaukset tulee aina määrittää sisäilma-asioihin pätevoityneet asiantuntijan. Rakennustekniset tutkimukset kohdistetaan taustatietoihin, kuten rakennetyypikuvausten, aistinvaraisten arvioiden ja riskirakennekartoitusten perusteella. Tutkimusten avulla määritetään ongelmien laajuutta ja syitä. Näiden pohjalta esitetään arvioitua tarpeelliset korjausmenetelmät sisäilmaryhmälle (Salonen ym. 2014).

Mahdollisia tyypillisiä sisäilmaan liittyviä rakenteellisia korjauksia:

- Vanhojen kosteusvauriojälkien korjaus
- Viemäreiden tiivistykset ja korjaukset
- Kostuneiden alueiden korjaukset
- Ikkuna- ja seinärakenteiden välien tiivistykset
- Ikkunan ympäristön korjaukset
- Liikuntasauvojen ja läpivientien tiivistykset
- Mineraalivillojen poisto alakattolevyjen päältä
- Avonaisten villapintojen poisto
- Ylimääräisen tavarankoriste-esineiden poistaminen
- Lattiapinnoitteen vaihtaminen
- Vioittuneen lattiapinnoitteen korjaukset

2.6.3 Sairaaloitten korjausten erityispiirteet

Valtakunnallinen sairaaloitten kiinteistökanan kehittämissuunnitelmassa (VALSAI) on tutkittu sairaaloitten kiinteistöjen tilaa. VALSAI-hankkeen ”Sairaaloitten korjaussuunnittelun kehittäminen” -raportissa (Koski 2008) on tullut esille useita korjaussuunnitteluun liittyviä ongelmia. Tällaisia ovat mm:

- Tilat ovat suunniteltu vanhoille toimintaprosesseille ja muuntojoustavuus on huono. Työpisteet ovat ahtaita ja epäergonomisia.
- Lääketieteen kehitys on muuttanut sairaaloitten rakennetta ja sairaalat ovat moduloituneet uudentiloihin.
- Suomalainen sairaalasuunnittelu ei ole pyrkinyt modulaariseen sairaalasuunnitteluun eikä standardiratkaisuihin.
- Kiinteistöjen ylläpitoon ja korjaustarpeeseen ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Korjauksista puuttuu kokonaissuunnitelma ja huomio on kiinnitetty vain yksityiskohtiin.
- Tilasuunnittelua ja kustannusvaikutuksia ei ole kyetty kytkemään. Seurauksena huonoja tilaratkaisuja, joista aiheutuu suuremman käyttökustannukset.

Sairaaloitten peruskorjauksen yhteydessä tulisi huomioida se, että sairaanhoitoa ei toteuteta tulevaisuudessa samalla tavalla. Tämä tulee ottaa huomioon sairaalasuunnittelussa mm. tilojen muuntojoustavuudessa. Ikääntyneiden sairaalarakennusten korjaaminen onkin vaativa haaste suunnittelijoille, rakennuttajille sekä urakoitsijoille. (Koski 2008)

Sairaalakorjauksien tuotannosuunnittelu on haastavaa esim. asuinrakennukseen verrattuna varsinkin logistisesti. Ehkä tärkein erityispiirre on se, että korjaus joudutaan tekemään keskellä toimivaa sairaalaa. Vaikka suurissa korjauksissa osasto tyhjenetäänkin korjaustöiden ajaksi, työt vaikuttavat monin tavoin ympäröiviin tiloihin, jotka ovat hoitokäytössä. Huomioon on otettava myös ylä- ja alapuoliset tilat. Kulkureitit sekä materiaalien siirtoreitit aiheuttavat logistisia ongelmia, koska ne eivät saa häiritä sairaalan muiden osastojen toimintaa. Erinäiset katkot teknisiin järjestelmiin vaativat myöskin hyvin tarkkaa suunnittelua, koska esim. vesi- tai sähköjärjestelmien katkot voivat vaikuttaa kaukasiinkin osastoihin, joille näiden järjestelmien toimivuus voi olla elintärkeää. (Koski 2008)

Sairaalan toimivuuden kannalta informaation kulku on suuressa roolissa. Korjaustyöhön osallistuu useita henkilöitä ja se vaikuttaa hyvin moniin henkilöihin eri tahoilla. Informaation on kuljettava suunnitellusti sekä varmasti jokaiselle sitä koskevalle henkilölle, jotta korjausten tehokkuus on huipussaan sekä sairaalan toiminnoille aiheutuu mahdollisimman vähän häiriöitä. Tästä syystä on suositeltavaa, että sovitaan noudatettavat tiedotuskäytännöt sekä valitaan yhteyshenkilöt eri osapuolille. (Koski 2008)

Sairaalakorjausten riskienhallintaa lähestyttiin VALSAI-projektissa kahdesta näkökulmasta, jotka olivat sairaalan välttämättömien toiminta edellytysten turvaaminen sekä työstä aiheutuvien häiriöiden minimointi. (Koski 2008) Riskienhallinnassa tarkasteltavat asiat on kuvattu taulukossa 7.

Taulukko 7. Riskienhallinnassa tarkasteltavat asiat (Koski 2008)

Välttämättömät toimintaedellytykset	Häiriöiden minimointi
Sähkö	Melu ja värinä
Vesi	Pölyt
Lämpö	Asbesti
Ilmanvaihto	Mikrobit
Kulkuyhteydet	
Puhelin- ja tietojärjestelmät	
Viemärit	
Tietoturvallisuus	
Rikosturvallisuus	
Sairaalakaasut ja -putkistot	
Kiinteistöautomaatiojärjestelmä	

Sairaaloiden korjausten yhteydessä haastavaa on, että sairaaloiden toimintoja ei voida lopettaa korjaustöiden ajaksi vaan korjausten yhteydessä toimintojen jatkuvuus on turvattava. Usein laajempia korjauksia ei kuitenkaan voida toteuttaa sairaalan toimintojen kanssa samanaikaisesti vaan toiminnot on siirrettävä muualle korjausten ajaksi. (Koski 2008)

3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimusaineisto kerättiin kahdella eri tavalla, sähköpostikyselyillä ja tarkentavilla haastatteluilta sekä case-kohteena olleen Tyksin U-sairaalassa tehtyjen tutkimusten raporttien perusteella.

3.1 Sähköpostikyselyt

Sähköpostikyselyillä pyrittiin saamaan tietoa mahdollisimman monen eri sairaalan yleisimmistä ja vaikeimmista sisäilmaongelmista. Kyselyssä kartoitettiin hyviä ja kustannustehokkaita korjausmenetelmiä sekä selvitettiin sairaaloiden sisäilmaongelmien selvityskäytäntöjä pyrkien löytämään niistä parhaat menetelmät.

Kyselyssä tiedustellaan aluksi rakennuksen perustietoja, kuten ikä, koko ja kerrosten lukumäärä. Lisäksi siinä kysytään millaisia oireita työntekijöillä on, millaisia sisäilmanlaatuun liittyviä tutkimuksia ja korjauksia on tehty sekä millaisia vaikutuksia korjauksilla on ollut. Täydentävinä kysymyksinä tiedustellaan korjausten sekä tutkimusten hintaa ja laatua. Näiden lisäksi siinä kysytään miten sisäilmaongelmia hallitaan ja millaisia kustannuksia sisäilmaongelmat aiheuttavat. Kyselyssä haluttiin myös selvittää erillisten ilmanpuhdistimien toimivuutta.

Sisäilmäkysely luotiin suomeksi ja englanniksi pienillä muutoksilla toisiinsa verrattuna. Suomenkielinen kysely (liite 1.) lähetettiin kymmeneen eri yliopistolliseen tai keskussairaalaan. Englanninkielinen kysely (liite 2.) lähetettiin IFHE-EU:n kautta yli kymmeneen eri Euroopan Unionin maahan, joista vastauksia pyydettiin vähintään kolmesta eri sairaalasta.

Tutkimusmenetelmä on benchmarking eli vertailukehittäminen. Saatujen vastausten perusteella yritetään löytää hyviä toimintatapoja sekä löytää mahdollisesti ongelmia aiheuttavat toimintamallit. Vastausten perusteella pyritään rakentamaan käsitys yleisimmistä sekä vaikeimmista sairaaloiden sisäilmaongelmista Suomessa sekä Euroopassa.

3.2 Haastattelut

Tutkimuksessa tehtiin 2 tarkentavaa haastattelua sähköpostikyselyjen lisäksi. Niiden tarkoituksena oli etsiä tarkempaa tietoa sähköpostikyselyissä esiin tulleille yleisimmille sisäilmaongelmille sekä tehtyjen korjausten vaikuttavuudelle. Tarkoituksena oli myös tutkia tarkemmin sairaaloiden sisäilma-asioiden toimintatapoja sekä niiden toimivuutta.

Haastatteluissa käytettiin pohjana haastattelukysymyksiä (liite 3). Sen lisäksi haastatteluissa esille tullessiin aiheisiin esitettiin lisäkysymyksiä.

Haastattelut suoritettiin syksyllä 2015. Haastateltavina olivat Pohjois-Savon sairaanhoitopiiriin (PPSHP) kiinteistöjohtaja Mikko Hollmén sekä Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriin (HUS) kunnossapitopäällikkö Tapio Rautiainen.

3.3 Case U-sairaala

Case-kohteena toimii Turun yliopistollisen keskussairaalan U-sairaalan 1. kerroksen syntytisosasto. Kohteen analysointi tapahtuu Tyksin luovuttamien tutkimus- sekä suunnitelmaraporttien perusteella. Raportit ovat ulkopuolisten tahojen teettämiä. Raportit muodostuivat seuraavasta kolmesta kategoriasta.

- Työterveyskysely
- Rakennuksen kuntotutkimukset
- Urakkaohjelma

Raporttien perusteella pyritään kuvaamaan Tyksin toimintaa sisäilmaongelmien parissa ja analysoimaan tehtyjen toimenpiteiden vaikuttavuutta. U-sairaalan tapaus toimii esimerkkikohteena siitä, miten sairaaloiden sisäilmaongelmia on tutkittu ja korjattu. Osaston pohjapiirustus on esitetty liitteessä 4.

4 Tutkimustulokset ja tulosten tulkinta

4.1 Sähköpostikyselyt

4.1.1 Suomalaiset sairaalat

Sähköpostikysely koettiin vaikeaksi ja useat sairaalat jättivät vastaamatta tai pystyivät vastaamaan vain osaan kysymyksistä. Osa vastauksista olivat arvioita, joten vastauksista ei pystytty tekemään tarkkoja tilastoja. Kyselyyn vastasi lopulta viisi eri sairaalaa eri puolilta Suomea. Sairaalat on nimetty numeroilla 1-5.

Kokemukset on kerätty keskussairaaloiden ilmoittamista kiinteistöistä, joissa oli todettu olevan sisäilmaongelmia. Vastausten käsittelemät pinta-alat vaihtelivat välillä 8000 - 120000 neliometriä, kerrosten määrä oli 4 - 13 ja ikähaarukka 30-64 vuotta . Sairaaloiden U-arvo ei ollut suurimmassa osassa tapauksista tiedossa. Home- tai kosteusvaurioita oli ollut kaikissa viidessä kohteessa ja niiden vakavuusluokka vaihteli. Kaikissa sairaaloissa esiintyi asiaankuulumattomia hajuja, kahdessa jatkuvasti ja kolmessa ajoittain.

Oireiden esiintyminen oli yhtenevää eli kaikkia kyselyssä esitettyjä oireita esiintyi kaikissa sairaaloissa. Ainoastaan sairaala numero 5 vastasi, ettei siellä ole esiintynyt astmaa, nenäoireita eikä hengenahdistusta.

Kaikissa viidessä sairaalassa oli tehty aistinvaraisia havaintoja, otettu ilmanäytteitä ja tehty rakenneavauksia. Osa sairaaloista vastasi vain, että laajoja sisäilmakartoituksia oli tehty. Tutkimuksen hyödyllisyyteen ei kaksi sairaaloista osannut vastata mitään ja muisakaan ei yhteneväisyyksiä löytynyt.

Sisäilmaongelmiin liittyviä korjauksia oli tehty kaikissa viidessä sairaalassa. Kaikissa sairaaloissa oli poistettu tai vaihdettu muovimattoja sekä tehty tiivistyskorjauksia. Ilmanvaihtoon liittyviä korjauksia tai puhdistuksia ilmoitettiin tehdyksi neljässä sairaalassa. Näiden lisäksi vastauksissa oli yksittäisiä erillisiä korjauksia, joita ei useassa sairaalassa kerrottu tehdyksi. Korjausten koettiin auttaneen sisäilmaongelmissa joko selvästi tai vähän. Yhdessäkään sairaalassa ei koettu, ettei korjauksista olisi ollut apua ongelmiin.

Erillisiä ilmankierrätykseen perustuvia ilman puhdistimia oli ollut käytössä neljässä sairaalassa. Kolmessa näistä sairaaloista hyöty koettiin tapauskohtaiseksi ja vaihtelevaksi. Yhdessä sairaalassa todettiin ilmanpuhdistimien tuottavan enemmän haittaa kuin hyötyä. Ultraviolettiluon tai vetyperoksidiin perustuvia homeen eliminointiin tarkoitettuja ilmanpuhdistimia oli ollut käytössä vain kahdessa sairaalassa. Toisessa tapauksessa toimivuus oli vaihdellut ja toisessa tapauksessa laite oli koettu hyödyttömäksi.

Korjausten kustannustehokkuudesta ei tullut yhteneväisiä vastauksia. Kaikissa sairaaloissa oli eri mielipiteet tehokkaimmasta korjauksesta. Yksittäisinä vastauksina oli mattojen vaihtaminen, vuotokohtien ja kylmä siltojen poistaminen, tiivistykset, kokonaisvaltainen rakenteiden korjaus sekä IV-kanavien perusteellinen puhdistaminen, tiivistäminen ja vanhanaikaisten villapohjaisten äänenvaimentimien poistaminen Sairaala 4 esitti, että kapselointi on halpa ja hyvä korjaus ensiavuksi, muttei pitkällä aikavälillä. Tapauskohtaisuus nostettiin myös esille.

Suurimmat sisäilmaongelmansa pystyi erittelemään kolme sairaalaa viidestä. Kaikissa näistä muovimattojen VOC-päästöt oli yksi suurimmista ongelmista. Sairaala 4:n vastauksessa olivat myös ilmanvaihdon riittämättömyys sekä putkirikot. Ongelmat oli aiottu ratkaista yksinkertaisesti vaihtamalla matot. Sairaala 5 ei eritelletty toimenpidettä vaan vastasi, että sisäilmatyöryhmä tekee päätökset tarvittavista toimenpiteistä.

Sisäilmaongelmien hallinta on vastausten perusteella toteutettu 4 sairaalassa sisäilmatyöryhmällä. Kaksi sairaalaa vastasi tarkkailun olevan toteutettu siten, että käyttäjät ovat indikaattoreita, joiden oireilujen perusteella toimitaan.

Tilastollista tietoa kerääviin kysymyksiin ei osattu pääosin vastata tarkasti, jos ollenkaan. Muutamat vastaukset olivat täysin arvioituja, koska seuranta asian suhteen ei ollut. Koska vastaus saatiin vain viidestä sairaalasta, eivät vastaukset olisi olleetkaan tilastollisesti kovin merkittäviä. Sisäilmaongelmista johtuvan korjaustarpeen arvioitiin olevan 5-100% välillä.

Sisäilmaongelmista aiheutuvista oireista kärsivien määrän arvioitiin olevan 10 - 30%:n välillä. Viimeisen vuoden aikana todettujen työperäisten sairauksien määrän arvioitiin olevan enintään parin ihmisen luokkaa, jotkin vastaajista eivät osanneet edes arvioida määrää. Oiretilastojen sekä työperäisten sairauksien epäiltiin olevan paremmin tiedossa työterveyshuollolla, eikä vastaajilla ollut oletettuja tilastoja käytössään.

Sisäilmaongelmista aiheutuneet kustannukset tiedettiin vain sairaalassa 1, jossa kustannuksia on ollut alle 5 euroa neliömetrille vuodessa. Muilla neljällä sairaalalla ei tarkka euromäärä ollut tiedossa. Näiden sairaaloiden arviot kustannuksista olivat 1-25 euroa neliömetrille vuodessa. Sairaaloissa 3 ja 4 koettiin, että kustannuksia on vaikea erotella muista kustannuksista sekä ne koostuvat monesta asiasta.

Suomalaisissa sairaaloissa selvästi tiedostetaan sisäilmaongelmat. Tästä kertoo mm. sisäilmatyöryhmien olemassa olo. Sisäilmatyöryhmä on hyvä keino sisäilmaongelmien rat-

kaisemiseksi, koska silloin ongelmaan pystytään paneutumaan läpikotaisin. Sairaalat osasivatkin kertoa, mitkä korjaukset olivat kustannustehokkaimpia. Ongelmaksi osoittautuu tilastoinnin ja seurannan puutteellisuus. Jos ei ole tarkkaa seuranta korjausten vaikutuksesta oireisiin eikä niiden kustannuksista, ei voida varmuudella analysoida niiden kustannustehokkuutta. Kustannuksien seuraaminen on toisaalta haastavaa, koska usein sisäilmakorjaukset ovat osana muuta korjausta, mutta niissä tapauksissa tulisi sopia käytäntö, jolla kustannuksista saataisiin paras mahdollinen arvio. Yhdeksi ilmeiseksi ongelmaksi nousee myös tiedonkulku tai tietojen yhdistäminen Työterveyslaitoksen ja sairaalan välillä. Usea sairaala vastasi, että Työterveyslaitos pitää oireiluista kirjaa. Moniammatillisuus on hyvä asia, mutta kokonaiskuva heikkenee, jos tieto ei kulje tai tietoja ei yhdistetä.

4.1.2 Ulkomaiset sairaalat

Kysely koettiin erittäin vaikeaksi ja vastausten saaminen oli vaikeaa. Vastauksia kyseluun palautettiin yhteensä kahdeksan kappaletta, joista useissa ei osattu vastata kaikkiin kysymyksiin. Tästä syystä kyselyn tilastollinen merkitys jää pieneksi. Vastauksia tuli Belgiasta, Italiasta, Ranskasta, Tanskasta ja Sveitsistä.

Kolmessa sairaalassa ei ollut sisäilmasta aiheutuneita oireita tai niitä ei ollut tiedossa. Kaikissa muissa sairaaloissa raportoitiin päänsärkyä ja silmien ärsytystä. Sen lisäksi yksittäisvastauksina oli astma, ihottuma, yskä ja kuumuus.

Suurimmaksi sisäilmaongelmaksi vastattiin selkeästi eniten ilmanvaihdon riittämättömyys ja tästä johtuva kuumuus. Tämän lisäksi kolmessa sairaalassa vaikeaksi ongelmaksi listattiin home ja yhdessä formaldehydi. Muita sisäilman epäpuhtauksia tai kosteusvaurioita ei listattu suureksi ongelmaksi. Ongelmat aiottiin ratkaista lähes yksinomaan ilmanvaihtoa parantamalla. Epäpuhtauksia löytäneissä sairaaloissa aiottiin myös lisätä suodatimia.

Sisäilmaan liittyvien mittauksien suhteen vastauksissa oli kahta tyyppiä. Toiset keskittyivät selvästi ilman fyysisiin ominaisuuksiin, kuten lämpöön, kosteuteen, happi- tai hiilidioksidipitoisuuteen ja ilmavirtoihin. Vain kolme sairaalaa ilmoitti tehneensä mikrobimittauksia. Yksi sairaala ilmoitti, ettei siellä tehdä mitään mittauksia potilashuoneissa tai toimistoissa. Mittausten hinta-laatusuhteesta ei tullut yhteneväisiä vastauksia. Eräässä sairaalassa oli käytössä BMS (Building monitorin system), joka tallentaa lämpö-, kosteus-, hiilidioksidi-, ääni- ja ilmämääräarvoja automaattisesti 10 minuutin välein.

Tehdyt korjaukset liittyivät lähes kaikki ilmanvaihtoon. Osassa IV-korjauksista tarkoituksena oli lisätä jäähdytystä ja siten saada mukavampi työympäristö. Toisessa osassa puolestaan IV-korjauksilla pyrittiin hallitsemaan epäpuhtauksien kulkeutumista, näissä

tapauksissa oli myös lisätty suodattimia epäpuhtauksien vähentämiseksi. Korjaukset, joissa oli lisätty suodattimia, koettiin parantavan ilmanlaatua selvästi, muissa tapauksissa vaihtelevasti. Vastauksissa ei osattu sanoa mitkä korjaukset olisivat olleet tehokkaimpia. Useita vastaukset painottivat suunnittelun tärkeyttä. Suunnitteluun tulisi panostaa jo ennen rakentamisvaihetta uusissa sairaaloissa, jotta toiminnallisuus sekä ilmanvaihdon riittävyys voidaan varmistaa.

Oireilevien ihmisten määrä ilmoitettiin yleisesti melko alhaisiksi tai siihen ei osattu vastata. Yhdessä sairaalassa oireiluprosentti oli 15-20%, muissa vastauksissa alle 1%. Työperäisistä sairauksista ei sairaaloilla juuri ollut tietoa. Ainoastaan kaksi sairaalaa pystyi antamaan arvion määristä ja kaksi sairaalaa ilmoitti, ettei heillä ole sisäilmaan liittyviä työperäisiä sairauksia. Sairastavien määrien arvioitiin olevan enintään muutamia henkilöitä vuosittain.

Verrattuna Suomalaisiin sairaaloihin sisäilmaongelmista kärsivien määrä oli muissa tutkimuksen maissa pienempi. Suomessa vastausten mukaan oireilevia oli arviolta vähintään n. 10%, kun ulkomailla yleisesti alle 1%. Joko sisäilmaongelmista ei kärsitä niin pahasti ulkomailla, sitä ei tiedosteta tai vertailussa olleet sairaalat olivat paremmassa kunnossa kuin Suomessa. Suurin ero löytyy sisäilmaongelman käsittämisessä. Ulkomaisissa sairaaloissa usein ongelman koetaan johtuvan pelkästään puutteellisesta ilmanvaihdosta ja kuumuudesta. Suomessa puolestaan ongelmiksi koetaan home- ja kosteusvauriot, materiaali-päästöt sekä muut epäpuhtaudet. Kyselyn perusteella ei voida sanoa onko ulkomaisissa sairaaloissa vähemmän sisäilman epäpuhtauksia ja hometta vai eikö asiaa koeta ongelmaksi. Suomalaisissa sairaaloissa kuumuus puolestaan ei vastauksissa noussut ongelmaksi, se voi johtua ilmastosta tai siitä, ettei sitä koeta ongelmaksi.

4.2 Haastattelut

4.2.1 Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa sisäilma-asioiden koordinoinnin tekee erillinen sisäilmatyöryhmä. Työryhmä muun muassa päättää tehtävistä tutkimuksista ja kyselyistä sekä seuraa niiden toteutumista. Työryhmän päätettävissä on myös korjaukset paitsi pikaista reagointia vaativissa tapauksissa kiinteistönhallinta ryhtyy toimiin. Se koostuu useamman eri ammattikunnan edustajista. Jäsenet pyritään pitää muuttumattomina. Sisäilmatyöryhmään kuuluu:

- Työturvallisuuspäällikkö (Työnantajan edustaja)
- Työsuojeluvaltuutettu (Työntekijöiden edustaja)
- Työterveyslääkäri ja/tai -hoitaja

- 3 rakennustekniikan ja 1 talotekniikan ammattilaista (Kiinteistönhallinnan edustajat)

Suurimpia sisäilmaongelmia ongelmia aiheuttavat VOCit sekä teolliset mineraalikuidut. Kuiduista aiheutuneet haitat oli kuitenkin saatu hallintaan ennakoinnilla. Ilmanvaihtokanavien nuohoaminen, suodattimien vaihtaminen tai puhdistaminen sekä oikeiden materiaalien valinta on auttanut kuitujen aiheuttamien ongelmien ehkäisyssä. VOC-yhdisteiden vapautuminen muovimatoista on tämän hetken suurin ongelma Kuopion yliopistollisessa sairaalassa. Ongelmia aiheuttaa myös vanhat märkätilat, joissa on kipsilevyseiniä, joita ei ole vesieristetty.

Sisäilmaan liittyviä tutkimuksia ja mittauksia tehdään 20-30 kappaletta vuosittain. Tutkimukset tehdään aina epäilyn takia. Ensimmäisinä tehdään aistinvaraisia rakenneteknisiä tutkimuksia ja nopeita mittauksia esim. pölystä. Näiden jälkeen tehdään tarvittaessa tarkempia mittauksia. Tutkimuksia tulisi tehdä joissain tapauksissa enemmänkin, jotta ongelma saataisiin paikannettua tarkemmin ja turhilta korjauksilta välttyttäisiin.

Sisäilmaryhmä päättää oirekyselyjen järjestämisestä. Örebro -kysely on tehty vain pari kertaa. Muita pienempiä kyselyjä on tehty useampia. Kyselyt toteuttaa työterveyshuolto ja sen tehtävä on myös sisäilmatyöryhmän lisäksi seurata niitä.

Tehokkainta korjaustapaa on vaikea sanoa, koska korjaustavat vaihtelevat projekteittain. Korjausten suunnittelussa tulisi aina miettiä tarkasti kuinka syvälle pintaa tulisi purkaa ja kuinka laaja korjaus on tarpeellinen. Tiivistyskorjaukset vaikuttavat hyvin ja estävät epäpuhtauksien kulkeutumista työtiloihin. Tiivistykset tulisi tehdä joka suuntaan eli esim. lattiaan sekä kattoon.

Huonoja korjausratkaisuja ovat kapseloinnit. Ne toimivat väliaikaisina korjauksina, mikä usein unohtuu ja ongelma palaa jonkin ajan kuluttua entistä vaikeampana. Palo-osastojen välisissä korjauksissa käytetyt palokatkomassat ovat myös aiheuttaneet ongelmia. Ne eivät aina pysy ilmatiiviinä ja epäpuhtaudet pääsevät kulkemaan niiden lävitse.

Korjausten onnistumista seurataan passiivisesti. Korjausten jälkeen odotellaan tuleeko korjatuista tilasta vielä valituksia huonosta sisäilmasta. Erillisiä varmistavia oirekyselyjä ei teetetä. Ilmanvaihtoon liittyvät muutokset mitataan jälkikäteen mm. ilmamäärää mittaamalla. Lämpötilaa seurataan myös korjausten jälkeen tarvittaessa. VOC-, mikrobi tai kuituseurantatutkimuksia ei tehdä korjausten jälkeen korjausten toimivuuden varmistamiseksi.

Huoneistoihin asennettavia ilmankierrätykseen, UV-valoon ja vetyperoksidiin perustuvia ilmanpuhdistimia on käytössä. Niiden toimivuus on vaihtelevaa ja jopa mallikohtaista. Ilmanpuhdistimien toimivuutta ei varmisteta minkäänlaisilla mittauksilla vaan niiden toimintaa arvioidaan kokemusperusteisesti. Ilmanpuhdistimien on koettu auttavan ilman tunkkaisuuteen, lämpötilaan sekä VOCien aiheuttamiin oireisiin.

Sisäilmakorjauksiin on budjetoitu erillinen rahoitus. Siihen ei kuulu erilliset lisäinvestoinnit, jotka on pakko tehdä. Pienehkö sisäilmaongelma saattaa käynnistää suuria investointeja, koska usein on kannattavaa sisäilmakorjausten yhteydessä korjata muutakin. Viimeaikainen trendi on ollut, että sairaalan neliöt ovat lisääntyneet ja kustannukset ovat vähentyneet.

Sisäilmaongelmista ja -korjauksista tiedottaa sisäilmatyöryhmä. Tiedotustilaisuus pidetään jo ennen kuin tutkimukset aloitetaan. Tiedotustilaisuuteen osallistuvien määrä riippuu ongelman laajuudesta. Tiedotuksen haittana saattaa olla pelon lisääntyminen. Työntekijä, jonka työtila sijaitsee lähimpänä korjattavaa aluetta, muttei kuitenkaan korjattavalla alueella, saattaa saada epäilyksiä siitä, onko hänen huoneensa sisäilma turvallista.

Haastateltava koki, että heidän sairaalassaan hyvää sisäilma-asioiden hoitamisessa on aiheeseen sitoutunut johtaja. Siitä seuraa, että rahoitus on kunnossa. Koettiin, että asenne on hyvä asian suhteen, mikä parantaa mahdollisuuksia sisäilmaongelmien hoitamiseen.

4.2.2 Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri

HUSissa sisäilma-asioita koordinoivat sisäympäristötyöryhmät, jotka ovat pääosin kiinteistökohtaisia. Työryhmän toimintaprosessi alkaa aloituskokouksella, joissa tehdään alkutietojen perusteella arvio tilanteesta ja suunnitelma lisäselvityksistä. Tämän jälkeen työryhmä toteuttaa suunnitelman. Lisäselvitysten jälkeen tehdään ongelman määrittely, riskin arviointi ja tavoitteiden tarkennus, joiden perusteella tehdään korjaussuunnitelma. Tämän jälkeen voidaan aloittaa korjaus. Kaikki dokumentoidaan ja jokaista projektia seurataan niin kauan kunnes ongelma poistuu. Viestintää korostetaan koko toimintaprosessin ajan. Sisäympäristötyöryhmä koostuu seuraavista tahoista:

- Työsuojelupäällikkö
- Työsuojeluvaltuutettu
- Työterveyshuolto
- HUS-Tilakeskus ja HUS-Kiinteistöt Oy
- Sisäilma-asiantuntijat
- Esimies kohdetyöpaikasta
- HUS-Desikon edustaja
- Ulkopuolinen asiantuntija tarvittaessa

HUSsilla on lisäksi sisäympäristötyöryhmiä johtava sisäympäristöohjaustyöryhmä. Se koostuu mm. kunnossapitopäälliköistä, kiinteistöpäälliköistä, osastoryhmän päälliköistä sekä korkean aseman lääkäreistä. Ohjaustyöryhmä seuraa mm. sisäilmaongelmien kustannuksia sekä sisäympäristötyöryhmien toimintaa.

HUSilla on tehty selkeä toimintaohje sisäympäristöongelmien havainnolle. Ohje on yhden A4 sivun mittainen. Ohjeessa havaitsijaa tai hänen esimiestään pyydetään tekemään ilmoitus ympärivuorokautiseen vikailmoituspalveluun. HUS-Kiinteistöjen huoltomies tarkastaa ongelman ja ilmoittaa käynnistään ja toimenpiteistään yksikön esimiehelle, joka tiedottaa siitä henkilökunnalle sekä tarkistaa onko työpaikalla noudatettu siivous/siisteysohjetta. Mikäli ongelma ei korjaannu, yksikön esimies tekee ilmoituksen tekniselle isännöitsijälle, joka tarkastaa ilmoitetun ongelman ja jättää tarkastuslomakkeen yksikön esimiehelle. Esimiehen tehtävä on ilmoittaa työsuojelupäällikölle ja -valtuutetulle sekä vastuulliselle johdolle. Työterveyshuolto tekee tarvittaessa työpaikkakäynnin ja päättää yksikön esimiehen kanssa asian etenemisestä. Työpaikkakäynnistä tehdään raportti, jossa on työterveyshuollon arvio mahdollisesta terveyshaitasta. Jos ongelma todetaan laajaksi tai monimutkaiseksi, tapaus viedään sisäympäristötyöryhmän käsiteltäväksi.

Suurimpia ongelmia aiheuttavat ulkoseinien kastumiset, paine-erot, viemäririkot, kattojen vuotaminen sekä vanhanaikaiset rakennustavat, jotka nykyään olisivat rakennusvirheitä. Helsingin Meilahden alueella ongelmia aiheuttavat myös hankalat maapohjaolosuhteet, joissa sadevesien ohjaaminen on hankalaa.

Korjausten onnistumista on aktiivisesti seurattu vasta muutaman vuoden ajan, joten vaikuttavimmista korjauksista ei ole vielä tilastollista tietoa saatavilla. Huonoksi korjauksiksi pystyttiin kuitenkin kapselointi, joista haastateltava ei muistanut yhtään hyvää kokemusta. Tiivistyskorjaukset koettiin myös heikoiksi. Nykyään jokainen korjaus käsitellään sisäympäristötyöryhmän seurantakokouksessa. Korjausten jälkeen tehdään oirekysely, jossa seurataan oireiden muutoksia.

Erillisten ilmanpuhdistimien käytöstä on vaihtelevia kokemuksia. Laitteet perustuvat suodatintekniikkaan. Joissakin laitteissa on ollut mahdollisuus otsonointiin, mutta niiden käyttö kiellettiin sairaaloissa. Laitteissa ei ole huomattu eroja eri valmistajien välillä. Protokollan mukaan puhdistimesta voidaan tehdä pyyntö, jolle sisäilma-asiantuntija määrittää tarpeen. Puhdistimen voi myös tilata omatoimisesti jolloin yksikkö maksaa vuokran itse. Ilmanpuhdistimista on ollut hyviä kokemuksia tilanteissa, joissa tilassa on suuri korjaustarve ja korjauksen aloitusta odotetaan. Tällöin puhdistimet ovat auttaneet ”selviytymään” korjaukseen asti. Puhdistimet ovat myös olleet hyviä käynnissä olevien korjausten

viereisillä osastoilla. Oireet ovat vähentyneet selvästi joissakin tapauksissa puhdistimien käytön yhteydessä.

HUSin sisäympäristöongelmista aiheutuneet kustannukset nousevat vuositasolla useaan miljoonaan euroon. Sisäilmatutkimusten ja analysoinnin osuus on n. 200 000e eli alle 10%. Sisäilmapuhdistimien käytön kustannukset ovat myöskin sadoissa tuhansissa euroissa. HUSin vastuualueen kerrospinta-ala on noin 950 000 neliometriä, joten sisäilma-kustannukset ovat muutamia euroja per neliometri.

HUSilla on tehty ohjeistus yksikön esimiehelle sisäilmaongelmiin liittyvien hankkeiden viestinnän suhteen. Hankkeen käynnistyksen yhteydessä tulee viestiä ongelman tiedostamisesta ja vaadittuihin toimiin ryhtymisestä sekä sisäympäristöryhmän käsittelystä. Selvitysvaiheessa tulee viestiä ajantasaista tietoa siitä, missä ja mitä tutkimuksia tehdään. Yksikön esimies pitää myös infon sisäilmastokyselyn järjestämisestä. Kun ongelman kokonaiskuva on tiedossa, tiedotetaan tehtyjen tutkimusten tuloksista, terveydellisen merkityksen arvioinnista, korjaustoimien tavoitteista sekä alustavasta aikataulusta ja mahdollisista väistötilaratkaisuista. Korjaussuunnittelusta tulee viestiä ainakin käynnistyminen, tavoitteet ja suunnitelmat pääpiirteissään. Korjausten aikana esimiehen tulee varmistua ajankohtaisen tiedon välityksestä korjausten etenemisen osalta. Tämän jälkeen tiedotetaan vielä tarkennettu seuranta- ja jälkihoitosuunnitelma sekä mahdollinen pitkänajan seuranta.

4.3 Case U-sairaala

4.3.1 Sisäilmakysely

Turun U-sairaalaan on viimeksi teetetty laaja sisäilmakysely Länsirannikon työterveyslaitoksen toimesta huhtikuussa vuonna 2013. Kyselyyn vastasi kaikkiaan 530 työntekijää, jotka olivat työskennelleet U-sairaalan tiloissa viimeisen 3kk aikana. Tämän lisäksi vastauksia tuli 124 kappaletta henkilöiltä, jotka olivat vastanneet aiempaan vuonna 2011 tehtyyn kyselyyn, vaikka he eivät enää työskennelleetkään U-sairaalassa. U-sairaala on jaettu kolmeen eri osaan: A,B ja C.

Työterveyskyselyn mukaan A-osan vastauksissa (206 kpl) nousivat esiin tunkkainen, kuiva ilma ja riittämätön ilmanvaihto sekä vedon tunne. Vaihtelevaa tai liian matalaa lämpötilaa, homeen tai maakellarin hajua sekä muita epämiellyttäviä hajuja ja havaittavaa pölyä tai likaa koki ilmenevän kolmasosa vastaajista. Työhön liittyvinä oireina puolet vastaajista koki limakalvojen ärsytysoireita ja kolmasosa koki väsymystä, päänsärkyä ja iho-oireita. Työterveyslaitoksen johtopäätös em. asioista oli ilmeinen sisäilmasto-on-

gelma, jonka aiheuttajana ”tulevat kyseeseen” puutteet ilmastoinnissa ja lämpötilan säätelyssä. Päätelmissä oli myös mainittu, että homeen tai maakellarin haju sekä limakalvo-oireet viittaisivat kosteus-mikrobivaurioon sekä kuiva ilma yhdistettynä limakalvo-oireisiin voisi viitata mineraalikuituihin tai materiaaliemissioihin. Kerrosten mukaan eroteltuna vastauksista oli tehty johtopäätös, että 2. kerroksen tulokset viittaisivat kosteusvaurioon ja muissakin kerroksissa se olisi mahdollinen.

Myös B-osan vastauksissa (185 kpl) koettiin yleisesti tunkkaista ja kuivaa ilmaa sekä riittämätöntä ilmanvaihtoa. Myös vetoa, vaihtelevaa tai liian matalaa huonelämpötilaa, homeen tai maakellarin hajua ja muita epämiellyttäviä hajuja sekä havaittavaa pölyä tai likaa koettiin vertailuaineistoa enemmän. Vertailuaineistoa enemmän havaittuja oireita olivat limakalvojen ärsytys, väsymys, yskä ja iho-oireet, joista limakalvo-oireita koki noin puolet vastaajista. Kerroksittain analysoiduista vastauksista työterveyslaitoksen päätelmä oli, että 3. ja 6. kerroksen vastaukset viittaisivat kosteus-mikrobivaurioon ja, että 2,5,7,9 ja 12. kerroksessa ei raportoida maakellarin hajua tavanomaista enempää.

C-osan vastausten (139 kpl) suhteen työterveyslaitoksen huomiot olivat, että vastausprofiilit olivat samankaltaisia kuin A- ja B-osissa sekä 3. kerroksen tulokset viittasivat kosteus-mikrobivaurioon.

Työterveyshuollon johtopäätökset kyselystä olivat, että tulokset viittasivat kosteus-mikrobivaurioon todennäköisimmin 2,3 ja 6 kerrosten kohdalla, mutta muissakin kerroksissa mahdollisia. Mineraalikuitu- ja/tai materiaaliemissioista aiheutuvat haitat mahdollisia sairaalan kaikissa osissa ja kerroksissa. Suositellaan kiinnittämään huomiota siivouksen tasoon ja tilojen siivottavuuteen. Erityissiivouskohteet: koneiden ja laitteiden taustat. Ilmanvaihdon riittämättömyys ja sisäilman tunkkaisuus saattavat selittää käyttäjien raportoimaa päänsärkyä ja keskittymiskyvyn puutetta, muttei aiheuta erityistä sairastumisen vaaraa.

4.3.2 Sisäilmakartoitus 2013

U-sairaalassa on teetetty sisäilmakartoitus tammikuussa 2013, joka kohdistui 1. kerroksen synnytysosastolle. Kartoituksen yhteydessä tehtiin pintakosteusmittauksia, mattojen kosteusmittauksia viiltojen alta, merkkisavukokeita painesuhteiden selvittämiseksi sekä mikrobitutkimuksia rakenneavauksista. Pintakosteusmittaukset tehtiin sähköjohtavuuteen perustuvaa piikkikosteusmittaria ja sen tulos on suuntaa antava. Materiaalitutkimuksien mikrobiviljelyt teetettiin Turun yliopiston aerobiologia laitoksella.

Käyttäjiltä saadun esitiedon mukaan osastolla oli koettu seuraavia oireita: silmäoireet, limakalvo-oireet, kurkkuoireet, iho-oireet, päänsärky, huimaus, painetta poskionteloissa,

yskä, hengitysvaikeudet, hapen loppuminen, äänen häviäminen ja nenäverenvuoto. Käyttäjät olivat kokeneet erityisen ongelmalliseksi tiloiksi kanslian, heräämön, anestesiavaraston, sektiosali 1:n sekä synnytyssalit 1,3,5,8 ja 9. Maakellarin hajua oli puolestaan havaittu synnytyssaleissa 3 ja 9, synnytyssalin 3 eteisessä, huuhteluhuoneessa 1128 ja eteisessä 1130.

Synnytyssalien ulkonurkissa olevien putkikuilujen sekä salien ulkoseinien ja väliseinien liittymien kautta havaittiin merkkiainekokeilla ilmavirtauksia huonetilaan päin. Ikkunoiden karmien ala- ja yläreunoissa sekä maadoitusjohtojen läpivienneissä havaittiin ilmapuotoja. Havainnot toistuivat lähes joka huoneessa. Muilla osastoilla tehtyjen rakennevausten perusteella oli havaittu ilmapuotojen tapahtuvan ainakin osittain ulkoseinän eristetilan kautta. Eristetilan kautta tapahtuvien ilmapuotojen tiedettiin voivan kulkeutua epäpuhtauksia, kuten mikrobeja ja mineraalivillakuituja. Toimenpide-ehdotuksena oli jokaisen huoneen putkikuilujen, verhokotelointien ja ala-kattojen avaaminen ja tiivistäminen ilmatiiviiksi. Avauksen yhteydessä voitaisiin paikallistaa ja korjata mahdolliset putkivuodot ja niistä aiheutuneet vauriot. Tämän lisäksi muutkin em. ilmapuotokohdat tulisi tiivistää.

Synnytyssaleissa 1-5 ja 7-11 tehdyissä tutkimuksissa tehtiin mahdollisia kosteusvaurioon viittaavia havaintoja viidessä salissa. Pintakosteusmittarilla tehtyjä kohonneita kosteusarvoja tehtiin paikallisesti salien 1,2,8 ja 9 tai yhteydessä olevien märkätilojen seinissä ja lattioissa.

Salin 1 yhteydessä olevassa allashuoneessa todettiin kohonneita kosteusarvoja suihkuseinän alaosassa, lattialla suihkunurkassa sekä käytävänvastaisessa nurkassa. Kohonneita kosteusarvoja todettiin myös seinä takana käytävän puolella jonne tehtiin myös viiltomittaus muovimaton alle. Viiltomittauksessa havaittiin kohonneita kosteusarvoja sekä mikrobiperäistä hajua maton alla. Kontrollimittaus tehtiin n. metrin päähän aiemmasta mittauksesta. Kontrollissa ei havaittu kohonnutta kosteuspitoisuutta.

Salien 1 ja 2 välissä olevassa toimistohuoneessa 1107A havaittiin väliseinien ja tasoitteen irtoamista, minkä todettiin viittaavan kosteuteen. Katon levyrakenne sekä seinien ja katon tasoitteet suositeltiin uusittavaksi, vaikkei otetussa materiaalinäytteessä esiintynytkään mikrobikasvustoa.

Salin 2 tutkimusten yhteydessä havaittiin kohonneita pintakosteusarvoja suihkuutilassa suihkun vaikutusalueella sekä lattian muovimatto oli irti alustastaan lattialla sekä seinän ylösnostoissa. Salin 2 yhteydessä on lisäksi entinen pesutila, jossa havaittiin seinän ala-reunan laattojen olevan irti tartunta-alustastaan.

Salissa 3 oli ennakkotietojen mukaan havaittu maakellarin hajua eteisessä ja ulkoseinän vierellä. Tutkimushetkellä tehtiin samat havainnot. Eteinen vieressä on myös aputila 1128, joka oli saadun tiedon mukaan korjattu n. vuotta aikaisemmin. Aputilan ja sen yhteydessä olevan pesutilan 1129 muovimatto oli uusittu ylösnoston puoliväliin asti. Eteisen ja aputilan väliseinässä havaittiin tasoitteen irtoamista seinän alareunassa ja samassa kohdassa muovimaton havaittiin olevan irti alustastaan. Pintakosteusmittarilla ei havaittu kohonneita arvoja. Maton ylösnostoa raotettiin sekä tehtiin viilto kohtaan, jossa se oli irti alustastaan. Molemmissa kohdissa maton alta tuli voimakas mikrobiperäinen haju ja kosteusmittaukset osoittivat kohonneita kosteusarvoja. Materiaalinäytteet otettiin väliseinän tasoitteesta sekä lattian muovimatosta ja tasoitteesta. Väliseinien tasoitteesta otetusta näytteestä löytyi runsasta aktinomykeettien kasvua sekä kohtalaisia määriä *Aspergillus*-suvun sienilajistoa. Lattiasta otetuista näytteistä tehdyistä viljelyistä löytyi vain pieniä määriä kosteusvaurioon viittaavaa kasvustoa eikä se viitannut aktiiviseen mikrobikasvustoon.

Salien 8 ja 9 lattiakaivonläheisyydessä havaittiin kohonneita pintakosteuspitoisuuksia sekä salissa 9 betonipalkissa havaittiin tasoitteen irtoamista paikallisesti. Salissa yhdeksän oli käyttäjien toimesta havaittu maakellarin hajua. Salien 7 ja 8 yhteydessä olevan aputilan 1133A:n lattian muovimatto oli irronnut alustastaan suihkukaivon lähellä, mutta pintakosteusarvot eivät olleet koholla. Aputilan 1133B:n kosteusarvot puolestaan olivat koholla ja lattian todettiin kastuvan laajalta alueelta suihkukaapista huolimatta.

Synnytyssali 12 ja sen pesuhuone 1137B olivat tutkimushetkellä pois käytöstä kosteusvauriokorjauksen vuoksi. Pesuhuoneen ulkopuolella käytävässä havaittiin kohonneita pintakosteusarvoja. Muovimattoon tehtiin viiltokoe, jossa havaittiin kosteussa olevan myös maton alla. Kostuneelta kohdalta otettiin näytteet muovimatosta sekä lattiatasoitteesta, joissa ei kuitenkaan viljelykokein havaittu aktiivista mikrobikasvustoa.

Entisessä synnytyssalissa 6, joka nykyisin toimii henkilökunnan taukotilana, sijaitsi lattiakaivo, joka saadun tiedon mukaan tulvi usein. Tutkimushetkellä eivät lattian pintamittarilla saadut kosteusarvot olleet koholla. Muissa synnytyssaleissa ei tehty merkittäviä huonekohtaisia havaintoja huoneittain toistuvien havaintojen lisäksi.

Keittiön 1159 tiskialtaan hanaa ei oltu kiinnitetty tiiviisti altaaseen. Hanan liittymän kautta allaskaappiin oli päässyt kosteutta ja allaskaapin sisäpinnassa havaittiin näkyvää sienikasvua. Potilaiden keittiössä 1164 havaittiin ilmapuotoja, muttei muita ongelmia.

Leikkaussalin 1 lattian muovimatto oli sähköä johtava, joten siitä ei oltu saatu pintakosteusmittarilla tuloksia. Mattojen ylösnostot olivat kuitenkin monin paikoin irronneet alus-

tastaan. Leikkaussalissa 2 ei puolestaan havaittu mitään kosteusvaurioon viittaavaa. Heräämössä, joka oli koettu erittäin ongelmalliseksi tilaksi, ei havaittu mitään kosteusvaurioon viittaavaa.

Potilashuoneessa 1144 yhteydessä oleva pesuhuone on muutettu varastoksi ja siellä olevalattiakaivo oli tutkimushetkellä kuiva, joten tilassa haisi voimakkaasti viemärielle. Lattian muovimatto oli myös irti alustastaan. Potilashuoneessa 1151 havaittiin kosteusjälkiä sekä sen yhteydessä sijaitsevan pesuhuoneen 1158 lattian muovimatto ja seinän alareunan laatat olivat irti alustoistaan. Sama toistui potilashuoneessa 1165 ja sen pesuhuoneessa 1168.

Kansliassa 1175 seinätasoite ja maalipinta lohkeilivat lavuaarin lähistöllä. Sama havaittiin kanslian takana olevassa huoneessa 1178. Kohtien kosteusarvot eivät kuitenkaan olleet koholla pintakosteusmittarilla mitatessa. Kanslian yhteydessä oleva lääkehuone 1169 oli aiemmin wc-tilana. Aiemmin käytössä ollut viemäri oli tulpattu. Lattian muovimatto oli hieman irronnut alustastaan, mutta pintakosteusarvot eivät olleet koholla. Kanslian vieressä olevan sterilointihuoneen 1184 käytöstä poistettuja vesijohtoa ja viemäriä ei oltu tulpattu asianmukaisesti. Viemärin kohdalta lattiamaton saumaus oli puutteellinen ja lattiakaivon vesilukko oli tyhjä.

Edellä mainittujen havaintojen perusteella tutkimusraportissa suositeltiin seuraavia lisäselvityksiä:

- Kaikkien putkikotelointien ja verhokotelointien tarkastus saneerauksen yhteydessä
- Synnytyssalien 1 ja 2 välissä sijaitsevan toimistohuoneen 1107A väliseinien ja katon kosteusvaurioselvitys
- Kosteusmittaukset porareikä- ja viiltomittauksin märkätiloihin (1112, 1106B, 1128, 1129, 1133A, 1133B, 1168)
- Kosteusmittaukset synnytyssalien 8 ja 9 lattiakaivon viereltä sekä leikkaussalin 1 lattiasta, josta myös materiaalinäyte
- Taukotila 1120 lattiakaivon tulvimisen syy tulee selvittää
- Osaston alakatot suositeltiin avattavaksi kauttaaltaan saneerausten yhteydessä
- Kanslian viereisen lääkehuoneen 1169 lattian kunnon selvittäminen mm. materiaalinäyttein
- Sähkökeskusten ja muiden teknisten tilojen tarkistus
- Porrashuoneiden tarkistus
- Ilmanvaihdon toimivuuden selvittäminen

Lisäselvitysten lisäksi raportissa suositeltiin seuraavia lyhyen aikavälin toimenpiteitä:

- Osaston kaikki verhokoteloinnit ja putkikuilut avataan ja tarkastetaan ja tiivistetään ilmatiiviiksi.
- Muiden havaittujen ilmavuotojen tiivistäminen
- Märkätilojen saneeraukset. Pintojen poisto betonipintaan asti ja kuivatus tarvittaessa. Uudelleenpäällystyksessä nykyisten ohjeiden mukaisesti (1112, 1106AB, 1117, 1128, 1129, 1133AB, 1158, 1168) Lisäksi korjataan vähintään metrin kaistale saneerattavan tilan ympäriltä.
- Synnytyssalien 1 ja 2 välissä olevan huoneen 1107A kosteusvauriokorjaukset
- Pesutilojen saneeraus varastotiloiksi
- Irtoavien tasoitteiden uusiminen (1175, 1178, 1160)
- Sterilointihuoneen rikkoutuneen laatan korjaus sekä viemärin tulppaus
- Käytävien putkikuilujen edustojen kopot korjattava
- Odotustilan 1140 irtoilevien maalien ja tasoitteiden uusiminen

4.3.3 Sisäilman epäpuhtauksien kulkeutumisreittien kartoitus

Joulukuussa 2014 ja tammikuussa 2015 U-sairaalassa tehtiin sisäilma epäpuhtauksien kulkeutumisreittien kartoitus. Kartoituksessa tutkittiin ilmavirtojen kulkeutumista merkisavukokein sekä tilojen painesuhteita tarkkailtiin paine-eromittarien avulla. Tilojen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin viikon ajan. Tämän lisäksi tehtiin mineraalivillatutkimus pinnoille laskeutuneesta pölystä geeliteippikokein.

Seurantamittauksen aikana lämpötila pysyi 1. kerroksen synnytyssosastolla 20,5 ja 23,4 celsiusasteen välissä. Ulkoilman lämpötila oli tutkimushetkellä -2 ja +6 celsiusasteen välillä. Tilojen huonelämpötilojen todettiin olevan käyttötarkoitukseen sopivalla tasolla. Huonetiloissa mitatut suhteelliset kosteudet olivat 21 – 34 RH%, mikä on vuodenaikaan nähden tavanomaista.

Merkkiainetutkimuksessa havaittiin ulkoseinässä useita epätiiveyskohtia. Vuodon todettiin olevan ulkoseinä-lattia liittymissä, ulkoseinän ja ikkunan liittymissä sekä patterikanakkeiden ja sähkökourujen kohdilla. Putkihormeihin tehdyissä merkkiainekokeissa todettiin kerrosten välillä paikoin olevan ilmayhteys. Myös painesuhteissa havaittiin suuria vaihteluita. Painesuhteiden muuttumisen ylipaineisesta alipaineiseksi todettiin mahdollisesti kuljettavan rakenteiden sisällä olevia epäpuhtauksia huonetiloihin päin.

Synnytyssalissa 1 havaittiin patteriputkien läpivientien olevan epätiivittä. Vuotoja havaittiin myös tilassa olevan hormin rakenteissa olevissa halkeamissa. Vuodot oli todettu merkkiainekokein.

Synnytyssali 3 oli poistettuna käytöstä voimakkaiden oireilujen vuoksi. Salin lattian laattojen havaittiin olevan irti pohjastaan lattiakaivon ympäriltä ja paikoin myös ulkoseinustan viereltä. Salin ja porrashuoneen betoninen väliseinä on eristetty rappauspintaisella korkkieristeellä, jonka päällä on puukoolattu levyseinä. Lattian jalkalistanoston ja levyseinän liittymä on avoin seinän alaosassa ja siellä olevasta raosta pystyttiin havaitsemaan irtonaisia tasoitteen tai rappauksen paloja. Samanlainen seinärakenne on myös salissa 12.

Mineraalivillakokeet tehtiin synnytyssalissa 3 iv-tulokanavan päätelaitteelle sekä synnytyssalissa 4 pinnoille laskeutuvasta pölystä. Synnytyssalin 4 kokeen tulos oli alle 0,1 kuitua/cm². Tulos ei viittaa mineraalivillan aiheuttavan oireita tilassa. Synnytyssalin 3 tuloilmakanavan mineraalikuitujen kertymä oli 27,8 kuitua/cm². Tavanomainen kuitukertymä käytössä olevissa tuloilmakanavissa on 10-30 kuitua/cm². Tulos on tavanomaisen rajojen sisäpuolella, mutta lähellä ylärajaa.

Kartoituksessa tehtiin synnytyssaliin 1 painesuhteiden seurantamittaus. Sali pysyi lähes koko seurantajakson ajan ylipaineisena. Raportissa huomautettiin, että kova painesuhteiden vaihtelu voi pumpata epäpuhtauksia huonetiloihin. Synnytyssali 1 kohdalla tämä ei kuitenkaan vaikuta todennäköiseltä.

4.3.4 Korjaukset 2015

30.3.2015 valmistunut urakkaohjelma sisältää synnytyssalien muutostyöt. Salit on tarkoitus korjata yksi kerrallaan ja korjattavia saleja ovat salit 1,2,5,7,8,9,11 ja 12. Lisäksi peruskorjataan salien 7 ja 8 yhteydessä oleva pesuhuone. Urakka sisältää alakattojen uusimisen, seinien maalauksen, ulkoseinien tiivistyksiä sekä ilmanvaihto- ja sähkötöitä.

4.3.5 Analyysi

Raporttien perusteella voidaan sanoa, että aputilan 1128 sekä pesutilan 1129 muovimaton uusiminen vuonna 2012 oli epäonnistunut. Siitä ei ole varmuutta, että oliko betoni jäänyt kosteaksi jo ennen pinnoitusta vai oliko se päässyt kastumaan uudestaan. Ennen pinnoitusta tulee tehdä kosteusmittaukset sekä selvittää, mistä kosteus on rakenteeseen päässyt, jotta kosteuden kulkeutuminen voidaan estää oikeanlaisella korjauksella. Ennen pinnoitusta tulee myös varmistua betonialustan olevan tarpeeksi kuiva pinnoitukselle.

Salin 12 ja sen pesuhuoneen 1137B osalta korjaus oli aloitettu ilman riittäviä tutkimuksia. Sisäilmakartoituksen yhteydessä huomattiin, että kosteutta oli päässyt kulkeutumaan myös käytävän puolelle. Käytävän korjaus olisi kannattavaa tehdä samalla yhteydessä, jotta ongelma voitaisiin poistaa kokonaan. Ennen korjauksia tulee saada varmistus ongelman laajuudesta, jottei lisäkorjauksia jouduta tekemään. Synnytyssali 12 laitettiin uudestaan korjaukseen muiden salien saneerauksen yhteydessä.

Mikrobinäytteistä vain yhdessä oli aktiivista mikrobikasvustoa. Näyte otettiin synnytyssalin 3 aputilan 1128 seinästä. Muut näytteet otettiin korjattavana olevan synnytyssalin 12 edustalta käytävältä sekä synnytyssalin 1 viereisestä toimiston 1107A väliseinästä. Muita ongelmalliseksi koettuja tiloja, joissa tehtiin kosteusvaurioon viittaavia havaintoja, olivat kanslia ja sen ympäröivät tilat, leikkaussali 1 sekä synnytyssalit 8 ja 9. Salien 8 ja 9 lattiasta ei voitu tehdä viiltomittauksia, koska siellä on laattalattia. Leikkaussalissa 1, osaston kansliassa ja aputilassa 1133AB olisi voitu tehdä mittaukset, mutta jostain syystä ne suositeltiin tehtäväksi myöhemmin. Jos materiaalinäytteet otetaan joka tapauksessa, kannattaa ne ottaa jo ensimmäisellä käynnillä, jotta saataisiin kattavampi kuva ongelman laajuudesta.

Mikrobinäytteiden tuloksella välttämättä näyttäisi olevan merkitystä toimenpiteiden kannalta. Synnytyssalin 1 toimiston väliseinän näyte oli negatiivinen ja synnytyssalin 3 aputilan yksi näytteistä oli positiivinen. Molempien tilojen rakenteet on kuitenkin yhtäläillä listattu lyhyen aikavälin toimenpiteissä saneerattavaksi. Kuten myös muutkin märkätilat, joista ei näytettä otettu. Materiaalinäytteiden viljelyn kannattavuus voidaan kyseenalaistaa, jos lopputuloksena on joka tapauksessa sama korjaustoimenpide.

Synnytyssalien 3 ja 12 levykorkkirakenne on todennäköisesti ollut erittäin huono ratkaisu. Voimakkaimmat oireilut ja ensimmäiset korjaukset suuntautuivat näihin tiloihin. Synnytyssalin 12 korjaus oli jo käynnissä, kun sisäilmakartoitusta tehtiin vuonna 2013. Tällöin ei kuitenkaan vielä epäilty korkkirakennetta. Vuoden 2015 kartoituksessa tämä kuitenkin havaittiin ja oletettiin erääksi ongelman aiheuttajaksi. Rakenteen korjauksesta eikä sen jälkeisestä oireiluista ole mittauksia tai kyselyjä, jonka perusteella rakenteen aiheuttamista sisäilmaongelmista voitaisiin varmistua.

Synnytyssalissa 3 todettiin vuonna 2015 hieman koholla olevia mineraalivillakuituesiintymiä ilmanvaihtokanavassa. Mittaukselle ei tehty osastolla vertailumittauksia tilassa, jossa raportoituja oireiluja olisi vähemmän. Synnytyssalissa 4 tehtiin kuitujen laskeumakoe, jossa kuitujen määrät olivat vähäisiä. Nämä eivät kuitenkaan ole vertailtavissa, joten mineraalivillakuitujen yhteyttä oireiluihin ei voida verrata.

Muovimatoista ja muovimattojen alta mitatut pintakosteuspitoisuudet olivat useassa tilassa koholla sekä matoissa havaittiin useassa kohtaa kosteuteen viittaavia vaurioita. Mikrobitutkimuksia tehtiin satunnaisesti, mutta VOC-päästöjen mittaamista ei suositeltu. Vuoden 2013 raportissa vain ilmaistiin, että kosteat muovimatot voivat vapauttaa VOC-yhdisteitä, mutta toimenpiteisiin ei nähty tarvetta. VOC-päästöjen tutkimisella olisi voitu löytää lisäselityksiä oireiluille. Tosin, jos muovimatot menivät joka tapauksessa vaihdettavaksi, ei VOC-analyyseillä olisi ollut vaikutusta korjauksiin.

Rakenteiden tiiveyden todettiin olevan huono lähes joka tilassa ja ilmavirrat pääsivät kulkeutumaan ulkoseinän välitilaan sekä kerrosten ja huoneiden välillä. Vuoden 2013 ja 2015 välillä osa ongelmista oli vähentynyt, mutta kaikkia epätiiveyskohtia ei oltu onnistuttu korjaamaan. Tiiveyden ja pahiten oireita aiheuttavien tilojen välillä ei ollut korrelaatiota.

Oireiden korrelointi havaittujen vaurioiden kanssa ei ollut täydellistä. Jokaisesta eniten oireita aiheuttavasta tilasta löydettiin jotakin sisäilmaongelman mahdollisesti aiheuttavaa. Pahimmat ongelmat ja aktiivinen homekasvusto löydettiin huonoksi koetusta tilasta tai tilan lähistöltä. Toisaalta kosteusvaurioon viittaavia havaintoja tehtiin myös tiloissa, joita ei koettu erittäin ongelmalliseksi.

5 Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella suurin yksittäinen ongelma sisäilmaongelmien hoitamisen prosessissa on seuranta. Seuranta tulisi tehdä sekä korjausten vaikuttavuudelle että kustannuksille. Korjausten vaikuttavuutta voitaisiin seurata tekemällä korjausten jälkeisiä mittauksia ja oirekyselyjä. Jos nämä aktiiviset toimenpiteet tulevat liian kalliiksi, niin mahdollista olisi myös tehdä tilastointia passiivisesti. Jos korjauksen jälkeen valitukset sisäilmaoireista loppuvat tai vähenevät selkeästi, voidaan korjaus merkitä ”onnistuneeksi”. Tilastoimalla ”onnistuneet” korjaukset sekä niihin menneet kustannukset voidaan tehdä analyysi toimivimmista ja kustannustehokkaimmista korjauksista. Kustannuksia seuraamalla saataisiin myös parempi kokonaiskuva ongelmien rahallisesta mittakaavasta sekä voitaisiin seurata vuosittaisia muutoksia.

Sisäilmatyöryhmät ovat hyvä tapa sisäilmaongelmien määrittämiseen ja seurantaan. Moniammatillisuus tekee työryhmästä pätevän. Seuranta ja tilastointia voidaan parantaa yhdistämällä tietoja aktiivisemmin eri työryhmän jäsenten välillä. Eri osa-alueiden tarjoamien tietojen yhdistäminen ja tilastointi tulee tehdä jatkuvasti, jotta kokonaiskuva ja muutokset ongelmissa ovat tiedossa ja helposti saatavilla.

Selkeät toimintamallit sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi helpottavat ongelman löytämistä ja nopeuttavat sen ratkaisemista. Tutkimuksessa selvisi, että ainakin HUSilla on käytössään hyvin selkeä ja yksinkertainen toiminta-ohje sisäilmaongelmahavainnon ilmoittamiseen. Selkeä toimintatapa on hyvä tapa varmistaa, että ongelma tulee myös sisäilmatyöryhmän tietoon. Sisäilmatyöryhmällä on hyvä olla myös yhtenäiset toimintaohjeet, jotta ongelmien ratkaisuprosessin eteneminen varmistuu. Viestintä sisäilmatyöryhmän ja henkilökunnan sekä sisäilmatyöryhmän ja korjausprosessiin osallistuvien tahojen välillä on tärkeää. Sairaaloiden yleensä ollessa käytössä korjausten aikana tulee viestinnän olla sujuvaa, jottei korjaus haittaa sairaalan toimintaa tai toisinpäin. Viestinnän osuutta sisäilmaongelmissa on korostettu ja onkin tärkeää luoda selkeä toimintatapa eri osapuolten väliselle viestinnälle prosessin eri osavaiheissa.

Yhteistoiminnan lisääminen sisäilmaongelmien ratkaisemisessa eri sairaaloiden ja sairaanhoitopiirien välillä olisi hyödyllistä kaikille osapuolille. Hyväksi koetut käytännöt voitaisiin jakaa eteenpäin. Yhdenmukainen toimintamalli, seuranta ja tilastointi mahdollistaisivat vertailun eri sairaaloiden välillä sekä toisi lisää informaatiota kaikille osapuolille korjausten vaikuttavuudesta. Tämä mahdollistaisi myös uusien korjausmenetelmien vertaamista vanhoihin sekä esimerkiksi erillisten ilmanpuhdistimien tai muiden vastaavien laitteiden toimivuuden analysoinnin. Jokaisen erillisen sairaalan ei myöskään tarvitsisi tehdä samoja virheitä oppiakseen, vaan voisi välttää niitä muiden sairaaloiden kokemusten perusteella.

Kokonaisvaltaisten tutkimusten lisääminen sisäilmaongelmien ratkaisuprosessissa vähentäisi virheellisiä tai turhia korjauksia. Seurantatutkimuksilla voidaan selvittää ovatko kohteena olleet epäpuhtaudet poistuneet sisäilmasta. Jos ennakkotutkimusten perusteella tehdään päätös korjaustarpeesta, olisi hyvä tehdä seurantatutkimus, jotta saataisiin varmuus siitä, että korjaus on poistanut kyseisen ongelman. Muuten ei voida saada varmuutta oliko ongelmana alun perin mitattu epäpuhtaus vai poistettiin korjauksen yhteydessä jokin muu ongelma. Toisaalta, jos ennakkotutkimuksilla saatu tieto kohdistaa korjauksen siten, että oireilu häviää, niin korjaus on onnistunut oireilujen näkökulmasta. Korjauksen vaikuttavuus voidaan siis varmistaa oireiden tai tutkimusten perusteella riippuen siitä onko tavoitteena poistaa oireet vai varmistua siitä ettei sisäilmassa ole tunnettuja haitallisia epäpuhtauksia. Sisäilmaongelmia ratkaistaessa tulee muistaa, että mittaukset ovat vain osa ongelmien ratkaisuprosessia eikä yksittäisen mittaustuloksen perusteella voi tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä.

Suomen ja joidenkin muiden tutkimukseen osallistuneiden maiden välillä oli havaittavissa näkemusero. Sisäilman epäpuhtauksien sekä ilman fyysisten ominaisuuksien koettiin eri maissa olevan suurin sisäilmaongelma. Näkemuserot voivat johtua ilmastosta, rakennusten kunnosta tai kulttuurieroista. Tämän tutkimuksen pohjalta voi tehdä johtopäätöksen, että ilmanvaihdon riittämättömyys sekä riittämätön suunnittelu koetaan suureksi ongelmaksi. Sisäilmaongelmien ja niihin liittyvien kustannusten seurannan voidaan todeta olevan heikolla tasolla myös ulkomaisissa sairaaloissa. Eri maiden välistä vertailua ei voida tehdä kattavasti tämän tutkimuksen perusteella, koska vastaukset perustuivat muutamien ihmisten subjektiivisiin näkemyksiin ja erilaisiin seurantamenetelmiin. Optimitapauksessa EU:ssa olisi yhdenmukaiset seuranta- ja tilastointimenetelmät, jotta ongelmien korjausten vaikuttavuutta voisi analysoida laajemmin.

Ulkomaalaisista vastauksista esille nousseita sisäilman laatua tai sen valvontaa parantavia menetelmiä, joita voisi ottaa käyttöön myös Suomessa, olivat suunnitteluun panostaminen uudisrakentamisessa sekä BMS-järjestelmä, jolla sairaaloiden sisäilmaston fyysisiä ominaisuuksia voitaisiin seurata reaaliaikaisesti.

Suosittelavia jatkotutkimuksia ovat korjausten vaikuttavuuden arviointi useiden mittaustulosten sekä tarkennettujen oirekyselyjen perusteella sekä niiden vertailu ja korrelaatioiden etsiminen. Suositeltavaa olisi myös tutkia sisäilmaongelmien ratkaisuprosessien kehittymistä sekä kustannusten hallintaa ja seurantaa. Siinä yhteydessä olisi hyvä tutkia, miten sisäilmaongelmien kustannukset muodostuvat ja miten niitä tulisi eritellä sekä miten ne voisi erottaa muista kustannuksista.

6 Lähdeluettelo

Ammann HM. Mold toxicity: risk assessment for humans exposed indoors. Kirjassa: Bioaerosols, fungi, bacteria, mycotoxins and human health. Toim E Johanning. Fungal Research Group Foundation, Inc. Albany New York USA, 2005, 52-59

Aru A, Munk-Nielsen L, Federspil BH. The soil fungus *Chaetomium* in human paranasal sinuses. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1997;254:350-2

Dearborn DG, Smith PG, Dahms BB, Allan TM, Sorenson WG, Montaña E, Etzel RA. Clinical profile of 30 infants with acute pulmonary hemorrhage in Cleveland. *Pediatrics*. 2002; 110(3):627-637.

Etzel RA, Montana E, Sorenson WG, Kullman GJ, Allan TM, Dearborn DG. 1998 Acute pulmonary hemorrhage in infants associated with exposure to *Stachybotrys atra* and other fungi. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 152:757-762.

Garret MH, Rayment PR, Hooper MA, Abramson MJ, Hooper BM. Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children. *Clin Exp Allergy* 1998;28:459-467

Greenberger, P.A., Allergic bronchopulmonary aspergillosis. *J Allergy Clin Immunol*, 2002. 110(5): p. 685-92.

Hellgren U-M. 2012. Indoor air problems in finnish hospitals – from occupational health perspective. Helsinki: Väitöskirja, Helsingin yliopisto. ISBN 978-952-10-8359-4.

Lappalainen S, Lahtinen M, Palomäki E, ym. Laadukas sisäympäristö saavutetaan hallitsemalla kokonaisuutta. Sisäilmastoseminaari, Sisäilmayhdistys ry ja Teknillinen korkeakoulu. Vol. S1 Raportti 27, s. 37-42

Hengitysliitto, 2015, verkkodokumentti, saatavilla: <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhautaudet/voc-paastot>

Keinänen J. 2014, Sisäilman laatu normit nyt ja tulevaisuudessa. Terveystieteiden tutkimuskeskus muutos 2014. Sosiaali- ja terveysministeriö. Verkkodokumentti, saatavilla http://www.sppl.fi/files/2693/Keinanen_Sisailman_laatu_normit.pdf

Kovanen K., Heimonen I., Laamanen J., Riala R., Harju R., Tuovila H., Kämppi R., Sääntti J., Tuomi T., Salo S.-P., Voutilainen R., Tossavainen A. 2006. Ilmanvaihtolaitteiden

hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. (Particle Emission from HVAC-components. Exposure, Measurement, and Product testing. VTT-tiedotteita- Research notes 2360. Espoo: VTT.

Korpi A. Fungal volatile metabolites and biological responses to fungal exposure. Väitöskirja. Kuopion yliopisto. 2001.

Koski H. 2008. Sairaalan korjausprosessin kehittäminen. Tampere: VALSAI tutkimusraportti VTT-R-06560-08.

Kurup, V.P., H.D. Shen, and B. Banerjee, Respiratory fungal allergy. *Microbes Infect*, 2000. 2(9): p. 1101-10.

Murtoniemi T, Penttinen P, Nevalainen A, Hirvonen MR. Effects of microbial cocultivation on inflammatory and cytotoxic potential of spores. *Inhal Toxicol*; 2005;17(12):681-93

Murtoniemi T, Keinänen MM, Nevalainen A, Hirvonen MR. Starch in plasterboard sustains *Streptomyces californicus* growth and bioactivity of spores. *J Appl Microbiol*; 2003; 94(6):1059-65

Pasanen AL, Korpi A, Kasanen JP, Pasanen P. Critical aspects on the significance of microbial volatile metabolites as indoor air pollutants. *Environ Int* 1998; 24: 703-712.

Pasanen A-L. 1999. Mikrobiologisten selvitysten käyttö ja merkitys rakennusten homevaurioiden tunnistamisessa ja korjaamisessa. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry. SIY Raportti 13: s45-50

Putus T, Home ja terveys. Kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesienten esiintyminen sekä terveyshaitat, 2014. ISBN 978-952-9637-53-9

Rippon JW. *Medical Mycology. The pathogenic fungi and the pathogenic actinomycetes.* WB Saunders company 1988, 797s.

Reijula K, Ahonen G, Alenius H, Holopainen R, Lappalainen S, Palomaki E, Reiman M: Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu Espoo 2012. ISBN 978-951-53-3455-8

Roeder, A., et al., Toll-like receptors as key mediators in innate antifungal immunity. *Med Mycol*, 2004. 42(6): p. 485-98.

Rakennustieto. RT 07-10946 Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset

Ruotsalainen R, Palonen J, Jokiranta K, Seppänen O. 1997. Sisäilmaston kuntotutkimus. Helsinki. Sisäilmayhdistys ry. SIY raportti 15: s91-94.

Saarela K. 1998. Terveelliset materiaalit ja materiaaliyhdistelmät. TEKES Terve talo-hanke, VTT:n tutkimustarvenäkemys.

Salonen H, Lahtinen M, Lappalainen S, Holopainen R, Pietarinen V-M, Palomäki E, Karvala K, Tuomi T, Reijula K. Kosteus- ja homevauriot – Ratkaisuja työpaikoille: Työterveyslaitos, Helsinki 2014. ISBN 978-952-261-471-1

Sisäilmayhdistys, 2015: <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/mikrobit/katsaus-mikrobeihin/>

Sosiaali- ja terveysministeriö: Asumisterveysopas. Pori 2008 ISBN 978-952-9637-35-5 s.128-174

Taubel, M., et al., Co-occurrence of toxic bacterial and fungal secondary metabolites in moisture-damaged indoor environments. *Indoor Air*, 2011. 21(5): p. 368-75

Tuomi, 2008. Mykotoksiini, teoksessa “Työhygieniä”, Otava, Keuruu, ss. 269-273.

Työterveyslaitoksen nettidokumentti: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/Documents/Laadukas_sisaymparisto_abc.pdf

Työterveyslaitos (TTL), 2015 http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/Documents/sisaympariston_viitearvoja_17%2003%2014.pdf

Valvira lausunto (http://www.valvira.fi/files/tiedostot/v/o/VOC_lausunto_ESAVI.pdf)
Dnro 6195/11.02.02.00/2011

Virta J., 2001. Terveellinen sisäilmasto – Sisäilmastotietoa rakentajille, sisäilmastoselvitysten tekijöille ja kiinteistöjen omistajille. ISBN 951-22-5800-5

Wolkoff P, Nielsen GD. Organic compounds in indoor air - their relevance for perceived indoor air quality. *Atmos Environ* 2001;35: 4407-4417.

Ympäristöministeriö 2013 Verkkodokumentti hyvä sisäilma <http://www.korjaus-tieto.fi/taloyhtiot/kosteus-ja-homevauriot-sisailma-terveydelle-vaaralliset-aineet/sisailman-laatu/mita-tarkoittaa-hyva-sisailma.html>

Ympäristöopas 1997, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus, Ympäristöministeriö, Helsinki, ISBN 951-682-468-4

7 Liiteluettelo

Liite 1. Sisäilmakysely

Liite 2. Indoor air questionnaire

Liite 3. Haastattelukysymykset

Liite 4. U-sairaalan synnytysosaston pohjapiirustus

Sisäilman laatu sairaaloissa – Kysely

Tämä on tutkimus, jonka on tilannut Suomen sairaalatekninen yhdistys (SSTY). Tarkoituksena on löytää yleisimmät sisäilmaongelmien syyt sekä parhaat sisäilmaan liittyvät tutkimus- ja korjausmenetelmät Suomen yliopistollisissa sairaaloissa. Tutkimus on Diplomityö, joka tehdään Aalto-yliopiston rakennustekniikan laitokselle.

Kysymykset 1-11 ovat avoimia kysymyksiä, joiden tarkoituksena on saada tietoa siitä, mitä sisäilmaongelmille tehdään Suomen sairaaloissa. Tarkoituksena on myös löytää vaikeimmat ja yleisimmät sisäilmaongelmat sekä parhaat keinot niiden korjaamiseksi.

Kysymyksillä 12-15 on tarkoitus kerätä tilastotietoa Suomen sairaaloiden sisäilmaongelmien tilasta.

Pyytäisin teitä palauttamaan kyselyn vastauksineen 18.9.2015 mennessä sähköpostiosoitteeseen
mikko.narvanen@aalto.fi.

Kiitoksia osallistumisestanne.

Ystävällisin terveisin,
Mikko Närvänen
Aalto-yliopisto

Vastaja:

VASTAUSLOMAKE

Työtehtävä:

Sairaala:

e-mail:

Rakennuksen ominaisuudet (Valitse sairaalarakennus, jossa on ollut sisäilmaongelmia)

:

Rakennuksen ikä_____ Kerrosten lukumäärä_____

Bruttoala _____

Rakennuksen rungon materiaali Betoni / Teräs / Muu :

Rakennuksen U-arvo:_____

On rakennuksessa todettu home tai kosteusvaurioita? Suuria / Pieniä / Ei

Onko rakennuksessa havaittu epämiellyttäviä hajuja? Jatkuvasti / Joskus / Ei

Onko rakennukselle tehty tiiveysmittausta, jos on mikä oli tulos?_____

1. Minkälaisia sisäilmaan liittyviä oireita työntekijöillä on havaittu?

väsymystä	päänsärkyä	yskää	Sil-
mien ärsytystä	astmaa		
kuumetta	ihottumaa	nenäoireita	
hengenhahdistusta	muita		

2. Millaisia sisäilmanlaadun tutkimuksia on tehty ja mitä metodeja on käytetty?

3. Mitkä mittaukset ovat hyödyllisimpiä hintaansa nähden?

4. Millaisia sisäilmaan liittyviä korjauksia on tehty?

5. Ovatko korjaukset parantaneet tuloksia? (mitattuja pitoisuuksia tai oireita)

Selvästi / Vähän / Ei / Mennyt huonommaksi

6. Oletteko hankkineet huonekohtaisia ilmankierrätykseen perustuvia huonekohtaisia ilmanpuhdistuslaitteita?

ei / kyllä, kokemukset niiden toiminnasta?

7. Onko sairaalassanne käytössä muita ilmanpuhdistukseen tarkoitettuja huone- tai osastokohtaisia laitteita, jotka perustuvat mikrobien tai homeiden eliminointiin huoneilmassa esim. vetyperoksidi- tai UV-toimintaan perustuvia?

ei / kyllä, merkki ja malli _____, kokemukset niiden toiminnasta?

8. Mitkä ovat olleet kustannustehokkaimpia korjausmenetelmiä?

9. Mitkä ovat suurimmat sisäilmaongelmat, mistä ne johtuvat?

10. Miten ongelmat on ratkottu / aiotaan ratkaista?

11. Miten sisäilman laatua hallitaan? Miten sisäilman laadun tarkkailu on toteutettu?

12. Kuinka suurelle osalle huonealasta on määritelty korjaustarve? (Potilashuoneet ja toimistot)

13. Kuinka usealla työntekijällä on sisäilmasta aiheutuneita oireita? (kokonaismäärä ja prosenttiosuus)

14. Kuinka monella työntekijällä on viimeisen vuoden aikana todettu työperäinen sairaus, joka johtuu sisäilmaongelmista?

15. Kuinka suuria ovat vuotuiset arvioidut sisäilmaongelmista aiheutuneet kustannukset neliometriä kohden?

Indoor Air Quality (IAQ) in Hospitals - Questionnaire

This is a study ordered by International Federation of Hospital Engineering Europe and the Association of Finnish Hospital Engineering. The purpose is to find out most common IAQ problems in hospitals in Europe and best methods for measurements and repairs. The study will be done as masters thesis for Aalto University (Helsinki) at department of civil engineering.

Questions from 1-9 are open questions. Their purpose is to describe as accurate as possible how IAQ is managed in hospitals, the focuses of measurements and repairs, the effects to health. To find out what are the most common problems and which ones are the most difficult to solve. The idea is to find common factors in countries in Europe. Also to find effective ways to control IAQ and find best solutions of solving IAQ related problems.

Questions from 10-15 are more exact questions which purpose is to collect some statistics.

This study focuses on patient rooms and offices in buildings with fully mechanical air conditioning.

I am asking you to send the answers to mikko.narvanen@aalto.fi no later than 24th of August.

Thank you for participating.

Sincerely
Mikko Närvänen
Aalto University

Respondent:

RESPONSE FORM

title:

employer:

country:

email:

Building Characteristics (choose a hospital building where you have had IAQ problems or define the total gross area what your answer is concerning. Building should be large and have fully mechanical air conditioning.) :

Building age_____ Number of floors_____ Gross area _____

Building frame material Concrete / Steel / Other : _____

Is the building insulated? Y/N U-value of the building: _____

Has there been a mold or moisture damage? Large / Small / No

Has there been any unpleasant smells? (When not supposed) All the time / Sometimes / No

Has a blower door test been made? If yes what was the result?

1. What kind of IAQ related symptoms do the employees have? (Circle if occurs. Underline most common one)

fatigue	headache	cough	irritation of eyes
asthma			
fever	rash	nasal congestion	shortness of breath
other			

2. What kind of IAQ measurements have been done and what method was used?

3. Which measures provide the best value for money

Haastattelukysymykset

- Miten sisäilma-asiat koordinoidaan / johdetaan?
 - Miten ne on vastuutettu?
- Mitkä ovat suurimmat sisäilmaan liittyvät ongelmat?
- Millaisia tutkimuksia on tehty ja mitä tuloksia on saatu?
- Kuinka usein teetetään oirekyselyjä?
 - Kuka niitä seuraa ja miten?
- Ovatko tehdyt korjaukset onnistuneet?
 - Miten korjausten onnistumista seurataan?
 - Mikä on ollut tehokkain korjaustapa?
- Onko käytössä ilmanpuhdistimia? (Ilmankierrätys, uv, vetyperoksidi)
 - Millaisia?
 - Miten ne ovat toimineet?
 - Miten toimintaa on varmennettu?
- Millaisia ovat kustannukset sisäilmaongelmiin liittyen?
- Miten sisäilma-asioista tiedotetaan?
- Muuta

